Iberdiscap

Iberdiscap

VI Congreso Iberoamericano de

Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad

IBERDISCAP 2011

TOMO I

Iberdiscap

Iberdiscap

VI Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad

Editores: : Dr. M. Mazo y Dr. F. J. Perales

ISBN:

Depósito Legal:

Iberdiscap

Prefacio

Deseamos en primer lugar dar la bienvenida a todos los participantes en el VI Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad (IBERDISCAP2011) que han venido a Palma de Mallorca, y en especial a los que vienen de lejos, por el esfuerzo que en muchos casos ello supone.

Esta VI edición de IBERDISCAP será sin duda, una nueva oportunidad para que investigadores, docentes, profesionales, especialistas, estudiosos y usuarios, puedan compartir unos días de convivencia que permitan intercambiar y compartir problemas, soluciones y experiencias en las diferentes áreas temáticas del congreso, y al mismo tiempo crear y fortalecer lazos de amistad entre los diferentes grupos de investigación que comparten un objetivo común: mejorar la calidad de vida de las personas mayores o con discapacidad. En esta VI edición, como ya es tradicional, se han incluido un total de seis áreas temáticas: Interacción, Comunicación aumentativa y alternativa, Movilidad y orientación, Manipulación, Cognición, y Acciones horizontales, que tratan de cubrir el amplio espectro de disciplinas (ciencias humanas, de la salud, la educación, la ciencia y la tecnología, etc.) que intervienen en este objetivo común.

IBERDISCAP 2011, confirma la consolidación de ese congreso como uno de los foros más importantes a nivel Iberoamericano de intercambio de ideas y experiencias en el campo de la investigación y el desarrollo, de la rehabilitación y la educación especial de todos aquellos profesionales que trabajan en el campo de las innovaciones científico-tecnológicas de ayuda a personas mayores o con discapacidad. Un buen reflejo de esta consolidación es el número de trabajos que se vienen presentando en las sucesivas ediciones del congreso y la calidad de los mismos. En la presente edición, siguiendo las sugerencias de los revisores, se han aceptado un total de 99 trabajos, que serán recopilados en este volumen de actas. De ellos 76corresponden a presentaciones orales y 23 a posters. La amplitud de los temas tratados y el interés de los mismos deben servir para mostrar, con rigor y precisión, durante los días 16 y 17 de junio de 2011, el estado del arte y los avances más significativos en las diferentes áreas temáticas.

Se cuenta además con una conferencia invitada, donde el profesor Dr. Chus Garcia de la Fundación CTIC nos ilustrará sobre "Estándares y Calidad Web" y una mesa redonda que lleva por título "Tecnologías de apoyo en mayores: presente y futuro".

Finalmente quisiéramos agradecer a los autores de los trabajos presentados; a las entidades públicas (UIB, Govern Balear y Ayuntamiento de Palma) y privadas (Starlab, Obra Social Fundació "la Caixa, Fundación ONCE, Technaid) por la ayuda prestada. A las asociaciones colaboradoras ABDEM, Predif, Embat y Aspace Baleares. A los evaluadores por su dedicación y profesionalidad en las revisiones; la Asociación Iberoamericana de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad(AITADIS), y a los miembros del Comité Internacional del Programa por su apoyo; y de manera muy especial a todos los miembros del Comité Local de Organización por su esfuerzo, entrega, y dedicación para que todo salga de la mejor manera posible.De nuevo, bienvenidos al

Iberdiscap

IBERDISCAP 2011 y os deseamos a todos una feliz y fructífera estancia en la ciudad de Palma de Mallorca durante los días 16 y 17 de junio de 2011.

A todos un afectuoso saludo.

Dr. Francisco José Perales

Presidente del Comité Organizador de IBERDISCAP 2011

Dr. Manuel Mazo

Presidente del Comité de Programa de IBERDISCAP 2011

Iberdiscap

Iberdiscap

Iberdiscap

Comité de Programa y Organización

Comité Internacional del Programa

Manuel Mazo (España)
Presidente del CIP

Julio Abascal (España)

Isabel Amaral (Portugal)

Luis Azevedo (Portugal)

José María Azorín (España)

Teodiano F. Bastos (Brasil)

Gabriela Berlanga (México)

Leopoldo Calderón (España)

Ramón Ceres (España)

Luca Cernuzzi (Paraguay)

Lucila Costa (Brasil)

Pedro Encarnação (Portugal)

J. Carlos Fraile (España)

Anselmo Frizera (Brasil)

Juan Carlos García (España)

Nicolás García (España)

Jenny Gómez (Perú)

Teresa González (España)

José Tiberio Hernández (Colombia)

Bárbara Holst (Costa Rica)

Ana Londral (Portugal)

Marcela Manzur (México)

René Mayorga (Canadá)

Margarida Nunes da Ponte (Portugal)

Raimundo Oliveira (Brasil)

Sira Palazuelos (España)

Comité de Organización

Francisco Perales(España)
Presidente del CO

Joan Jordi Muntaner(España)

Ramón Ceres (España)

Leopoldo Calderón (España)

Rafael Raya(España)

Manuel Gonzalez Hidalgo (España)

Francisca Negre (España)

Josune Salinas (España)

Cristina Manresa (España)

Antoni Jaume (España)

Xavier Varona (España)

Adelaida Delgado (España)

Gabriel Moyà (España)

Simón Garcés (España)

Sira Palazuelos (España)

Miquel Mascaro Oliver (España)

Ramon Mas (España)

Francisco Perales Covas (España)

Tamara Barceló (España)

Maria del Mar Santisteban (España)

Iberdiscap

J. Luis Pons (España)

Rafael Raya (España)

Nahir Rodríguez (Colombia)

Luis E. Rodríguez Cheu (Colombia)

Ángel E. Rubio (Cuba)

Antonio Ruiz (España)

José María Sabater (España)

Jaime Sánchez (Chile)

Luisa Taveira (Portugal)

J. Carlos Tuli (Argentina)

Víctor Sánchez Urrutia (Panamá)

Martha Zequera Días (Colombia)

Francisco Perales(España)

Francisca Negre (España)

Xavier Varona (España)

Pere Ponsa (España)

Daniel Guasch (España)

Antoni Jaume (España)

Cristina Manresa(España)

Iberdiscap

Tabla de contenido – Tomo I

COMUNICACIONES ORALES **20**

COGNICIÓN **22**

Sobre os desenhos de três meninos cegos – análise e proposta tipológica **24**

Maria Lúcia Batezat Duarte 24

Videojuegos basados en visión por ordenador para la rehabilitación del equilibrio **35**

Biel Moyà-Alcover, Antoni Jaume-i-Capó, Javier Varona, Francisco J. Perales 35

Club de Othello XO: una Experiencia de Aprendizaje en Ambiente de Interacción Social **41**

Jorge Saldivar Galli, Luca Cernuzzi 41

Experiencias de movilidad y desarrollo de niños con parálisis cerebral mediante un vehículo lúdico adaptable. **51**

A.Ruiz[1], T. González[1], R. Raya[2], R. Ceres[2], L. Calderón[2], L. Azevedo[3] 51

Clasificación Pseudo-Online de Tareas Mentales **59**

Alessandro B. Benevides[1], Teodiano F. Bastos[1], Mário Sarcinelli Filho[1], ... 59

José Luis Martín[2], Juan Carlos Garcia[2] 59

Jogo Computacional para Avaliação das Estruturas Operatórias em Adolescentes com Síndrome de Down **68**

D. Vogel[1], F.C. Amate[1,2] 68

Ambiente de aprendizaje lúdico basado en robots móviles como medio terapéutico para niños con discapacidad, en VIH y en situación deinstitucionalización **74**

Lalo Reyes[1], Eduardo Caicedo[1], Carolina Patiño[1,] Milena Jiménez[1.] 74

Proyecto Conect-AR **82**

Pedro L. Sánchez1, Beatriz Núñez2 82

Entornos Interactivos de Estimulación Sensorial para Parálisis Cerebral **88**

R. Mas, C. Manresa-Yee, B. Moyà 88

Iberdiscap

Robots Sociales para la Mejora de la Calidad de Vida de las Personas Dependientes 94

P. Núñez[1], P. Bustos[1], E. Jaramillo[2], Pilar Bachiller[1], Ismael García- Varea[3].....94

Diagnóstico y Evaluación de Terapias Neurocognitivas por medio de una Base Normativa de EEG Basal en Adultos 104

M.Aguilar[1,2], J. Mínguez[1].....104

APEDROS: Asistencia a Personas con Discapacidad mediante Robots Sociales.....110

I. García-Varea[1], A. Jiménez-Picazo[1], J. Martínez-Gómez[1], A. Revuelta-Martínez[1], L. Rodríguez-Ruiz[1], P. Bustos[2], P. Nuñez[2].....110

AHM, videojuego basado en audio y háptica para el desarrollo de la orientación y movilidad en estudiantes ciegos.....118

J. Sánchez[1], N. de la Torre[2] 118

Desenvolvimento de um jogo e periférico para avaliação da preensão em crianças 126

S. R. M. S. Boschi 1, A. F. Frerè 1, T. A. Scardovelli 1, A. P. Silva1, E. Dirani2.....126

MOVILIDAD Y ORIENTACIÓN 136

Localización de múltiples robots móviles en espacios inteligentes: aplicación al guiado de sillas de ruedas 138

C. Losada, M. Mazo, S. Palazuelos 138

Herramienta de Evaluación para Terapias de Rehabilitación en Marcha Subacuática.....146

L. Rodríguez[1], J. G. Ortiz[2], C. Cifuentes[3], J. M. Sabater[4] 146

Revisão e Classificação de Dispositivos de Treino e Reabilitação da Marcha Humana.....152

M. Martins[1], A. Frizera[2], C. Santos[1], R. Ceres[3] 152

Propuesta de control en trayectoria de un actuador de rodilla para la compensación funcional de la marcha en lesionados medulares. 164

Antonio J. del-Ama[1], Juan C. Moreno[2], Anselmo Frizera[2], Ángel Gil-Agudo[1], José L. Pons[2] 164

Análisis Biomecánico de la Cadena Cinemática de Miembro Inferior con Tecnología Zigbee17

C. Cifuentes[1], L. Rodríguez[2], J. M. Sabater[3] 172

Iberdiscap

Desarrollo de aplicaciones de navegación autónoma sobre sillas de ruedas robotizadas..180

Alejandro Durán[1*], Juan C. García[2**], Armando O. López[1], Alejandro R. García[3], David Gualda[2]18

Asistencia para la Navegación en Interiores: aplicación a una Silla de Ruedas Avanzada .188

Juan C. García[1], Paulo Amaral[2], Marta Marrón[1], TeodianoBastos[2], David Gualda[1], Samuel Fernández[1] 188

Silla de ruedas comandada por señales mioeléctricas para discapacidades motrices graves.'

M.D. Soria[1;] D.M. Soria[2;] D. Beltramone[3] 198

iTutorials para el soporte interactivode población ancianacon discapacidad cognitiva.....206

C.Rubio1, R.Annicchiarico2, C.Barrue1, U.Cortés1, C.Caltagirone2..... 206

ADiBAS: Sistema Multisensor de Adquisición Automática de Datos Corporales Objetivos, Robustos y Fiables para el Análisis de la Postura y el Movimiento 214

Miguel Reyes[1,3], José Ramírez-Moreno[2], Juan R. Revilla[2], Petia Radeva[1,3], y Sergio Escalera[1,3]214

Detección de Intención de Movimiento en un Exoesqueleto para Pacientes con Pérdida de Movimiento en los Miembros Inferiores 224

J. Villarejo[1], E. Caicedo[2], O. Campo[3] 224

COMUNICACIÓN AUMENTATIVA Y ALTERNATIVA.....234

Adaptación a JClic para alumnos con deficiencia motriz, mediante comandos por voz. 236

M. Lucrecia Moralejo[1], Stefania Ostermann[2], Cecilia Sanz[3], Patricia Pesado[4] 236

Um software livre para ampliação de telas: uma tecnologia assistiva para alunos com baixa visão 244

J. Bidarra[1], D.R. Hachmann[2] , O.M. Souza[3] , C.F. Balansin[4] 244

Agente Virtual 3D Sinalizador LIBRAS.....252

W. M. Amaral[1], L. Angare[2], J. Bezerra[3], J. M. De Martino[4], G. O. Franchi Jr.[5] 252

Nuevas Prestaciones del Programa de Intervención en el Lenguaje Asistido Emergente (PILAE) 260

Iberdiscap

Sira E. Palazuelos Cagigas[1], David Cortés Pérez[1], Marisa Gómez Taibo[2], Candelaria Imbernón López[3], José L. Martín Sánchez[1], Javier Macías Guarasa[1] 260

Avances en PredWin+ 268

Sira E. Palazuelos Cagigas, Raquel Vallejo Cardenal, Javier Macías-Guarasa, José L. Martín Sánchez, Cristina Losada Gutiérrez 268

Sistema de CAA com Adaptação ao Contexto Físico 278

Luís Garcia[1], Luís de Oliveira[2] 278

Dispositivo electrónico para mejorar el aprendizaje inicial de la escritura braille en niños invidentes 286

[1]Luz M. Sabogal, [2]Giovanni L. Ríos 286

Una herramienta tiflotecnológica de lectoescritura de 10 años de evolución 294

D. Beltramone[1], D.G. Obregón Kupisz[2] 294

Herramienta de apoyo basada en interacción tangible para el desarrollo de competencias comunicacionales en usuarios de CAA 304

Andrea Guisen[1], Sandra Baldassarri[2], Cecilia Sanz[1], Javier Marco[2], Armando De Giusti[1], Eva Cerezo[2] 304

Tecnologias de Apoio e Multideficiência 312

C. Nunes[1] 312

ACCIONES HORIZONTALES 324

Programa Nacional Brasileiro de Formação de Professores: Construindo a Inclusão Sociodigital 326

Lucila Maria Costi Santarosa[1], Débora Conforto[2] 326

Sistema de Informação para a Gestão de Avaliações em Tecnologias de Apoio 334

Maria José Guerreiro[1], Mário José Candeias[2], Isabel Sofia Brito[3], Luís Garcia[4] 334

Propuesta de un Modelo de Interacción Convergente en Tecnologías de Apoyo 342

R. Ceres[1], R. Raya[1], E. Rocon[1], L. Azevedo[2] 342

Iberdiscap

Cadeira de Banho: Um Estudo Dirigido para Pessoas com Limitações Motoras.....350

Diego Mafioletti[1], Pedro Serighelli da Rocha Paranhos[2],Leandro de França Antunes[3], Dr[a] Elenise Leocádia da Silveira Nunes[4].....350

Implementação de uma Plataforma de Força e Medição da Distribuição de Peso na Região Plantar de Pacientes Normais e Hemiplégicos 358

Marcelo Augusto Assunção Sanches[1], Mário Márcio Estremote[1], Wesley Pontes[1], Mateus Fernandes Réu Urban[1], Elcio Alteris dos Santos[1], Ricardo Luiz Barros de Freitas[1], Ruberlei Gaino[2], Augusto Cesinando de Carvalho[3], Aparecido Augusto de Carvalho[1] 358

Proposta de um protocolo experimental para a avaliação da acessibilidade de produtos..368

Lima. Ana Carolina[1], Vieira. Maria de Fátima Q. [1,2], Filho. Flávio Torres[1], Yuska P. C. Aguiar[1], Charles Santoni[3].....368

Accesibilidad en los sitios Web CEI.....380

Jordi Roig[1], Juan Manuel Fernández[1],Vicenç Soler[1,2].....380

Desenvolvimento de modelos e simulações para projetos de dispositivos destinados à reabilitação física. 388

A.P. Silva, T. A. Scardovelli, A.F. Frère.....388

Modelagem de humanóide virtual como *biofeedback* e dispositivo para quantificação da ansiedade.....396

H.N. Martucci, A.F. Frère 396

La formación intensiva Erasmus Mundus en la educación internacional en tecnología para la rehabilitación de la discapacidad.....404

I. Riquelme[1], P. Martínez[2], J. Gallo[3] 404

Desenvolvimento e Testes Iniciais de um Sistema Web para Cadastramento e Consulta de Materiais por Deficientes Visuais 410

Vera L. R. R. da Silva[2], Guilherme Galante[1], Aline V. Faria[1], Ivã J. de Pádua[2], Dorisvaldo R. da Silva[2], Jorge Bidarra[1] e Carlos J. M. Olguín[1] 410

Los principios de accesibilidad universal y diseño para todos en los estudios politécnicos superiores.....416

D. Guasch[1], M. Llinares[2] , P. Dotras[2] 416

Iberdiscap

Um Estudo sobre as Implicações da Utilização de Mediadores Tecnológicos na Formação de Professores Surdos a Distância. 424

SCANTBELRUY[1], I. C., THOMÉ[2], Z. R. C. 424

Metodología en la búsqueda de respuestas para una ecología de mayor autonomía para personas con discapacidad 432

Jorge Falcó, Begoña Garrido, Esteban Vaquerizo, Mercedes García-Camino, Consuelo de la Ascensión, Concepción Díez, Armando Roy, José María Falcó, Alba Jiménez, José Ignacio Artigas 432

Iberdiscap

Iberdiscap

Iberdiscap

COMUNICACIONES ORALES

Iberdiscap

Iberdiscap

COGNICIÓN

Iberdiscap

Iberdiscap

Sobre os desenhos de três meninos cegos – análise e proposta tipológica

Maria Lúcia Batezat Duarte

UDESC/CNPq/Florianópolis/Brasil/malubatezat@uol.com.br

Resumo.

Neste texto apresento parte de investigação em curso sobre a possibilidade de produção e leitura de desenhos tátil-visuais por crianças e adolescentes cegos. A partir de fundamentos da psicologia cognitiva social, da semiótica cognitiva dialógica e da neurologia (modalidades perceptivas), analiso alguns desenhos realizados por três meninos invisuais, propostos como parte de um teste de produção e leitura de "esquemas gráficos" a dez crianças/adolescentes. Os três meninos já possuíam experiências com o ato de desenhar por proposta familiar e/ou escolar. Ao desenhar "sol", "pessoa", "casa", "automóvel", "copo" (de memória), "cubo" (após experiência tátil) e um desenho "livre", Theo e Klein produziram desenhos de acordo com a tradição cultural visual. Mas, os desenhos de Giordano permitiram a elaboração de uma nova tipologia caracterizada pela presença de percepções multimodais. As funções cognitivas e comunicacionais do ato de desenhar estarão em debate.

Palavras chaves:desenho de crianças cegas; esquemas gráficos tátil-visuais; desenhos multimodais

1.Introdução e conteúdos

Crianças desenham. Pais, professores, parentes, todos nós já experienciamos, de um modo ou de outro, a alegria manifesta de uma criança que, após produzir um desenho, vem saltitante nos apresentar o seu feito. Observar o desenho infantil a partir da abordagem teórica da psicologia cognitiva social [1] e da semiótica cognitiva dialógica [2] permite atribuir a esse desenhar duas funções essenciais ao desenvolvimento humano: uma função cognitiva e uma função comunicacional. Em outros textos [3] [4] já escrevi sobre o caráter representacional (típico) de categorias cognitivas que os esquemas gráficos desenhados pelas crianças comportam. Há mais de um século teóricos do desenho infantil declaram as semelhanças desses esquemas representacionais nas mais variadas etnias e culturas. Se há algo de cultural e aprendido nessa prática gráfica milenar, há também uma síntese, um modo mental, cognitivo, de representação, na construção visual e planificada desses desenhos. Na grande maioria das culturas um círculo com uma haste apresenta graficamente uma fruta, um quadrado sob um triângulo são figuras que indicam, respectivamente, parede e telhado de uma casa.

Neste texto serão apresentados alguns resultados de uma investigação sobre o desenho de crianças/adolescentes cegos. Buscarei com a apresentação de um recorte da investigação em curso, questionar a possibilidade e os modos de desenhar, na infância, frente à deficiência visual grave. As perguntas são: Crianças cegas podem desenhar? Elas aprendem a desenhar? O que elas desenham? Como elas desenham?

A presente investigação é conseqüência de dez anos de estudo e elaboração de método de ensino de desenho para crianças cegas construído em situação experimental em encontros semanais com Manuella, uma menina cega desde o nascimento devido obstrução do sistema ótico central. Esse estudo de caso longitudinal realizado durante oito anos possibilitou a formulação desta pesquisa que ainda encontra-se em fase inicial, mas deverá reunir e analisar testes de produção de desenhos e leitura de imagens tátil-visuais

Ibero-disciplinar

(em relevo) de dez crianças/adolescentes cegos e dez crianças/adolescentes padrão em grupo de controle. Como resultado final viso reunir dados que subsidiem ações educacionais inclusivas.

Estarão em análise os desenhos de três meninos: Theo, Giordano e Klein[1]. Theo é o mais velho. Tem 14 anos e ficou totalmente cego após o seis anos de idade. Giordano e Klein tinham 9 anos quando nos encontramos para os testes. Ambos são cegos desde o nascimento. Theo revelou que desenhava com as irmãs antes de perder complementa a visão e que continuou essa prática como um desafio mesmo após a completa perda da visualidade. Giordano, Klein e Theo são assíduos freqüentadores das aulas de artes ministradas na escola de educação especial por Diele Fernanda P. de Morais. Diele é minha orientanda no Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais do Centro de Artes da Universidade do Estado de Santa Catarina e, na sala de aula, usa recursos de ensino-aprendizagem propostos no decorrer da minha investigação anteriormente citada. Giordano é o menino de personalidade mais alegre e segura dentre os três e esse fator psicológico parece ser coadjuvante na sua produção muito peculiar de desenhos.

Kennedy [5] quando analisa o desenho de pessoas cegas, estabelece três tipologias: desenhos literais, desenhos metafóricos e desenhos diagramáticos. Esse autor, pioneiro no trabalho investigativo do desenho de pessoas cegas, não propõe ou exercita o ensino de desenho. Ele investiga e registra o desenho de pessoas cegas que desenham, isto é, de pessoas que já desenhavam antes de participarem de suas investigações. Ele pouco registra os processos dessa aprendizagem. Tendo iniciado suas investigações ainda no final dos anos 70, Kennedy parece altamente influenciado pela abordagem espontaneista e artística do desenho infantil. E, assim, ele parte do princípio que desenhar é um ato natural e espontâneo durante toda a infância. Sua principal contribuição refere-se ao fato de haver concluído que, como as pessoas videntes, pessoas invisuais são capazes de perceber as bordas de superfície dos objetos, aquelas bordas que, no desenho linear e plano, dão origens as linhas de contorno que configuram os objetos. Kennedy atribui ainda uma extrema coincidência entre a modalidade perceptiva tátil e a modalidade perceptiva visual, fato este que é contestado pelas afirmações de Oliver Sacks [6].Ressaltando o fato de a própria visualidade ser uma modalidade perceptiva que requer aprendizagem na cultura, Sacks enfatiza as diferenças entre uma percepção de mundo visuo-espacial característica das pessoas videntes e uma percepção de mundo seqüencial-temporal característica das pessoas invisuais. A distância que se coloca entre as duas teorias refere-se especialmente à percepção da totalidade dos objetos. Se a percepção seqüencial oferecida pelo tato permite realmente a identificação das bordas de superfície dos objetos e, conseqüentemente, das linhas de contorno que o configurariam no desenho, a falta de uma percepção da totalidade do objeto no espaço (visuo-espacial) subtrai desse contato a inteiridade da figura.

A presente pesquisa, percorrendo os meandros dessa divergência, aposta juntamente com Millar [7] Bardisa [8] e Lima [9] que o ensino do desenho de esquemas gráficos às pessoas invisuais é fator de relevância como recurso para minimizar a distância entre os dois tipos de percepção indicados por Sacks. Eu considero o ato de desenhar um ato imitativo [3] e cultural como a fala, a escrita, e os demais comportamentos dos sujeitos em sociedade. Considero igualmente que o desenho, tal como ele é difundido na sociedade, é uma decorrência da planificação de uma visualidade, isto é, entendo que o desenho, e o ato de desenhar, são concepções construídas entorno da modalidade perceptiva visual. Deste modo, a primeira aprendizagem necessária a uma pessoa invisual é a compreensão de uma concepção de desenho como representação planificada dos objetos que são, em sua maioria, tridimensionais. Mas, eu creio também, que essa concepção de visualidade planificada, uma vez compreendida, possa ser estendida a outras modalidades perceptivas. Essa extensão da concepção de desenho, de sua origem como

Notas

[1]Os nomes dos meninos são fictícios

Liberdade

planificação de visualidades para uma concepção que integre outras modalidades perceptivas será verificada quando da análise dos desenhos de Giordano.

Pretendo, então, durante a análise discutir indícios para a construção de duas tipologias de desenho diferenciadas e diferentes daquelas propostas por Kennedy e citadas acima. Na primeira tipologia refiro-me a um desenho aprendido na cultura e de origem visual, ainda que seja produzido e lido de modo tátil, fato esse que me faz utilizar o termo "tátil-visual"; e na segunda tipologia refiro-me a um desenho que pode estar reunindo diferentes modalidades perceptivas desde a modalidade auditiva (pela audição da descrição verbal dos objetos e compreensão, na linguagem, de sua configuração), até a modalidade proprioceptiva, isto é, a percepção própria, individual, do corpo vivo na pulsação e mobilidade de músculos, ossos, vísceras, conforme dispõe Damásio [10].

2. Metodologia

O teste realizado com os meninos foi organizado em três etapas distintas. A primeira requeria que eles desenhassem, a segunda que lessem imagens previamente desenhadas em relevo e, na terceira, deveriam construir oralmente uma narrativa a partir de cinco palavras dadas. Parte desse teste é baseada na proposta de Garcia e Ruiz [11] para investigação realizada em 2007 em Sevilha, na Espanha, junto à Organização Nacional dos Cegos Espanhóis. Este texto apresenta apenas a primeira etapa do teste, e a análise se restringe aos desenhos de três crianças/adolescentes dentre os dez participantes.

Na primeira parte os participantes deveriam desenhar de memória os objetos solicitados pelo pesquisador: sol, pessoa, casa, automóvel, copo. Na seqüência deveriam tocar um cubo e desenhá-lo. Na última parte dessa etapa, deveriam desenhar livremente o que quisessem. Cada um dos desenhos solicitados na primeira parte remete a um objeto que contém características específicas. São, também, objetos usualmente desenhados pelas crianças.

As perguntas a serem respondidas são: Uma criança invisual é capaz de desenhar esses objetos? Como uma criança invisual desenha esses objetos? A hipótese de trabalho reúne as duas tipologias já citadas: um tipo de desenho que denomino "esquemas gráficos tátil-visuais" e se configura de modo muito próximo aos esquemas gráficos infantis usuais, evidenciando uma aprendizagem do desenho visual por meio do tato e da motricidade; e um segundo tipo de configuração, que denomino "desenhos multimodais", bastante diferente daqueles desenhos produzidos por crianças videntes, e que evidencia outras modalidades perceptivas em ação na própria configuração bidimensional do objeto no desenho. Anos antes eu já havia descrito um tipo peculiar de representação gráfica realizado por uma adolescente cega congênita o qual denominei "configuração somatossensorial", pois Carol representara o contato de seu corpo com a água e pedras de um rio [12],[13],[14]. No teste em análise aqui, cada objeto a ser desenhado remetia a dificuldades perceptivas diferentes:

Sol(desenho de memória) - o desenho do "sol" requer a representação gráfica de um objeto impalpável (não tátil) e quase imperceptível pela visão. Este desenho é realizado muito cedo pelas crianças videntes em formato de círculo raiado. O círculo raiado é um esquema primordial no desenvolvimento do desenho infantil. Esta configuração constitui a base necessária para que ocorram os primeiros desenhos intencionais e nomeados: as figuras humanas (o círculo representa a cabeça e os raios passam a indicar braços, corpo e pernas). Na tradição oral o sol é descrito apenas como uma grande estrela, uma esfera da qual emana a luz que aquece a Terra.

Pessoa(desenho de memória) – Como no caso do objeto "sol", o tamanho de uma pessoa, especialmente se nos referimos a uma pessoa adulta, inviabiliza a percepção da totalidade pelo tato. A percepção da totalidade formal de uma pessoa é possível apenas pela visão. A criança cega não vê o outro, nem a si mesmo em frente a um espelho. Entretanto, desde muito cedo as crianças brincam com bonecas e bonecos que podem ser considerados "maquetes" de figuras humanas.

Ibeardisca

Casa(desenho de memória) – É um dos esquemas gráficos mais desenhados pelas crianças visuais. É igualmente um objeto de proporções que inviabilizam a percepção da totalidade pelo tato. Mas, assim como no caso da figura humana, a casa é um objeto de brinquedo infantil e, não raro, escolas e creches possuem "maquetes" desse objeto. Como no caso da configuração da figura humana que remete a própria identidade corporal, a casa é um objeto fundamental na vida de todo ser humano como emblema de proteção, acolhimento e segurança.

Automóvel(desenho de memória) - É um objeto menor que a casa. Como ela, é um objeto que, em miniatura e "maquete", é utilizado como brinquedo. Na cultura ocidental todo o menino, especialmente, brinca ou brincou com "carrinhos". Como a casa, o automóvel é um objeto no qual "se entra dentro".

Copo (desenho de memória)**–** É um objeto altamente utilizável.É pequeno e geralmente cabe entre as mãos. É, portanto, um objeto perceptível pelo tato em sua totalidade. Na literatura sobre o desenho de crianças e adultos cegos J.M. Kennedy [5] identifica um modo próprio pelo qual pessoas invisuais desenham esse objeto.

Cubo(desenho com o objeto presente)**–**É a figura geométrica tridimensional que permite a relação visual imediata entre uma face (uma entre as seis faces do objeto) e sua planificação na bidimensionalidade. Na dimensão oferecida às crianças, o cubo podia ser percebido em sua totalidade entre as mãos.

"Desenho Livre" (desenho de memória) – O objetivo desta proposta era verificar se as crianças reproduziriam desenhos previamente aprendidos e exercitados, ou se tentariam realizar experiências desenhando objetos nunca antes desenhados.

Esse conjunto de desenhos constituía a primeira etapa da investigação. Todos os três participantes em análise realizaram os desenhos sem demonstrar qualquer desprazer na tarefa, ainda que evidenciassem algumas dúvidas de percurso durante a sua realização. Giordano freqüentava as aulas de artes e desenho há dois anos e havia aprendido a desenhar casa e árvore ao reproduzir obras do artista plástico Mário Rubinski. Ele é um menino especialmente alegre e tranqüilo, confiante em si mesmo. Klein era aluno de Diele F. de Moraishá dois anos como Giordano e, como ele, havia aprendido nas aulas de artes a desenhar casa e árvore[2]. Mas, Klein esclareceu que antes das aulas de artes já havia aprendido a desenhar alguns objetos com suas irmãs com quem também pratica recorte e colagem de figuras. Com a mãe, Klein revelou que aprendeu a desenhar as figuras geométricas. Na sua produção, como naquela de Theo, torna-se evidente uma relação de aprendizagem com o desenho. Para eles o desenho parece significar realmente alguma coisa que se aprende a fazer, e a utilizar, assim como se aprende o nome das coisas e a escrita de cada palavra. Theo, o mais velho do grupo, e já adolescente, perdeu completamente a visão aos seis anos de idade. Ele freqüentava as aulas de Artes de Diele há três anos e esclareceu que aprendeu a desenhar quando ainda possuía alguma visualidade. Ele também possui em sua casa figuras recortadas (silhuetas) em material espesso (E.V.A.). Penso ser possível identificar nos seus desenhos a memória visual dos objetos e dos desenhos aprendidos.

Durante a execução dos desenhos eu estive presente, gravando em áudio e vídeo, com câmera fixa, a ação dos meninos. O material de desenho oferecido era composto por giz de cera e papel sulfite posicionado sobre folha de lixa grossa que permite a percepção tátil das linhas desenhadas. Esse não é um material de uso habitual dos meninos, mas eles o utilizaram com desenvoltura, solicitando, às vezes, uma cor especial de giz. Cada objeto a desenhar era proposto em tom de brincadeira e desafio. Nós, os participantes e eu, dialogávamos durante a execução dos desenhos, mas em nenhum momento a ação de desenhar foi questionada, avaliada, ou sofreu qualquer tipo de interferência. Os três meninos desenharam com a mão

[2]Casa e árvore foram objetos aprendidos por fazerem parte da leitura tátil e reprodução de obras de Mário Rubinski, artista paranaense, cuja exposição foi organizada pelos alunos formandos do curso de graduação em Artes Visuais no Museu de Arte da UFPR e visitadas pelos alunos de Diele, uma das organizadoras do evento. A atividade envolvendo os alunos do Instituto recebeu menção honrosa no ano de 2008, Prêmio Nacional Darcy Ribeiro por ações educativas em museus.

Ibero-Usap

direita enquanto o dedo indicador da mão esquerda percorria junto ao giz o desenho que estava sendo realizado. Este fato indica uma aprendizagem de procedimento.

Giordano fez os seus desenhos com calma, preocupado com cada detalhe, buscando cada solução. Theo foi o mais rápido e mais resoluto. Sem muita conversa, realizou seus desenhos de modo seguro lamentando em alguns casos, a falta de repetições (exercícios) que ocasionaram certo esquecimento e falta de maior precisão na configuração dos objetos. Klein aparentou a maior insegurança. Agia como se houve um modo "correto" para desenhar cada objeto e parecia buscar mentalmente essa correção.

3. Resultados e discussão

A análise será iniciada pelos desenhos de Klein e Theo apresentados na segunda e terceira linha horizontal do quadro abaixo. O desenho de ambos revela uma série de semelhanças. Ambos esclareceram, na pequena entrevista que antecedia aos testes, que haviam aprendido a desenhar em situação familiar. Os desenhos de Klein e Theo evidenciam o aprendizado e a repetição de esquemas gráficos usuais na nossa cultura. Os desenhos de Giordano, apresentados na primeira linha horizontal do quadro, possuem características muito específicas. Trata-se da segunda tipologia anunciada, que evidencia um trabalho multimodal.

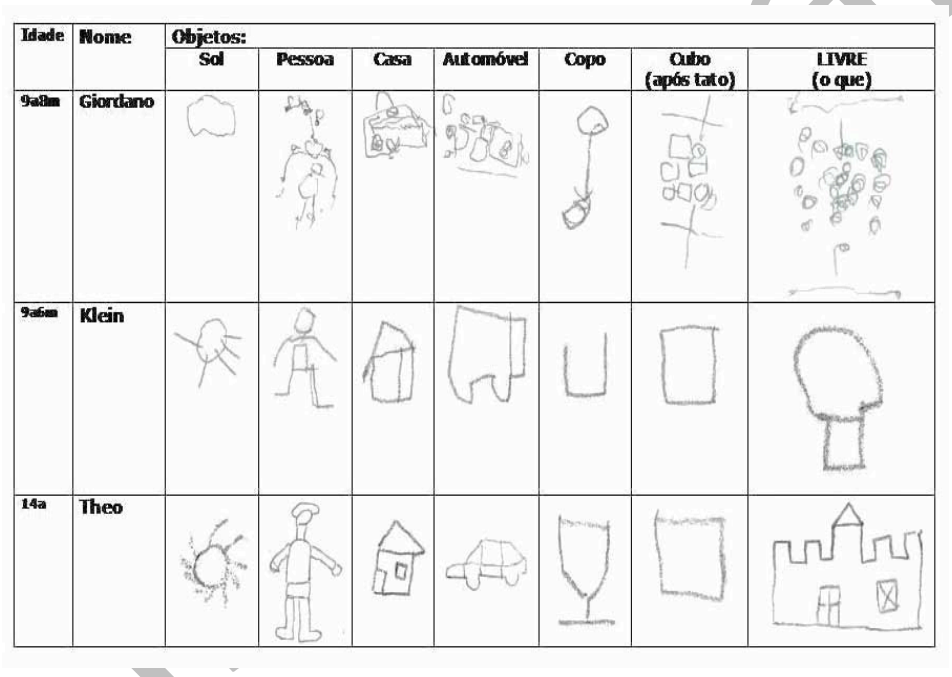


Fig. 1 – Quadro dos desenhos realizados pelos três meninos. Fonte: arquivos da autora

Quadro dos desenhos realizados pelos três meninos

3.1. Os esquemas gráficos tátil-visuais

O termo "esquemas gráficos" é utilizado aqui para significar desenhos lineares, simples, sintéticos e neutros, que apresentam os objetos de modo generalista, isto é, podem representar toda uma categoria de objetos uma vez que são omitidos detalhes particularizantes. Como eu já havia demonstrado [3],[4],[14], esses esquemas são utilizados pelas crianças em desenhos de caráter cognitivo e comunicacional. A origem dessas representações é claramente visual, mas na situação em estudo foram desenhados a partir

de recursos táteis e hápticos (inclui-se nesse termo a ação sensoriomotora de aprendizagem e produção dos desenhos), eles serão denominados “esquemas gráficos tátil-visuais”. Defino, assim, a primeira entre as duas tipologias de desenho anunciadas anteriormente.

3.1.1. A produção de Klein – Os esquemas gráficos tátil-visuais, produzidos por Klein para representar“sol”, “pessoa”, e mesmo o desenho de “cubo” (apresentado como um quadrado, uma face), guardam total semelhança com os “esquemas gráficos visuais” produzidos por crianças de sua idade, ainda que em alguns desenhos seja possível encontrar algumas particularidades e relacioná-las a modalidades perceptivas distintas da modalidade visual. “Ônibus”[3]e “árvore” foram objetos desenhados em linha de contorno contínua evidenciando um processo de aprendizagem de desenho no qual um modelo recortado em material espesso é oferecido à criança invisual que o contorna e, assim, aprende o traçado da silhueta do objeto. Acredito que nesse caso, a memória motora é o principal recurso na fatura do desenho. O desenho de “casa” foi realizado em duas etapas: parede (quadrado) e telhado (triângulo). Entretanto, a porta da casa e a porta do ônibus, são representadas por uma única linha que corta a figura de cima a baixo provocando o aproveitamento da linha de contorno à direita na configuração dos objetos. O espaço de parede ou da carroceria do ônibus sobre a porta e em sua lateral direita não é considerado. Este fato pode indicar o desconhecimento da existência desses espaços devido a uma imprecisão nas descrições orais recebidas ou na sua percepção tátil de maquetes desses objetos.

Quando desenha o “copo”, e claramente quando desenha a “árvore”, Klein apresenta um processo cognitivo bastante relevante. Ele evidencia utilizar a linha de contorno do desenho como “fechamento”, como borda de superfície de oclusão da forma. No primeiro caso, ao desenhar o copo ele traça as linhas da lateral e do fundo, mas não traça a(s) linha(s) da borda superior, justo onde a forma é necessariamente aberta para receber o líquido que deverá conter. No segundo caso, ao desenhar a árvore, ele realizou primeiro um traçado contínuo, grafando a silhueta em totalidade. Mas, após esse primeiro traçado ele parou, pensou e disse: “- Preciso fazer uma linha separando a copa da árvore do tronco.” E assim o fez. A linha traçada passou a definir com clareza dois componentes distintos do objeto árvore: a copa (ou ramagem) e o tronco.

A árvore foi o objeto escolhido para ser desenhado quando a proposta era realizar um “desenho livre”. Ele parece ter escolhido esse objeto porque fazia parte dos desenhos aprendidos nas aulas de Artes como parte do estudo das obras de Rubinski. Na sua produção é possível observar uma interação entre o desenho aprendido e a sua percepção dos objetos. Pode-se observar um processo de pensamento, de apropriação da forma e do objeto, em ação.

3.1.2. A produção de Theo

Os esquemas gráficos tátil-visuais desenhados por Theo são cem por cento comunicativos e similares aos esquemas gráficos visuais. Como já declarei anteriormente Theo parece utilizar uma memória visual adquirida antes da perda total da visão. Ele usa com precisão o recurso da linha de contorno contínua para realizar os seus desenhos (ver especialmente o desenho do “automóvel” e do “castelo”). Trata-se de um recurso que denuncia a aprendizagem pela cópia de figuras recortadas em material espesso. Mas, ele completa o desenho acrescentando linhas e formas com grande habilidade. O desenho da figura humana (“pessoa”), que ele diz ter aprendido a realizar nas aulas de Artes, foi realizado em uma seqüência de traçados contínuos, muito semelhante àquela praticada por desenhistas gráficos.

[3]Várias crianças estudantes do Instituto Paranaense de Cegos, que se deslocam para essa escola de ônibus, e não de automóvel, preferiram desenhar um “ônibus”, opção esta acatada pela pesquisadora frente à realidade encontrada e a intenção de que as crianças desenhassem um objeto realmente experimentado.

Liberdade

3.2. Os desenhos multimodais

Utilizo o termo “multimodal” para identificar um tipo de desenho no qual a primazia da modalidade visual está em xeque. Trata-se de um modo de desenhar que revela recursos oriundos de outras modalidades sensoriais, ainda que essas percepções apareçam planificadas como nos desenhos com base na visualidade. Nos desenhos que estou nomeando “multimodais” hora o caráter seqüencial-temporal da modalidade tátil aparece em evidência, hora uma idéia de percurso percorrido pelo próprio corpo do desenhista em movimento indica um sentido de motricidade e propriocepção, hora o registro de uma informação obtida por narrativa oral enfatiza a modalidade auditiva para a compreensão do mundo. Torna-se fortemente evidente a presença de um trabalho cognitivo de apreensão e assimilação dos objetos (função cognitiva). Este tipo de desenho não é, entretanto, comunicativo (função comunicacional). A impossibilidade de uma função comunicacional é marcada pela impossibilidade de leitura ou significação do desenho enquanto imagem tátil-visual, por outra pessoa, em independência a uma descrição verbal realizada pelo seu produtor.

A produção de Giordano - Inicio esta análise pelo desenho do “copo”. Ele é um objeto cilíndrico. Giordano, como outras crianças e adultos cegos participantes de investigação de Kennedy [5], representou o copo por meio de duas circunferências (duas “ovais” - indicando o fundo e “boca”) interligadas. Mas, ele utilizou apenas uma linha vertical posicionada à direita dessas circunferências. Por quê? A hipótese que levanto remete à relação entre as dimensões usuais de um copo em proporção as dimensões usuais da mão de uma criança ou de um adulto. Ao pegar um copo, todos nós (destros) comprimimos a palma da mão direita sobre uma, e apenas umalateral/tangente do copo. A palma da mão encontra a resistência de uma lateral enquanto os dedos se fecham entorno do copo/cilindro sem encontrar (devido as suas dimensões) um novo fechamento que determinaria tatilmente, uma nova linha. Trata-se, então, de um desenho que revela com precisão o contato tátil com o objeto, a modalidade perceptiva tátil em ação. Mas, finalmente, por que o desenho das circunferências (ovais) que delineiam a base e a parte superior do copo? Compreendo que esses registros gráficos remetem duplamente a percepção tátil, fruto de uma experiência tátil ativa (háptica), e remetem, também, ao processo lógico, mental, de “receber” e “conter”. Para “receber” o líquido, o copo d’água deve apresentar uma abertura superior e, igualmente, para “conter” o líquido deve apresentar um fechamento inferior.

Nos outros dois desenhos que apresento em destaque a seguir, Giordano reúne percepções de diferentes modalidades sensoriais. Ele grafa no desenho indistintamente o “dentro” (invisível) e o “fora” (visível). Desenha outras percepções. Sacks [6] indica com notável precisão a dificuldades que nós, videntes, enfrentamos para compreender que as pessoas cegas desde o nascimento não dispõem de uma imagem da “aparência das coisas”, poisé o nosso olhar que em um “golpe de vista” nos fornece essa imagem-síntese. A aparência das coisas é um construto da modalidade visual. Provocado a apresentar pelo desenho uma “aparência” (uma configuração, uma síntese) de “pessoa” e de “automóvel”, Giordano reuniu as suas percepções e informações construindo imagens tátil-visuais bastante peculiares.

Ibeardisap

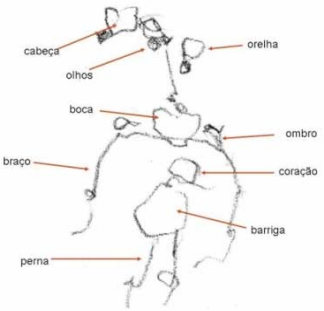


Fig. 2- Desenho de “pessoa”, Giordano, 9a8m

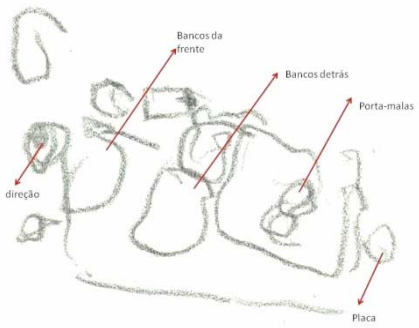


Fig. 3 – Desenho do “automóvel”, Giordano, 9a8m

Ao observar o desenho de “pessoa” é necessário considerar primeiro a dificuldade enfrentada, por se tratar de um desenho realizado de modo tátil/motor, para estabelecer a “correta” junção das partes. Assim, cabeça, olhos, orelha, boca, podem estar disjuntos simplesmente pela dificuldade de percepção espacial. Mas, na sua figura tátil-visual, Giordano agrega detalhes internos (que estariam “dentro”) e, portanto, inacessíveis enquanto “aparência” (visual) do objeto. Ele desenha as clavículas (ombros) e o coração. Trata-se de um registro oriundo de uma informação verbal, de uma percepção tátil (no caso da clavícula) ou de uma percepção somatossensorial (no caso do coração e sua pulsação)? São detalhes que escapam à visualidade ou a uma possível aprendizagem de confecção tátil-visual da imagem e surgem no desenho indicando modalidades perceptivas múltiplas atuando durante a sua realização.

Quando desenha o “automóvel”, Giordano definitivamente desenha uma seqüência perceptiva com ênfase aos detalhes internos do veículo. Qualquer concepção de “aparência” (visual) é novamente negada e, neste caso, com ênfase. Pouco importa as rodas (o movimento) ou a capota do veículo (o contorno externo), esses recursos de síntese imediatamente registrados pelas crianças visuais no desenho de “automóvel”. Ele desenha em uma seqüência correta, da esquerda para direita, a direção, os bancos da frente, os bancos detrás, o porta-malas, a placa do automóvel. Ele desenha com se fizesse um percurso mental pelo interior do objeto desenhado. Parece desenhar a partir das impressões de um automóvel real e não de uma peça de brinquedo (uma maquete). Revela, por exemplo, estar muito bem informado (verbalmente) sobre a importância da placa de identificação do veículo.

4. Conclusões

O objetivo neste texto era a apresentação de parte de pesquisa ainda em realização. A partir do conjunto de desenhos realizados por três meninos participantes das aulas de Artes na Escola do Instituto Paranaense de Cegos, busquei discutir a viabilidade do ensino de desenho tátil-visual para crianças cegas. Com o respaldo de outros autores registrei o fato de que pessoas cegas desenham e fazem uso de imagens tátil-visuais, mas busquei, também, indicar a função dessa prática e os elementos que co-atuam na produção e possível leitura desses desenhos.

Com fundamento na psicologia cognitiva social e na semiótica cognitiva dialógica discuti o ensino e a prática do desenho tátil-visual na situação de invisualidade, a partir das funções cognitivas e comunicativas que este modo de desenhar abrange. Ao compreender que o ato de desenhar na invisualidade requer, com ênfase, a ação de outras modalidades perceptivas que não apenas a visual procurei, a partir especialmente da análise dos desenhos de Giordano, indicar algumas outras percepções que foram utilizadas e registradas graficamente. Percebi no uso de recursos enlaçados em uma ou mais modalidades perceptivas um fator cognitivo de relevância.

Deste modo:

Iberdisap

a) Os “esquemas gráficos tátil-visuais” podem ser altamente útil às crianças cegas frente ao uso exacerbado da imagem visual nos processos e mídias comunicacionais da atualidade. Eles cumprem um duplo papel enquanto recursos de função cognitiva e comunicacional, e podem ser ensinados e aprendidos em situação de invisualidade contribuindo na compreensão de síntese e “aparência” dos objetos do mundo.
b) Os “desenhos multimodais” que podem surgir como conseqüências dessa aprendizagem, perdem precisão quando avaliados em sua função comunicacional, mas revelam de modo bastante consistente processos cognitivos multimodais, especialmente quando os registros gráficos do desenho são acompanhados por uma descrição verbal do desenhador. O uso de outras modalidades perceptivas, revelado pelo desenho, pode ser útil também ao professor de crianças invisuais para que ele compreenda melhor os recursos acessíveis ao seu aluno e construa, com ele, uma boa aprendizagem nas várias áreas do conhecimento.

No limite permitido pelos casos estudados, esta análise reitera os dados fornecidos por Kennedy, Bradisa, Millar, Lima e, especialmente, minhas próprias investigações sobre a possibilidade de crianças cegas aprenderem a produzir (e ler) tatilmente esquemas gráficos. Esquemas esses, que produzidos há centena de anos na cultura, funcionam como representantes gerais de categorias cognitivas e permitem às crianças invisuais uma maior interação com o ambiente visual de informação e comunicação.

Referências

[1] WINNYKAMEN F. *Apprendre en imitant?* Paris:PUF, 1990

[2] FRASTREZ, P. Sémiotique cognitive – Cognitive semitics: Présentation du dossier. *Recherches en comunication.* n.19, p.7-20, 2003.

[3] DUARTE, M. L. B. A imitação sensório-motora como uma possibilidade de aprendizagem do desenho por crianças cegas. *Revista Ciências & Cognição*; vol.13 (2) 14-26, 2008. www.cienciasecognicao.org. (2008a)

[4] DUARTE, M. L. B. Dibujo infantil y cognición: un estudio sobre las propiedades formales de los objetos y la elaboración de las categorías cognitivas in: RUIZ, Antonio. et al (coord) *Protótipos, Lenguaje y representación en las personas ciegas.* Cádiz, ES. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, 2008. pp. 97-122.(2008b)

[5] KENNEDY, J. M. *Drawing & the blind. Pictures to touch.* USA: YaleUniversity Press, 1993.

[6] SACKS, O. *Um antropólogo em marte. Sete histórias paradoxais*. São Paulo: Companhia das Letras, 8ª re, 2002.

[7]MILLAR, S. Reversed lag in the recognition and production of tactual drawings: theoretical implications for haptic coding. In: HELLER, M. SCHIFF, W. *The psychology of touch*. New Jersey: L.E.A. Publishers, 1991.

[8]BARDISA, L. Como enseñar a los niños ciegos a dibujar. Madrid: Gráficas Man/ONCE. 1992.

[9] LIMA, F. J. de. O efeito do treino com desenhos em relevo no reconhecimento háptico de figures bidimensionais tangíveis. Tese de doutoramento. FFCL, USP Ribeirão Preto, SP, 147p, 2001.

[10] DAMÁSIO, A. R. *O mistério da consciência*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

[11] RUIZ, A. Creación de mini-textos con seis palabras. in: RUIZ, A. GARCIA.M. et al (coord) *Protótipos, Lenguaje y representación en las personas ciegas.* Cádiz, ES. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, pp. 339-362, 2008.

[12] DUARTE, M. L. B. . Pedras e água: um estudo sobre desenho e cognição. In: XI Encontro Nacional da ANPAP, 2001, São Paulo. *Anais do XI Encontro da Associação Nacional dos Pesquisadores em Artes Plásticas,* CD-R, São Paulo : ANPAP, 2001.

iberdiscap

[13] DUARTE, M. L. B. . Drawing for understanding. In: 7th European Regional Congress of InSEA, *CD-ROM Proceedings*.9p. Istanbul : Gazi University, 2004.

[14] DUARTE, M. L. B. Dibujar sin visión. Fundamentos y metodología de su enseñanza. in: RUIZ, Antonio. et al (coord) *Protótipos, Lenguaje y representación en las personas ciegas.* Cádiz, ES. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, 2008. pp. 515-542.(2008c)

Iberdiscap

Iberdiscap

Videojuegos basados en visión por ordenador para la rehabilitación del equilibrio

Biel Moyà-Alcover, Antoni Jaume-i-Capó, Javier Varona, Francisco J. Perales

Unitat de Gràfics i Visió per Ordinador, i Intel·ligència Artificial

Departament de Ciències Matemàtiques i Informàtica

Universitat de les Illes Balears

{gabriel.moya,antoni.jaume,xavi.varona,paco.perales}@uib.es

Resumen.

La desmotivación entre usuarios de larga duración en centros de rehabilitación es algo habitual, sobretodo entre usuarios que acuden a los centros con el objetivo de mantener o mejorar su movilidad. Después de muchos años acudiendo al centro, las actividades de rehabilitación tradicional de carácter repetitivo, son consideradas desmotivadoras o poco estimulantes por los usuarios. En trabajos recientes, se ha demostrado que los videojuegos para la rehabilitación ayudan a motivar a los usuarios, ya que los usuarios se centran en el reto del juego y no en la actividad rehabilitadora. En este trabajo presentamos la introducción de videojuegos basados en visión para la rehabilitación del equilibrio en un centro de parálisis cerebral. Los objetivos de estos juegos son: la rehabilitación del usuario, la motivación del usuario mediante un reto adaptable y feedback, y el acceso la información necesaria al especialista para poder evaluar la evolución del usuario.

Palabras clave: Videojuegos, interacción basada en visión, motivación, rehabilitación equilibrio.

1. Introducción

Entre los usuarios de larga duración, con el objetivo mantener su movilidad, donde muy probablemente no vean ninguna mejora de su situación, es habitual su desmotivación. Las actividades de rehabilitación tradicional de carácter repetitivo, son consideradas desmotivadoras o poco estimulantes después de muchos años de realizarlas. Estudios recientes han demostrado que el uso de videojuegos en la rehabilitación consiguen una mayor motivación por parte del usuario [1], además de una mayor efectividad de la terapia rehabilitadora entre usuario motivados .

Burke [2] identifica que principios del diseño de videojuegos son relevantes para la rehabilitación, con el objetivo de motivar a los pacientes: *elsentido del juego* y *elreto*. *El sentido del juego* es la relación entre la interacción del usuario y la reacción del sistema, en términos de inmediatez pero también en las fases posteriores del juego. Por otra parte el videojuego debe mantener el *reto* optimo para el usuario, ni demasiado fácil ni demasiado difícil. Un estudio sobre el uso de los videojuegos de la consola Nintendo Wii [3] para la rehabilitación, llega a la conclusión que presentan un gran número de problemas: el reto es demasiado difícil, la interacción no sirve para la rehabilitación, no son adaptables y el feedback no permite observar la evolución del paciente. Además, se detecta que la mayoría de usuarios tienen problemas en sujetar el Wiimote. Por este motivo, otros estudios proponen el uso de interfaces basadas en visión para la rehabilitación, de esta forma los movimientos del usuario son capturados mediante una cámara y éste no tiene que sujetar ningún dispositivo [2,4,5].

Ibergrab

Con el objetivo de mejorar la motivación de los usuarios de ASPACE Baleares (www.aspaceib.org), presentamos un videojuego, basado en visión por ordenador, para trabajar la rehabilitación del equilibrio. El videojuego ofrece un *sentido del juego* y un *reto* adaptable al usuario. Al ser basado en visión por ordenador el usuario no tiene que sujetar ningún dispositivo, tiene libertad de movimientos. Con la finalidad de poder observar la evolución del paciente, almacena información sobre las usuario para los especialistas.

2. Metodología

A partir de entrevistas con los especialistas del centro, se ha diseñado un videojuego para trabajar el equilibrio, utilizando los principios de diseño de videojuegos para la rehabilitación expuestos en la introducción. Por otra parte, se ha diseñado un experimento para validarlo, con unos resultados iniciales muy alentadores.

2.1. El videojuego

El videojuego diseñado obliga a modificar el centro de gravedad al usuario, de forma que tenga que trabajar su equilibrio.

Rehabilitación equilibrio: El usuario se sitúa enfrente de una pantalla donde aparece, ya que es capturado por una cámara situada sobre la pantalla, ver Figura 1. Además del usuario, en la pantalla aparecen una serie de objetos que el usuario tiene que borrar pasando la mano por encima. Los objetos a borrar se encuentran situados en la pantalla de forma que el usuario tiene que modificar su centro de gravedad para conseguir borrarlos, ver Figura 2. La mano del usuario se detecta utilizando técnicas de visión por ordenador [6], que detectan que píxeles del usuario corresponden a la piel (ver Figura 3).

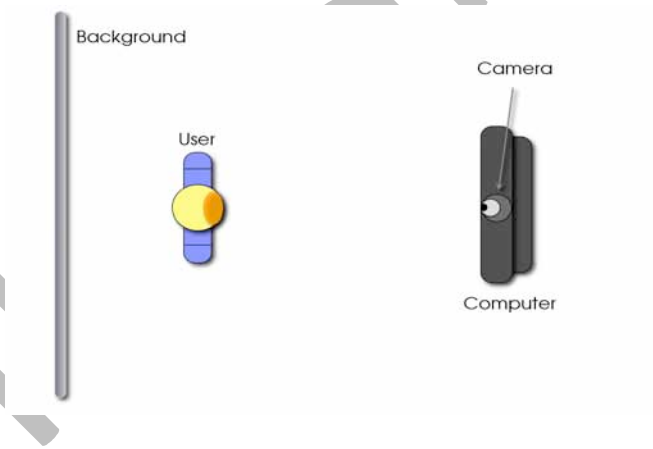


Fig. 1. Espacio de interacción

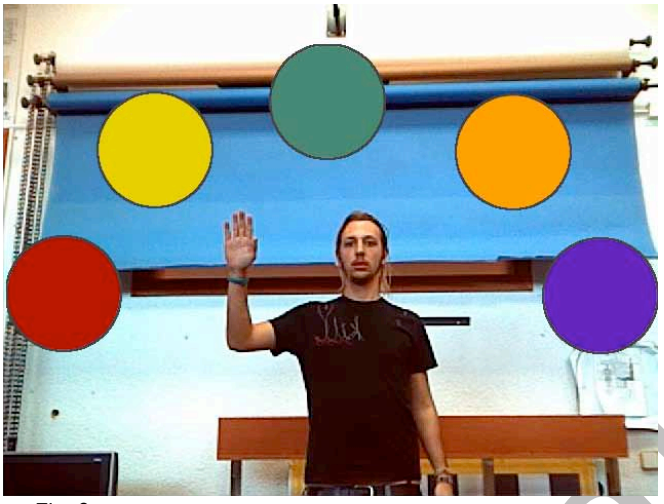


Fig. 2. Captura del video juego. Ejemplo de una plantilla de nivel.

Reto adaptable: El reto adaptable [2] al usuario se consigue de dos formas: con plantillas de nivel y con la configuración de los parámetros del videojuego, ver Figura 2. La plantillas de nivel son diferentes localizaciones en la pantalla de los objetos a borrar. Para que el especialista pueda ver la evolución del usuario, se han diseñado un conjunto de plantillas con dificultad creciente. El especialista tiene que elegir la plantilla correcta para el usuario, y cuando este la supera, cambiar a la plantilla de nivel superior. Por otra parte, el especialista puede configurar algunos parámetros del videojuego, entre otros: tiempo máximo de juego, la posición del usuario o tiempo de permanencia para borrado.

Fig. 3. Visión por ordenador: En blanco píxeles del usuario que correspoden a su piel.

Sentido del juego: Para dar sentido al juego [2] se ofrecen una serie de feedbacks al usuario. Cada vez que el usuario borra un objeto hay un feedback visual y sonoro. Existe el feedback visual porqué el usuario puede ver que enseguida que pasa la mano sobre un objeto éste desaparece, y existe feedback

sonoro porqué cuando el objeto desaparece se reproduce un sonido. En cuanto a feedback de trazabilidad, el usuario puede ver en la pantalla los objetos pendientes de borrar. También hay feedback de finalización sonoro y visual cuando con el tiempo permitido termina satisfactoriamente la plantilla/nivel y cuando no. Un esquema del videojuego en cuanto a feedbacks se presenta en la Figura 4.

Evolución del usuario: Para facilitar el trabajo del especialista, el sistema almacena la información del usuario, sus parámetros de configuración previos, y su plantilla de nivel previa. Además, para cada sesión el sistema almacena información, que después el especialista podrá utilizar para evaluar la evolución del usuario: fecha, hora, tiempo de juego, porcentaje de objetos borrados y plantilla utilizada, entre otros.

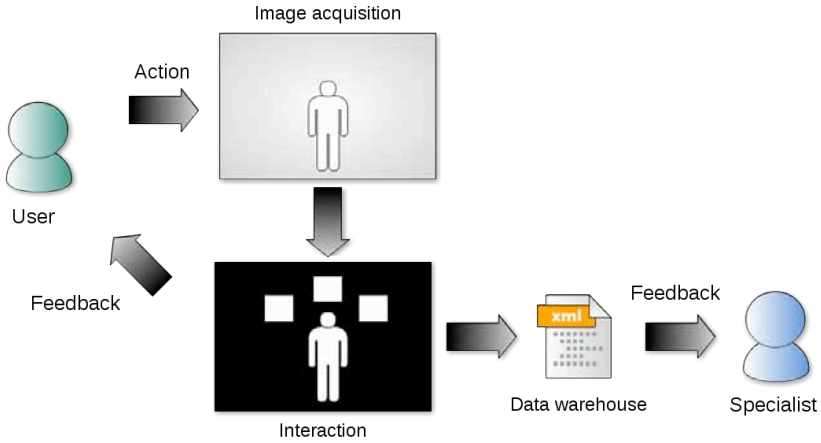


Fig. 4. Esquema completo del videojuego presentado.

2.2. El experimento

Después de tests preliminares, para asegurar que la interacción consigue los objetivos planteados para el videojuego, hemos empezado a examinar el videojuego con un conjunto de usuarios, que tienen parálisis cerebral. Este experimento está previsto que finalice en diciembre de 2011. Previamente al inicio del experimento cada usuario ha sido evaluado [7] de la siguiente forma: Tinetti de paso y equilibrio, test funcionalidad articular y muscular. Al finalizar el experimento, el conjunto de usuarios serán post-evaluados con los mismo test, además de un test para comprobar la motivación del usuario. El experimento se está realizando sobre un conjunto de usuarios adultos con parálisis cerebral, con el consentimiento de sus familiares. Todos ellos son usuarios de larga duración del servicio de rehabilitación. Los usuarios tienen problemas con su equilibrio, sin ninguna seguridad o autonomía. Además, cada usuario tiene su propia problemática. Con el objetivo de valorar la motivación, los usuarios son entrevistados después de cada sesión.

El conjunto de usuarios está compuesto por 4 personas adultas con parálisis cerebral, que en años anteriores han abandonado el plan de rehabilitación al estar desmotivados. Todos ellos han sido usuarios del servicio de rehabilitación de ASPACE durante años, y son conscientes que las sesiones de rehabilitación están destinadas a mantener sus capacidades, por este motivo están desmotivados, porque es difícil mejorar su situación y es muy aburrido repetir los mismos ejercicios en cada sesión. En la Tabla 1 se muestra un resumen de la evaluación previa del conjunto de usuarios.

Tabla 1. Resumen de la evaluación previa del conjunto de usuarios

Id usuario	Evaluación
1	Equilibrio regular, cerca del límite bajo.
2	Postura del cuerpo incorrecta.
	Baja resistencia en postura bípeda.
	Dificultad para entender el videojuego.
	Sin seguridad ni autonomía en el equilibrio.
3	Ansiedad alta.
	Sin seguridad ni autonomía en el equilibrio.
4	Dificultad en la orientación espacial.
	No puede usar un brazo independientemente del otro, Alto nivel de impulsividad.
	Sin seguridad ni autonomía en el equilibrio.

3. Resultados previos

Actualmente, estamos realizando el experimento. Los resultados preliminares son alentadores. Además del feedback almacenado por el videojuego, cada sesión es grabada en video. Los resultados preliminares muestran que los usuarios están mejorando su equilibrio lentamente, además de mejoras en problemáticas individuales. En las mini entrevistas realizadas a los usuarios después de cada sesión, se observa que están mas motivados, objetivo principal del videojuego. Por el momento ningún usuario ha abandonado la terapia, y los especialistas remarcan que los usuarios continúan motivados porqué el videojuego también promueve la superación personal y la competición del grupo.

4. Conclusiones

En este trabajo hemos presentado la introducción de videojuegos basados en visión para la rehabilitación del equilibrio en un centro de parálisis cerebral, con el objetivo de ayudar en el proceso de rehabilitación del usuario, motivarlo y proporcionar la información necesaria al especialista para poder evaluar su evolución.

En estos momentos, estamos desarrollando un experimento para validar los videojuegos en relación a la rehabilitación y la motivación, sobre un conjunto de usuarios del centro de rehabilitación. Los resultados

ibardiscap

preliminares son alentadores, mostrando una mejoría lenta del equilibrio de los usuarios y manteniendo su motivación en un grado muy elevado.

Como trabajo futuro, está previsto finalizar el experimento en diciembre de 2011 para poder comprobar formalmente la validez del videojuego para la rehabilitación y para mantener los usuarios motivados.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias a la colaboración y soporte de ASPACE Baleares y ha sido parcialmente financiado por los proyectos MAEC-AECID A/030033/10 y TIN2010-16576 del gobierno español, con financiación FEDER.

Referencias

[1] N. Maclean, P. Pound, C. Wolfe, and A. Rudd. The concept of patient motivation: a qualitative analysis of stroke professionals' attitudes. Stroke, 33(2):444, 2002.

[2] J.W. Burke, M.D.J. McNeill, D.K. Charles, P.J. Morrow, J.H. Crosbie, and S.M. McDonough. Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. The Visual Computer, 25(12):1085–1099, 2009.

[3] F. Anderson, M. Annett, and W.F. Bischof. Lean on Wii: Physical rehabilitation with virtual reality and Wii peripherals. Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine, 8(1):181–184, 2010.

[4] E. Flores, G. Tobon, E. Cavallaro, F.I. Cavallaro, J.C. Perry, and T. Keller. Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation. In Proceedings of the 2008 International Confer-ence on Advances in Computer Entertainment Technology, pages 381– 384. ACM, 2008.

[5] MS Cameirao, I.B.S. Bermu´dez, O.E. Duarte, and PF Verschure. The rehabilitation gaming system: a review. Studies in health technology and informatics, 145:65, 2009.

[6] J. Varona, A. Jaume-i Capó, J. Gonzālez, and F.J. Perales. Toward natural interaction through visual recognition of body gestures in real- time. Interacting with Computers, 21(1-2):3–10, 2009.

[7] E. Tinetti, Mark Speechley, and Sandra F. Ginter. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. New England Journal of Medicine, 319(26):1701–1707, 1988.

Iberdiscap

Club de Othello XO: una Experiencia de Aprendizaje en Ambiente de Interacción Social

Jorge Saldivar Galli, Luca Cernuzzi

DEI- Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción" Campus Universitario. Barrio Santa Ana. Asunción, Paraguay,jorgesaldivar@gmail.com , lcernuzz@uca.edu.py

Resumen.

Un creciente número de investigadores están utilizando interfaces de audio para ejercitar tareas cognitivas en personas con discapacidad visual. Una de las aplicaciones que han sido presentadas en los últimos años es Club de Othello XO, un juego educativo, principalmente orientado a niños ciegos o con restos visuales de ocho años en adelante y que soporta interfaces visuales y basadas en audio. Club de Othello XO ofrece un ambiente lúdico para ejercitar varias destrezas como el desarrollo del pensamiento lógico–matemático, además de facilitar tareas colaborativas y competitivas propiciando el aprendizaje y una mayor interacción social entre los niños.
Habiéndose obtenidos resultados alentadores en la evaluación de la usabilidad del software, en este trabajo se pretende analizar en mayor profundidad a través de un caso de estudio el impacto que produce la utilización de esta aplicación en el aprendizaje de conductas colaborativas y competitivas en niños con problemas visuales.

Palabras clave: Niños con Discapacidad Visual, Juego de Othello, OLPC- XO, Aprendizaje lúdico, Competición y colaboración

1. Introducción y Motivación

La visión es probablemente uno de los sentidos más determinantes para la formación de una concepción del mundo y de las otras personas [2]. Por lo tanto para un niño ciego existe la necesidad de una educación reforzada por las características especiales de su condición.
Por otro lado diversos estudios, comprobaron el valor de las interfaces basadas en audio para facilitar los procesos de aprendizajes de distintos tipos de conceptos y capacidades cognitivas en niños con problemas visuales. Más particularmente durante la última década, las investigaciones se han centrado en soluciones que utilizan la expresividad y accesibilidad del sonido para ayudar a crear, construir y ejercitar distintos conocimientos [8], [9], [10], [15]. Una de estas es el Club de Othello, tanto en su versión original [11], como aquella desarrollada en ambiente XO [1], software lúdico educativo basado en la metáfora del juego Othello o Reversi.
La versión original de Club de Othello fue diseñada para una plataforma de computador personal, el cual, en varias zonas de América Latina sigue siendo un privilegio. Dicha restricción se aplica también a las instituciones dedicadas a niños con discapacidad visual.
En este sentido, en el año 2005 en el Massachuset Institute of Technology (MIT) surge la idea de crear un proyecto educativo a escala mundial y pensado principalmente para fomentar el uso de la tecnología con fines educativos y a costos reducidos en países en vía de desarrollo. Nace de esta manera One Laptop Per Child (OLPC) [4]. OLPC permite a los niños el acceso a una tecnología de punta mediante un computador portátil de bajo costo, con el que además podrán trabajar de forma colaborativa o cooperativa ya que

Iberdiscap

cualquier aplicación del mismo puede ser utilizada de forma simultánea por varios niños mediante una red inalámbrica [3]. Estas laptops, que reciben el nombre de XO, corren la novedosa interfaz de usuario Sugar, cuyo objetivo es convertir a la XO en algo divertido, fácil de usar, y de experiencia social que promueva el compartir y aprender en un ambiente poderoso, tecnológico y lúdico [4].
Es importante destacar que Club de Othello XO permite a niños videntes y no videntes con acceso a las portátiles XO interactuar en las mismas condiciones logrando entre estos un ambiente de aprendizaje colaborativo y cooperativo lo que sin dudas favorece la idea una educación cada vez más inclusiva.

Club de Othello, y Club de Othello XO, lograron: proveer un ambiente educativo entretenido orientado a niños con discapacidad visual; construir y ejercitar habilidades espacio-temporales y lógicas y conceptos abstractos como columna, fila, diagonal; ofrecer interfaces que den acceso cómodo y atractivo tanto a personas con discapacidades visuales agudas y leves, como también a personas con visión total; y favorecer interacciones tanto cooperativas como competitivas entre los usuarios de la aplicación. Los resultados obtenidos en experiencias preliminares de la evaluación de la usabilidad del Club de Othello original han mostrado evidencias alentadoras [11], [15]. Sin embargo, no se han enfocado a un análisis de las interacciones sociales.
En particular modo, en este trabajo se considera la dimensión de la interacción-social por parte de niños con problemas visuales ya que como es sabido, normalmente, las actividades tanto cooperativas como competitivas son difíciles de estimular en niños ciegos o con deficiencias visuales, quienes tienden a trabajar solos con escasa interacción social [2].
Es así que en este trabajo se pretende analizar en mayor profundidad a través de un caso de estudio el impacto del aprendizaje colaborativo y competitivo en niños con problemas visuales utilizando el software Club de Othello XO.
Es así que el objetivo principal de este estudio es un estudio del impacto del Club de Othello XO para conocer en qué medida el uso de dicha aplicación facilita el aprendizaje de conductas colaborativas y competitivas aprovechando la capacidad que poseen las XO de formar grupos de aplicaciones que se ejecutan en diferentes máquinas de forma simultánea bajo una misma red.

2. Aprendizaje en niños con discapacidad visual

La capacidad para percibir y discriminar similitudes, así como para llegar a la formación de una imagen mental es un proceso esencialmente visual, tal es así que entre un 80-85% de las experiencias generadoras de aprendizaje tienen lugar a través de la visión [12]. Por lo que un niño con discapacidad visual se ve privado de una fuente valiosa para la recogida de información sensorial y por lo tanto la evolución de su desarrollo cognitivo va a ser más lenta y desigual que la de los niños videntes. En general el mundo entero se presenta para este de una manera discreta y fragmentada, muy diferente a como lo perciben personas con todas sus facultades de visión.
Considerando esto se debe tener en cuenta que el ritmo de aprendizaje y de ejecución de tareas en los niños con discapacidad visual suele ser más lento que para la mayoría de los niños videntes por lo que se les debe permitir contar con un tiempo mayor en la resolución de las mismas, ya que la velocidad del tacto y del oído nunca es equiparable a la globalización que ofrece la visión [13].
Teniendo en cuenta esto, muchos de los conceptos que serían naturalmente adquiridos por personas sin deficiencias visuales deben ser explícitamente enseñados a niños con problemas visuales. Para esto, normalmente, los profesores eligen mejorar las oportunidades de aprendizaje de un concepto proveyendo más redundancia de información que con niños videntes [14]. Por esta razón es importante la creación de nuevas actividades y juegos, como el desarrollado por este trabajo, mediante los cuales los niños puedan obtener la redundancia y práctica que necesitan, evitando caer en la monotonía causada por la repetición de un número limitado de ejercicios.
Finalmente, no se podría concluir este apartado sin referir que, tanto en el desarrollo cognitivo como en el proceso de aprendizaje, en el niño ciego o con problemas visuales influyen notoriamente aspectos tan

iberdiscap

decisivos como sus relaciones sociales, la evolución de su personalidad, sus motivaciones intra y extraescolares, así como las expectativas que tengan la propia familia y los profesionales que lo acompañan en su proceso educativo.

3. Conductas colaborativas y competitivas

Podemos definir el aprendizaje cooperativo como una metodología educativa que se basa en el trabajo en pequeños grupos en los que los alumnos trabajan juntos para mejorar su propio aprendizaje y el de los demás [5]. Varias pruebas demostraron que este tipo de aprendizajes es superior a las metodologías individualistas o competitivas.

Más en general, la colaboración, conforme a una de las definiciones de la real academia española, puede ser definida como *"ayudar y concurrir con otros al logro de algún fin"*. Ahora bien, para que exista una situación real de aprendizaje cooperativo no basta con colocar juntos a los alumnos que conforman cada uno de esos grupos y decirles que se ayuden para alcanzar un determinado objetivo sino que son necesarios una serie de elementos adicionales. Algunos de estos son la interdependencia positiva, reflejada en el consenso, la comunicación y la ayuda mutua entre los miembros de un grupo, y la interacción promotora, advertida por la motivación o aliento que se prestan los jugadores de un mismo equipo [6]. Estos elementos dieron como resultado el marco teórico necesario para el análisis de las conductas colaborativas esperadas en los niños con discapacidad visual durante su interacción con el Club de Othello XO.

Por otro lado en cuanto a las conductas competitivas, se utilizó para el trabajo el sustento teórico extraído de un contacto que se tuvo con la Dra. Rimm de la Clínica de Desarrollo Familiar en Cleveland, Ohio. En su artículo sobre la *"sana"* competencia [7] establece ciertas conductas que a su criterio son deseables en un niño que sabe participar de este tipo de actividades. Las que se consideraron de mayor importancia y se tuvieron en cuenta para el presente trabajo son: un buen competidor es aquel que se esfuerza por ganar; aquel que persevera y práctica para superarse continuamente; el que no abandona la competencia o se frustra ante las dificultades o resultados adversos; aquel que colabora con sus compañeros de equipo; el que sabe que ganar o perder es parte de una competencia y que siempre existirán mejores y peores competidores que él.
Los aspectos de interacción social vinculados a la colaboración y la competencias han sido analizados a partir de experiencias con Club de Othello XO ya que dicha versión facilita la interacción social y ofrece a los niños un ambiente fuertemente motivador.

4. Club de Othello XO

La aplicación Club de Othello XO [1] utiliza la metáfora de un club de jugadores de Othello, y mediante la misma se presentan todas las actividades y personajes necesarios para educar y desafiar al niño, proveyéndose así un ambiente unitario y coherente para el aprendizaje. El uso de esta metáfora facilita en gran medida la explicación de varios conceptos que serían muy abstractos para las exposiciones iníciales de la aplicación y permite crear un ambiente más unitario, coherente y atractivo para los usuarios [11], [15].

El ambiente de la aplicación se centra en un predio dentro del cual se desarrollan todas las actividades, el mismo está compuesto básicamente por un edificio con varios pisos, pasillos y con habitaciones dentro de cada uno. De esta manera todos los pasillos y habitaciones del club pueden ser accedidos usando sólo cuatro instrucciones: arriba, abajo, izquierda y derecha.

El Club de Othello XO consta de cinco personajes distintos cada uno de ellos ocupando una habitación en particular y cumpliendo una función específica dentro del juego.

Dentro de las principales actividades con que cuenta el Club de Othello XO se encuentran los Tutoriales (para una introducción y práctica de los conceptos del juego), los Ejercicios o Desafíos (que permiten afianzar los conceptos y ejercitar las destrezas), la Partidas contra el Computador (que constituyen una de

Iberdrscap

las actividades principales de diversión y al mismo tiempo las pruebas de aprendizaje) y las Partidas contra otros usuarios.

Además uno de los elementos más atractivos con que cuenta el Club de Othello XO es una hiperhistoria sumamente interesante para el niño que hace del desarrollo de las actividades, más entretenido y ameno ya que presenta un mundo dinámico e interactivo donde el desarrollo de sucesos presenta un orden no lineal permitiendo al usuario elegir la secuencia en la que suceden distintos eventos; pudiendo tener caminos y finales múltiples gracias a esta no linealidad.

En lo que se refiere a la interfaz de entrada se optó por utilizar un gamepad de cuatro direcciones y un conjunto de cuatro botones de juegos. Esta solución, en lugar del teclado utilizado en la versión original del juego, permiten por un lado evitar confusiones que puedan acarrear la gran cantidad de teclas con que cuenta normalmente un teclado, además concentra todos los comandos de la aplicación en un reducido conjunto de botones en un lugar aislado de la laptop XO.

Concluyendo con la descripción del Club de Othello XO es importante mencionar que el mismo presenta dos interfaces de salida, estas son por un lado sonidos espacializados, especialmente importantes ya que tanto la actividad principal (el Othello) como las demás están basadas principalmente en conceptos espaciales, el mismo puede ser reproducido por los altavoces y hardware multimedia. Además como la aplicación está dirigida a personas con discapacidades visuales en general y no sólo con ceguera total, se incluye también una interfaz basada en vídeo especialmente preparada para personas con visión parcial. Ambas interfaces de salida son presentadas en simultáneo esto hace que el juego sea más fácil de usar ya que no es necesaria ninguna configuración de interfaz sin importar el tipo de usuario que lo utilice y además permite que niños con problemas visuales puedan colaborar o competir con niños o educadores sin dichos problemas en similitud de condiciones.

5. Prueba y Validación

Para realizar las pruebas de validación de Club de Othello XO en los aspectos concernientes al aprendizaje de conductas colaborativas y competitivas se considera un caso de estudio que involucra principalmente a dos niños ciegos con quiénes se realizó el proceso de evaluación en los aspectos colaborativos y competitivos.

El primero de los niños es JE de 12 años de edad biológica, con una retinopatía del prematuro que lo ha dejado totalmente ciego, quién además no presentan otros problemas asociados a la ceguera y tampoco posee dificultades a nivel cognitivo. El mismo asiste regularmente en Asunción a la Escuela Santa Lucía por la tarde y al Colegio Verbo Divino, en horas de la mañana, donde integra el sexto grado con niños de visión normal aprovechando la idea de una educación cada vez más inclusiva.

El otro niño ciego que participó de las pruebas es JM de 11 años de edad biológica, al igual que JE ciego de nacimiento por consecuencia de una retinopatía del prematuro y sin dificultades cognitivas. JM asiste regularmente a la Escuela Santa Lucía por la mañana (en Asunción) y a la Escuela San Vicente Ferrer (en Fernando de La Mora), en horas de la tarde, donde integra el quinto grado.

También las pruebas involucran otros dos niños vidente RL y MM de la misma edad biológica y similares capacidades cognitiva que los principales involucrados.

5.1. Evaluación de Conductas Competitivas

El aprendizaje de conductas competitivas es un proceso que necesita de un tiempo prolongado para ser evaluado, debido a que por un lado no son conductas fácilmente observables, ya que guardan relación con

procesos internos de la persona, y por otro un aprendizaje en las mismas es comprobable luego de un periodo importante de años o meses.

El procedimiento escogido para evaluar el aprendizaje de conductas competitivas se enmarcan en las siguientes categorías:

- Entrevistas: se consideró que la mejor manera de medir el aprendizaje de conductas competitivas, es con entrevistas a los padres, niños ciegos involucrados en las pruebas y docentes que trabajan con ellos diariamente. Más concretamente, la metodología aplicada fue la siguiente: antes de que los niños tengan contacto con la aplicación Club de Othello XO se consultó, a través de un cuestionario previamente elaborado, a padres y maestros que tipo de conductas presenta su hijo o alumno ante situaciones que involucren juegos de competencia contra otros niños. Además, se realizó una serie de preguntas a los mismos niños para conocer sus impresiones respecto a qué tipo de conductas idealmente deberían presentarse cuando se realiza un juego de competición. Luego de un tiempo de experiencia con la aplicación se aplicó a los padres, docentes y niños el mismo cuestionario con la fin de conocer si las respuestas cambiaron para, en base a esto, extraer conclusiones respecto a si se originó en los individuos involucrados algún tipo de cambio de conducta en el ámbito competitivo. El cuestionario utilizado consta de ocho preguntas abiertas y está basado en cuatro ejes principales: *importancia del resultado* del juego que hace relación al peso que tiene para el participante el éxito o fracaso de un juego de competencia; *motivación* en el juego el cual se refiere a mantener el interés en el juego independientemente del desarrollo del mismo (ir ganando o perdiendo) así como también de la perseverancia en un juego para lograr el éxito a pesar de haber fracasado previamente o lograr un mejor resultado luego de una victoria; *estilo* de juego que explora si el participante suele emplear prácticas honestas a la hora de realizar una competencia; *actitud* durante un juego relacionado a la paciencia a la hora de jugar contra otra persona y la forma de enfrentar diferentes tipos de adversarios.

- Observaciones: A modo de complementar las informaciones obtenidas en las entrevistas se programaron un conjunto de sesiones, de no más de 40 minutos de duración, donde a través de diferentes escenarios se observó a los niños desempeñando juegos de competencia. Los escenario de competencia utilizados para las observaciones fueron: los dos niños ciegos jugando entre ellos una serie de partidas de Othello, uno de los niños ciego contra un niño vidente y el otro de los niños ciego contra un niño vidente. Todas las sesiones fueron controladas por un facilitador y registradas en material de vídeo para su posterior observación a modo de complementar o bien corregir lo observado.

5.2. Evaluación de Conductas Colaborativas

En cuanto a las conductas colaborativas es importante mencionar que, a diferencia de las competitivas, estas sí son más distinguibles y apreciables a través de observaciones y registros de conductas por lo tanto se ha decidido llevar a cabo una serie de pruebas de evaluación a través de las cuales se pueda concluir si el uso de la aplicación Club de Othello XO genera en los usuarios conductas colaborativas.

De las pruebas realizadas, participaron nuevamente tanto los dos niños ciegos como los dos niños videntes, mencionados en el apartado Casos de Estudio, para completar el escenario colaborativo necesario.

Se realizaron diferentes sesiones de no más de 50 minutos de duración donde los escenarios de pruebas utilizados en cada una fueron: a) niños ciego 1 (a partir de ahora NV1) con niño vidente 1 (a partir de ahora

V1) vs niño ciego 2 (a partir de ahora NV2) con niño vidente 2 (a partir de ahora V2); b) NV1 con V2 vs NV2 con V1 y c) NV1 con NV2 vs V1 con V2.

Para acompañar las observaciones se confeccionó un instrumento a través del cual se fue registrando la presencia y/o ausencia de ciertas conductas que se consideraron especialmente importantes para medir aspectos colaborativos.

Además todas las sesiones fueron registradas en material de vídeo para su posterior observación a modo de complementar o bien corregir lo observado.

6. Resultados Experimentales

En esta sección se analizarán los resultados experimentales de la aplicación Club de Othello XO, obtenidos mediante la aplicación de las técnicas descriptas en la sección anterior. Para una mejor exposición, los mismos serán clasificados en aprendizaje de conductas competitivas y colaborativas.

6.1. Aprendizaje: Conductas Competitivas

Los resultados respecto a ambos niños se describen a continuación.

Evaluación de JM: En el eje "importancia del resultado del juego" los padres afirman que ganar siempre es de importancia para el niño y la maestra complementó que el niño es egoísta y busca ser siempre él el ganador. Luego de la experiencia del Club de Othello XO acotaron que trata de superarse en todo, no centrándose solamente en el ámbito del juego sino que también en el estudio.

En el pre Club de Othello XO su reacción ante la victoria, derrota o empate según los padres es la misma, esto no pudo notarse durante las pruebas realizadas, principalmente en aquella que involucró al otro niño ciego. En ésta se pudo constatar cierto grado de frustración cuando perdió un juego contra el otro niño ciego. Debido a esta contradicción se recurrió a la información proveída por la maestra que coincide con lo observado durante la prueba. En el pos Club de Othello XO tanto los padres, maestra y el propio niño coinciden en que la reacción es siempre la misma antes las diferentes situaciones, se alegra al ganar pero cuando es derrotado o empata en un juego esto no representa un motivo para el enojo.

En cuanto al eje de "motivación en el juego" según el progreso del mismo tanto en el pre como en el pos el niño y los padres afirman que es la misma. Es importante resaltar que la maestra luego de la experiencia del Club de Othello XO lo nota más motivado y perseverante. Con respecto a su motivación una vez lograda la victoria en un juego los padres afirman que el niño continua jugando a pesar de la misma, en tanto él manifiesta que depende de las ganas de cada uno volver a jugar o no. En contraposición, a posteriori, la motivación luego de una victoria se sostiene en un deseo de hacer lo socialmente correcto, que es seguir participando, y los padres confirman dicho deseo.

Con respecto al eje "estilo de juego" los padres afirman que el niño juega siempre limpio, esto concuerda con lo que el mismo manifiesta y se mantiene en el pos Club de Othello XO.

En lo referente al eje de "actitud durante un juego", si bien los padres y el niño afirman que es paciente al jugar contra otros, en el pos Club de Othello XO la maestra expone que en la actualidad el niño es más paciente que antes al jugar contra otros. También en este mismo eje se exploró acerca de la actitud del niño durante un juego ante diferentes tipos de adversarios (niños videntes, invidente y la computadora) donde se pudo constatar a través de los cuestionarios que el niño no discrimina el adversario y juega igual contra todos. Esto se mantiene tanto antes como después de la experiencia del Club de Othello XO.

Inedifscap

*Evaluación de JE:*Con respecto al eje "importancia del resultado del juego" los padres afirman que en el pre Club de Othello XO se prepara para ganar siempre y no se frustra si el resultado es distinto. El niño asume que si el otro le ganó es porque es mejor. Luego de la experiencia del Club de Othello XO sigue con ganas de ganar siempre, solo que ahora analiza el porqué perdió el juego.

En cuanto a su reacción ante el resultado, los padres manifiestan que, es la misma tanto en el pre como en el pos Club de Othello XO, reacciona de forma muy expresiva ante las victorias y ante la derrota o empate se empeña en prepararse mejor para un próximo juego. A esto se debe agregar que el niño comentó antes de la experiencia del Club de Ohtello XO que la reacción ante la derrota es generalmente la del enojo, en contrapartida es importante resaltar que luego de la experiencia el mismo afirma que no se debe reaccionar mal ante una derrota porque este tipo de resultado es parte del juego.

En el eje de "motivación en el juego" los padres sostienen que su motivación va cambiando de acuerdo al resultado. Si gana, aumenta su autoestima y si pierde se va desmotivando. En el pos Club de Othello XO, según los padres, esta reacción es buena y constante por la motivación que implicó para él haber participado de esta experiencia, además la maestra lo nota más persistente.

Con respecto a su motivación una vez lograda la victoria o ante la derrota en un juego de competencia los padres afirman que el niño continua jugando, es perseverante e intenta superarse, esto se observa tanto en el pre como en el pos Club de Othello XO.

Con respecto al eje "estilo de juego" los padres afirman que el niño juega siempre limpio; esto concuerda con lo que el mismo manifiesta y se mantiene en el pos Club de Othello XO.

En lo referente al eje de "actitud durante un juego" afirman que es paciente al jugar contra otros. En el pos Club de Othello XO la maestra expone que en la actualidad el niño es más paciente que antes. En este mismo eje se exploró acerca de la actitud del niño durante un juego ante diferentes tipos de adversarios (niños videntes, invidente y la computadora) donde se pudo constatar a través de los cuestionarios que su actitud varía de acuerdo al oponente; si el adversario es vidente, el niño siempre juega a la defensiva. Esto se debe a una situación donde fue perjudicado por este tipo de oponentes, en cambio cuando el oponente es un niño no vidente está más tranquilo y menos a la defensiva. Ambas conductas se mantienen tanto antes como después de la experiencia.

Conclusiones sobre conductas competitivas

En cuanto a los juegos de competencia, en JE se logra un análisis con respecto del porque de la derrota, siendo esto un elemento clave para futuros éxitos. Paralelamente, en JM se nota un progreso en el ámbito del estudio (perseverancia y mejor motivación).

Es notorio que luego del Club de Othello, si bien la victoria ocupa un lugar importante en la motivación de ambos niños, la derrota pasa a ser menos frustrante y más llevadera.

También, es de resaltar el impacto que tuvo para los participantes la experiencia del Club de Othello XO, lo que repercutió en su perseverancia por aprender y ganar el juego.

Además se concluye que luego de la experiencia la paciencia durante una competencia en ambos niños aumentó.

Adicionalmente, es importante mencionar que para JM los diferentes tipos de oponentes no representan ningún tipo de importancia en cambio para JE si.

Finalmente, se destaca que en líneas generales la experiencia resultó sumamente provechosa para la adquisición de conductas de sana competencia que no solo repercutieron al momento que estos realizan un juego de competencia sino que también este aprendizaje tuvo un impacto positivo en otros ámbitos de su vida como por ejemplo en la escolar.

Iberdiscap

6.2. Aprendizaje: Conductas Colaborativas

Para la evaluación se utilizó un registro observacional para medir la presencia de conductas colaborativas que se consideraron importantes en los equipos en los diferentes escenarios. En particular se tomaron en cuenta las siguientes conductas.

- *Consenso de estrategias*: se pudo observar que en el primer escenario (NV1-V1 vs. NV2-V2) la dupla NV1-V1 logró consensuar las estrategias respecto a la mejor jugada a realizar. En el segundo escenario (NV1-V2 vs. NV2-V1) la dupla NV2-V1 consensuó la mejor jugada a realizar. En ambos escenarios la dupla integrada por el niño V1 fue la que aplicó esta conducta colaborativa en el momento del juego. En el tercer escenario ambas duplas (NV1-NV2 vs. V2-V1) consensuaron estrategias para realizar jugadas durante el juego, con lo que se puede concluir que los niños no videntes aprendieron este estilo de conductas colaborativas gracias al compartir con el niño V1 en los juegos previos.
- *Consenso de turno*: en la mayoría de los escenarios y equipos se observó esta conducta, específicamente cada miembro de los equipos se preocupaba por pasar la laptop XO a su compañero en cada jugada. Esto demuestra empatía por el otro y además favoreció al correcto desarrollo de las partidas. Con lo expresado se podría afirmar que el Club de Othello XO es un buen medio para que niños videntes e invidentes desarrollen conductas empáticas y de convivencia.
- *Aliento al otro miembro del equipo*: durante el desarrollo del primer escenario el participante V1 alienta al participante NV1 para el éxito del juego, esto se repite en el tercer escenario cuando el niño NV1 alienta de una manera similar al niño NV2 perteneciente a su mismo equipo.
- *Búsqueda de un mismo objetivo*: que no precisamente se encaja en ganar el juego sino también en el momento de finalizarlo o en el momento del descanso. Se puede observar como en el primer escenario la dupla NV1-V1 orienta sus esfuerzos a ganar el juego, traducido esto en su actitud positiva hacia el consenso de estrategia y turno además del aliento al otro miembro del equipo. Luego, en los escenarios dos y tres ambos participantes fueron claves para la búsqueda del objetivo común dentro del juego.Los participantes también lograron ponerse de acuerdo en el momento de detener el juego ya sea para el descanso o la finalización del mismo.

Cabe destacar que en todo momento se manejaron dentro del marco de respeto mutuo y cooperativo entre ellos

Conclusiones sobre conductas colaborativas

El *consenso de estrategias* fue la conducta principalmente beneficiada ya que en las observaciones que se hicieron sobre la misma va aumentando gradualmente a medida que uno de los participantes videntes iba intercambiando de equipos. Aquí se puede concluir que los niños no videntes logran imitar este estilo de conducta colaborativa gracias al compartir con este niño en los juegos previos. Se espera que la misma se mantenga con el correr del tiempo.

Tanto para las conductas de *consensuar turnos* y *buscar un mismo objetivo* las mismas presentan similitud en cuanto a la frecuencia de veces que aparecen en los distintos escenarios. Esto puede deberse a la motivación de los participantes y la empatía que logró generarse en los equipos.

Finalmente, se destaca que el Club de Othello XO es un medio propicio para generar conductas colaborativas. También, se concluye que con lo realizado en el presente trabajo no es posible afirmar definitivamente que haya existido un aprendizaje de conductas colaborativas en los niños que participaron de las pruebas ya que como se mencionó anteriormente el mismo tiene su resultado tangible a lo largo del tiempo y además dichos resultados están condicionados por factores externos e internos como: ambientales y naturaleza del juego o motivación y cansancio respectivamente. Sin embargo, si se puede afirmar que el juego Club de Othello XO genera durante su desarrollo conductas colaborativas en los

Iberoiscan

participantes, lo que se pudo observar durante las prueba realizadas y se espera que se mantengan en otros escenarios con el paso del tiempo.

7. Conclusiones Finales

Los resultados experimentales obtenidos en las pruebas y observaciones realizas demostraron que la utilización del Club de Othello XO puede, dadas las mismas condiciones, estimular en niños con discapacidad visual un aprendizaje significativo de conductas competitivas y colaborativas lo que favorecería enormemente su inclusión dentro un marco de educación tradicional rompiendo de esta manera las distintas barreras y prejuicios que existen alrededor del desempeño de personas discapacitadas visualmente en estos ambientes.

Referencias

[1] L. Cernuzzi, J. Saldivar, "Club de Othello XO: Una Experiencia de Aprendizaje en Ambiente de Interacción Social". IBERDISCAP 2008, Cartagena de Indias, Colombia, Noviembre 2008.

[2] E. González, A. Boudel, "Enfoque Sistemático de la Educación del Niño con Discapacidad Visual" Ed. Actilibro SA, Bs.As. 1994.

[3] "The OLPC Wiki". Recuperado 2 de Octubre de 2008, de: http://wiki.laptop.org

[4] D. Cavallo, "Visión Educativa del Proyecto OLPC", accesible en: http://wiki.laptop.org/go/Visi%C3%B3n_Educativa

[5] C. Velázquez. 2003. "El Aprendizaje cooperativo en educación física: Qué, Parar Qué, Por Qué y Cómo". Pp 199. Disponible en: http://educacionfisicacooperativa.org/file.php/10/CarlosVelazquez/AprendizajeCooperativoCongresoFEADEF2005.pdf

[6] Prince George's County Public Schools. "A Guide to Cooperative Learning" (en línea). Consultado el 10 de noviembre 2009. Disponible http://www.pgcps.pg.k12.md.us/~elc/learning1.html

[7] S. Rimm. 2007. "Teaching Healthy Competition" (en línea). Consultado el 10 de noviembre de 2009. Disponible en http://www.sylviarimm.com/article_healthcomp.html

[8] C. Frauenberger, M. Noisternig, "3D Audio Interfaces for the Blind". Proceedings of the International Conference on Auditory Display, 2003.

[9] J. Sánchez, M. Sáenz, "Sound Immersed Virtual Environments for Blind Children", Proceedings of 4º IWVR '05. Catalina Island, California, pp. 192-202, Septiembre de 2005.

[10] J. Sánchez, I. Galaz, "Cuentos Interactivos Móviles a través de Audio para Aprendices con Discapacidad Visual". En Sánchez, J. (editor). Nuevas Ideas en Informática Educativa, pp. 101-106. Santiago: Lom Ediciones S.A., 2005.

[11] J. Paniagua, R. Chenú, L. Cernuzzi, J. Sánchez, "Niños con discapacidad visual jugando y aprendiendo con Club de Othello". IBERDISCAP 2006, Vitoria, Brasil, Febrero 2006.

[12] "Desarrollo psicológico de un niño ciego", publicado por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, accesible en: http://www.ulpgc.es/descargadirecta.php?codigo_archivo=1767

[13] E. Gastón López. 2006. "La discapacidad visual y las TIC en la etapa escolar" (en línea). Madrid, España. Instituto Tecnologías Eductavias. Consultado 2 de septiembre de 2009. Disponible en http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php

[14] D. Baldwin, "Child Development and Blindness", publicación del Institute for Innovative Blind Navigation, 2003, accesible en: http://www.wayfinding.net/chlddev.htm

[15] L. Cernuzzi, E.J. Paniagua, R. Chenú, J. Sánchez, "Club de Othello, aprendizaje entretenido para niños con discapacidad visual", Memorias del X TISE, Santiago de Chile, pp. 18-26, Diciembre 2005.

Iberdiscap

Iberdiscap

Experiencias de movilidad y desarrollo de niños con parálisis cerebral mediante un vehículo lúdico adaptable.

A.Ruiz[1], T. González[1], R. Raya[2], R. Ceres[2], L. Calderón[2], L. Azevedo[3]

[1]ASPACE-Cantabria:Avda Cardenal Herrera Oria 102, Santander, España, Tel:+34942338893, Fax: +3494233214, e-mail:correo@aspacecantabria.org

[2]Grupo de Bioingeniería/ Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Arganda del Rey (Madrid), España, Tlfn:+34918711900, e-mail (ceres@iai.csic.es)

[3]Instituto Superior Técnico/Universidade Técnica de Lisboa

Resumen.

Se presenta en este trabajo tanto las bases de partida como la metodología y los conceptos del uso de nuevas herramientas de rehabilitación de niños con parálisis cerebral utilizando alternativas de experimentación y juego adaptadas a las capacidades de estos niños. La incidencia de estas experiencias se considera muy importante en el desarrollo físico y cognitivo siendo determinante de la conducta y el potencial de habilidades adquiridas pos estos medios. El vehículo PALMIBER que ha sido diseñado y construido con este propósito ha sido utilizado con una serie de protocolos y ejercicios en este contexto y se ha podido comprobar que responde a estos planteamientos de desarrollo global a partir del juego, y de la experimentación.

Palabras clave: rehabilitación, parálisis cerebral, movilidad, desarrollo neuromotor, niño.

1. Introducción y contenidos

Es creciente el desarrollo que se está llevando a cabo en la actualidad por parte de los diferentes agentes de las Tecnologías de Apoyo como medio de aumento de la autonomía del bienestar personal promoviendo una mayor integración social. La parálisis cerebral (PC), término un tanto ambiguo y no muy afortunado a nuestro juicio, que merece una atención especial por las posibilidades que presenta en muchos casos de rehabilitación y compensación funcional dada la potencialidad que presentan un buen número de niños con terapias en edades tempranas, aspecto importante que es justificado en este trabajo más adelante.

Respondiendo a estas motivaciones, el Grupo de Bioingeniería del CSIC, en colaboración con otras entidades iberoamericanas y principalmente con los equipos deM. Nunes da Ponte y L. Azevedo, ambos de Lisboa, a mediados de los años 90 abordó el problema desarrollando un primer vehículo (PALMA [1]), de carácter lúdico adaptado y personalizable para niños con parálisis cerebral. Este proyecto, como pudiera parecer, no trataba de resolver el problema de desplazamiento de estos niños ni de elaborar un nuevo juguete. Se buscaba el desarrollo físico y cognitivo del niño fomentando una actitud activa y participativa que le permitiese relacionarse con el medio próximo, humano y físico, justamente a partir de esta herramienta atractiva de movilidad. El prototipo construido con estas bases fue debidamente evaluado mostrando unos resultados muy estimulantes y un interés por parte familiares de usuarios y de los profesionales responsables de sus terapias diarias. Ante esta necesidad y con idénticos planteamientos de partida, se abordó un nuevo proyecto (PALMIBER), con fines y especificaciones industriales para intentar llevar al mercado un producto de este tipo. El primer prototipo de este proyecto PALMIBERA, ha sido

Iberdiscap

evaluado en ASPACE-Cantabria, presentando en este trabajo sus características principales y las experiencias llevadas a cabo en esa fase de experimentación.

2. Desarrollo del vehículo experimental

Se ha indicado en secciones anteriores las motivaciones para abordar el desarrollo de este tipo y la génesis de este proceso a partir del proyecto PALMA. En este caso no solamente se buscaba la funcionalidad obtenida en aquel prototipo sino que el sistema debería responder a unas especificaciones aptas para abordar su industrialización y para que fuese aceptado por el mercado. Para ello el nuevo vehículo debía ser en lo posible, lo más simple, robusto, económico y fiable. Este nuevo planteamiento exigió un rediseño completo tanto de la mecánica estructural como de la electrónica de detección, mando y control.

La funcionalidad del sistema deberá incluir por una parte la posibilidad de conducción más o menos autónoma de acuerdo al grado de afectación y a la destreza de cada niño. En consecuencia y para los casos que requieran más asistencia, el vehículo deberá poder detectar objetos y personas, como posibles obstáculos, situados en el espacio próximo circundante al vehículo desarrollando estrategias semiautomáticas de evitación de obstáculos. El niño debe poder generar comandos de paro y marcha en las posibles direcciones teniendo en cuenta las dificultades de manipulación y los tiempos variables de reacción de estos niños. El educador deberá poder seleccionar los modos y parámetros de conducción en función de las características de cada niño. Finalmente el sistema deberá realizar automáticamente las funciones mencionadas de detección de obstáculos, de recepción de órdenes del niño y de consignas del maestro controlando cada uno de estas unidades y finalmente actuando sobre los motores del vehículo, esto es, gestionando su marcha en las diferentes situaciones.

El sistema finalmente desarrollado está compuesto principalmente por las unidades que se presentan en el siguiente diagrama de bloques:

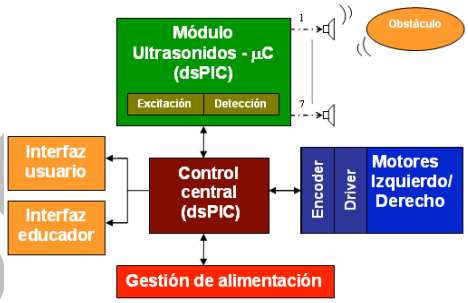


Figura 1. Diagrama de bloques del vehículo PALMIBER

La unidad de ultrasonidos para detección de obstáculos está formada por un conjunto de siete sensores ultrasónicos de 40 KHz, monotransductor de tipo piezoeléctrico, distribuidos de forma que se definan otros tantos sectores angulares y actuando en modo sonar, esto es, utilizando la técnica de pulso-eco que permite conocer la distancia del emisor al obstáculo. Un microcontrolador dsPIC-30F4011 gestiona las tareas de excitación, recepción y análisis de ecos generando y comunicando al controlador central los datos correspondientes. A tal efecto se han elaborado diferentes algoritmos de detección precisa y fiable, pudiendo así determinar la situación de un posible obstáculo por su distancia y por el sector angular del sensor que lo ha detectado. El algoritmo desarrollado se basa en el modelo analítico de la envolvente ultrasónica, mejorando la precisión obtenida con algoritmos de igual coste computacional como las técnicas por umbral y otros basados en el ajuste de la curva en tiempo real [2].

El interfaz de usuario (consola del niño) se ha implementado mediante un teclado que incluye cinco pulsadores luminosos, planos de membrana (adaptados a los problemas de babeo…) para ejecutar el paro y la marcha adelante, atrás, a derecha y a izquierda. Los efectos luminosos de estos permiten realizar mando integral por técnicas de barrido con un simple pulsador (cabeza, mentón, soplo…).

El interfaz del educador se ha realizado mediante una pantalla alfanumérica y con un simple teclado de cuatro teclas asistida por un menú que va presentando todas las opciones posibles del sistema.El control central está constituido por un microcontrolador, en este caso de mayores prestaciones, como es el dsPIC30F6010A, gobernando las funciones antes mencionadas así como el control de sendos motores de las ruedas traseras por modulación de anchura de impulsos y tareas de autotest y de intercomunicación entre los diferentes dispositivos del sistema.

Con objeto de registrar y evaluar objetivamente los ejercicios de cada niño, su destreza y progreso a lo largo del programa de validación, se ha elaborado en el prototipo un sistema de registro de cada evento del vehículo según los mandos del niño y del camino trazado por cada rueda (codificador angular incremental). Se registran los siguientes eventos:

a) Dirección de movimiento

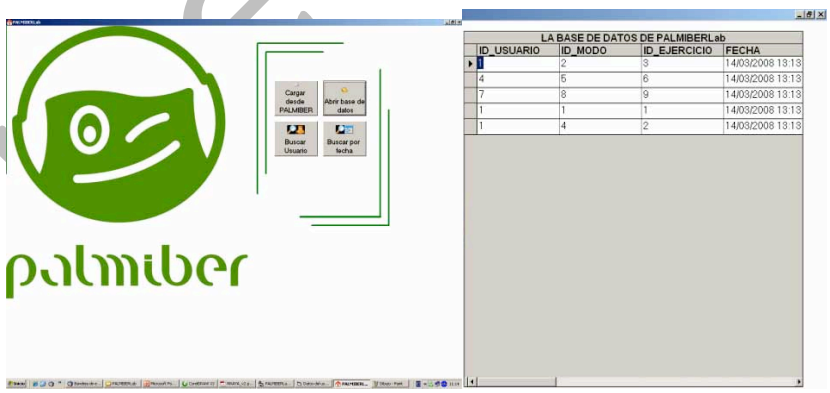
b) Distancia recorrida

c) Pulsación de tecla

d) Emisión de mensaje de voz

e) Detección de obstáculo

Se registra también el instante en el que ocurrió cada evento y un identificador asociado al usuario que realiza el ejercicio. Esta información registrada en el vehículo debe ser descargada en el computador para su análisis. Para ello, se ha creado un software de análisis, llamado PalmiberLab, que interpreta todos estos datos y los muestra de una forma amigable para la evaluación objetiva del ejercicio de conducción. De esta forma, pueden evaluarse ciertos aspectos como el tiempo de reacción del usuario ante determinados estímulos (mensaje de voz, obstáculo, etc.), distancia recorrida para llegar de un punto a otro de la sala y pulsación correcta de las teclas (aprendizaje de conceptos espaciales) entre otros. La herramienta cuenta con una base de datos con la información de cada usuario con el objetivo de que pueda evaluarse su progresión en el aprendizaje.



Cerquiscap

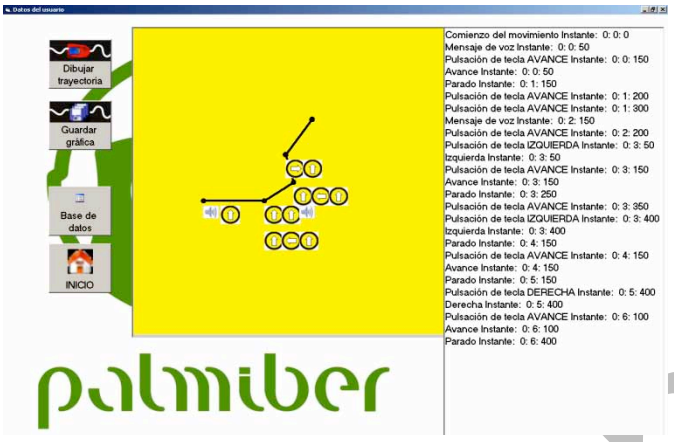


Figura 2. Diferentes pantallas de la aplicación software para análisis de datos

3. Resultados y discusión

El desarrollo neuropsicomotor ordinario del niño, cuando no hay alteraciones que lo condicionen, reúne las características de *continuidad*, *progresividad*, *irreversibilidad* y de *secuencia fija [3-13]*.

a) El desarrollo es *continuo*. En cada etapa infantil siempre existen cambios que no tienen detenciones, siempre existen funciones que están cursando hacia una mayor complejidad.

b) El desarrollo es *progresivo*. El sistema nervioso experimenta cambios que generan mejoría de funciones que permiten mayor adaptabilidad.

c) El desarrollo es irreversible. Los avances ya adquiridos no se pierden, lo que permite seguir instalando nuevas funciones sobre avances previos ya consolidados.

d) El desarrollo tiene una *secuencia fija*. Para que aparezca una función determinada se requiere la adquisición previa de una función de base. Esto es lo que genera una secuencia fija.

Sin embargo, cuando se analiza el desarrollo de un niño con daño cerebral se observa que las características señaladas no se verifican ni en toda su intensidad, ni en su totalidad. Así, la adquisición de la competencia para una determinada función con frecuencia se adquiere de forma *progresiva* pero con una *continuidad* matizada, produciéndose detenciones temporales, “mesetas”, en su desarrollo. Pero más significativo en relación con el tema que nos ocupa, es la característica de *secuencia fija*. Como se ha explicado, en el desarrollo ordinario del niño, se admite que la adquisición de la competencia en una determinada función requiere previamente de la adquisición de la competencia en una función precedente denominada “función base”. Pero se observa con frecuencia que esto no ocurre con los niños que presentan daño cerebral, porque adquieren competencias en funciones sin haber adquirido previamente la denominada “función base”.

La idea de la existencia de una *secuencia fija* en la adquisición de competencias funcionales en el desarrollo del niño ha llevado durante mucho tiempo y probablemente ahora también en muchos casos, a diseñar programas de trabajo basados en la cumplimentación de la *secuencia fija de adquisiciones*, a saber: no se trabajaba con el niño una nueva adquisición, un nuevo aprendizaje, hasta que no se había logrado la que se consideraba capacidad previa o “función base”, limitando de este modo su potencial de desarrollo, basando los progresos en el déficit y enseñando al niño, y a su entorno social, a focalizar la atención sobre lo que no puede hacer.Sin embargo, en la experiencia práctica diaria se observa que los niños con lesiones cerebrales pueden desarrollar competencias funcionales complejas, aprender, a pesar

Iberdiscap

de que no haber adquirido las funciones más básicas que teóricamente debían sustentar los aprendizajes de mayor complejidad.Todo parece indicar que la característica de *secuencia fija* responde al orden de consecución de funciones observado en el desarrollo ordinario, pero que no constituye una condición para el desarrollo de competencias funcionales o, al menos, no constituye una condición inexcusable.

Una perspectiva evolutiva, no estática, -con referencia a la capacidad del órgano cerebral para estructurarse dinámicamente y a sus propiedades de plasticidad-, orienta a que el cerebro no tiene una sola forma de organizarse. En el desarrollo ordinario, cuando la estructura cerebral no presenta ninguna lesión, el cerebro se organiza del modo más eficaz y más eficiente, y cuando presenta una lesión también, pero no necesariamente siguiendo las mismas secuencias.Desde esta perspectiva el planteamiento de los programas de trabajo para niños con daño cerebral da un giro radical, orientándose a la compensación del déficit y ampliando las oportunidades de aprendizaje que ahora se basaran en la implementación de apoyos para compensar el déficit y en el refuerzo de sus logros, que son los que evidencian las vías alternativas que ha diseñado el cerebro.

El Proyecto PALMIBER constituye un prometedor equipo de trabajo para la compensación del déficit (ausencia de movimiento voluntario que permita el desplazamiento autónomo). El vehículo hace lo que el niño no puede hacer y le ofrece oportunidades de experimentación autónoma en distintos órdenes, "enseñándole" que puede hacer cosas y que es sujeto activo de los cambios que se producen en su entorno.Las actividades que posibilita el PALMIBER no constituyen tareas reiterativas que el niño tiene que resolver para lograr un "desarrollo normal", en las que, si este fuera el objetivo, a pesar de su esfuerzo, apenas obtienen éxitos o estos no son significativas para él, disminuyendo su motivación y esfuerzo. El PALMIBER ofrece al niño oportunidades para que un pequeño esfuerzo obtenga un resultado significativo para él: da un golpe y el coche se mueve o da un golpe en un sitio concreto y el coche se mueve hacia el lugar que él quiere y ha decidido que se mueva.

Para la realización de las pruebas se han seguido los siguientes criterios para la selección de los candidatos:

- Screening

    1. Edad. Se descartan para la valoración los niños menores de 18 meses y con más de 10 años.
    2. Características físicas. Desplazamiento: Se descartan los usuarios en los que las adquisiciones relativas al desplazamiento se correspondan con su nivel madurativo.
    3. Características intelectuales. Se descarta los usuarios con un nivel madurativo inferior a los 18 meses de edad mental.
    4. Características sensoriales. Se descarta para la valoración usuarios con déficit visual.

- Protocolo de valoración

    1. Aplicación prueba de desarrollo.Se aplicará una prueba de desarrollo madurativo antes de iniciar el entrenamiento y se realiza una revisión cada 6 meses una vez iniciado.
    2. Aplicación de protocolo para determinar la fase de inicio del entrenamiento.Se realizarán dos sesiones de valoración con el coche con una duración de 30 minutos cada una.
    3. Valoración del sistema de control del coche más eficaz: panel de control, pulsador, etc..

- Programa de entrenamiento

Temporalización : 3 sesiones semanales
Duración de cada sesión: 30 minutos

Fases del entrenamiento

Fase 1. Automático

Iberdiscap

Índices: Reconocimiento del coche y reacciones diferenciales en su respuesta cuando está sentado en el coche y fuera del coche

Fase 2. Causa efecto

Nº de acciones en 5 minutos, Tiempo que tarda en pulsar desde que el coche se para. Resultados estables en 3 sesiones consecutivas de entrenamiento

Fase 3.Entrenamiento direcciones.

Dirección adelante- hacia atrás. 80% de aciertos se pasa a la siguiente tarea
Dirección derecha – izquierda. 80% de aciertos se pasa a la siguiente tarea
Control de las 4 direcciones. 80% de aciertos se da por concluida la fase de entrenamiento en direcciones.

Fase 4. Entrenamiento en la realización de circuitos con diferentes niveles de complejidad.

Circuito control de dos direcciones para resolver la tarea.
Circuito control 4 direcciones para resolver la tarea.
Una secuencia en las que tenga que utilizar las 4 direcciones para resolver la tarea.
Dos secuencias en las que tenga que utilizar las 4 direcciones para resolver la tarea.

En las pruebas participaron 3 niños: LBE (8 años), MLF (9 años), LVS (6 años). El perfil de los usuarios se describe a continuación:

a) Funcional-motriz. Afectación grave: afectación de los cuatro miembros. Desplazamiento en silla de ruedas e imposibilidad de utilización funcional de las manos, ausencia de prensión.

b) Comunicación. Habla difícil de comprender, ininteligible o ausencia de habla. Utilizan sistemas aumentativos y/o alternativos de comunicación y ayudas técnicas para la comunicación.

c) Funcionamiento intelectual Rendimiento intelectual no cuantificable pero con capacidad intelectual conservada. Puede estar acompañado de alguna alteración en el procesamiento de información: percepción, atención y memoria.

d) Trastornos sensoriales. Posibilidad de trastornos sensoriales: visión, audición, y/o sensibilidad.

e) Dependencia. Con necesidad de apoyo generalizado en todos los ámbitos.

f) Trastornos o alteraciones clínicas. Alteraciones clínicas en el aparato respiratorio, digestivo y en el sistema nervioso (crisis epilépticas).

El número de sesiones realizadas y la duración se describe en la siguiente tabla:

USUARIOS	Nº sesiones realizadas	Duración de las sesiones
1 LBE	9	15 a 20 minutos por sesión
2 MLF	9	15 a 20 minutos por sesión
3 LVS	12	10 a 15 minutos por sesión

Tabla 1. Número de sesiones realizadas por cada usuario y duración

El entrenamiento se ha realizado en la primera fase: Fase 2 “causa-efecto”.Se recogen datos sobre el número de pulsaciones que da cada usuario para poner en marcha el coche, registrando las que obtiene resultado y las que no y la media del tiempo que necesita entre dos pulsaciones.

Iberdiscap

ISUARIOS	Nº pulsaciones sin resultado	Nº de pulsaciones con resultado	% aciertos	Media de tiempo que tarda en pulsar
LBE	49	84	63,15	0,95 minutos
MLF	38	68	64,15	1,00 minuto
LVS	53	59	52,67	1,46 minutos

Tabla 2. Número de aciertos de cada usuario

Figura 3. Pruebas realizadas en Aspace Cantabria

4. Conclusiones y trabajos futuros

1. La discapacidad intelectual que presentan los usuarios seleccionados condiciona el ritmo de los aprendizajes y las posibilidades de que puedan pasar a otras fases del entrenamiento.
2. En los tres casos el porcentaje de aciertos sobre los intentos es bajo, en estos casos consideramos que hay que plantearse la utilización de un pulsador que se adapte mejor a sus posibilidades de movilidad. El porcentaje de intentos sin resultado va a condicionar el interés y esfuerzo en realizar la tarea por lo que siempre hay que intentar que sea el mayor posible.
3. En relación al dato del tiempo medio de respuesta hay que tener en cuenta que incluye el tiempo que está en movimiento el coche por lo que se puede considerar adecuado para pasar a la siguiente fase del entrenamiento.
4. El entrenamiento se ha realizado con el prototipo del Palmiber, nos hemos encontrado con problemas de funcionamiento que han interferido en la realización de las sesiones.
5. El interés de los usuarios en realizar la tarea ha sido muy alto.
6. De los datos recogidos y observaciones realizadas podemos concluir que el entrenamiento en el control del Palmiber aporta a los programas de intervención un instrumento innovador que ofrece nuevas posibilidades para el desarrollo madurativo de los niños con daño cerebral. Con este planteamiento nos proponemos incorporar el Palmiber a los programas de intervención de todos los niños que reúnan el perfil y valorar la repercusión en su desarrollo contrastando los datos de las revisiones periódicas.

Inercap

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a los programas CYTED-Iberoeka y PROFIT, así mismo al Consorcio PALMA, al centro Centimfe y a la empresa Neuronic por su contribución o apoyo en las diferentes etapas de los trabajos de investigación presentados.

Referencias

[1] R. Ceres, J.L. Pons, L. Calderón, A. R. Jiménez, L. Azevedo PALMA, a robotic vehicle for assisted mobility of disabled children IEEE Engineering in Medicine and Biology vol 24, # 6, nov-dec-2005, pp 55-63

[2] R. Raya, A. Frizera, R Ceres, L. Calderón, E. Rocon. Sensors and Actuators A: PhysicalVolume 148, Issue 1, 4 November 2008, Pages 335-341.

[3] Síndromes y apoyos. Panorámica desde la ciencia y desde las asociaciones. Colección FEAPS

[4] Mi bebé tiene parálisis cerebral ¿Qué hacer?. Guía para padres primerizos. Federación ASPACE.2008.

[5] FINE NANCIE, R (1974): *Atención en el hogar del niño con Parálisis Cerebral*. La Prensa Médica Mexicana. 1.995.

[6] GALLARDÓ JAÚREGUI, M.V y SALVADOR LÓPEZ, M.L: Discapacidad motórica. Aspectos psicoevolutivos y educativos. Aljibe. 1.999

[7] LE MÉTAYER, M: *Reeducación cerebromotriz del niño pequeño*. Masson. 1.994.

[8] LEVITT, S*: Tratamiento de la parálisis cerebral y del retraso motor*. Panamericana. 2.002.

[9] Bobath, B. y Bobath, K. (1976). Trastornos cerebro motores en el niño. Buenos Aires: Panamericana.

[10] Cobos Álvarez, P. (1995). El desarrollo psicomotor y sus alteraciones. Manual práctico para evaluarlo y favorecerlo. Madrid: Pirámide.

[11] Gallardo Jáuregui, M. V. y Salvador López, M. L. (1994). Discapacidad motórica. Aspectos psicoevolutivos y educativos. Málaga: Aljibe.

[12] Le Métayer, M. (1995). Reeducación cerebromotriz del niño pequeño. Educación terapéutica. Barcelona: Masson.

[13] Rosa Rivero, A., Montero García-Celay, I. y García Lorente M. C. (1993). *El niño con parálisis cerebral: enculturación, desarrollo e intervención.* Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia (C.I.D.E.)

Iberdiscap

Clasificación Pseudo-Online de Tareas Mentales

Alessandro B. Benevides[1], Teodiano F. Bastos[1], Mário Sarcinelli Filho[1],

José Luis Martín[2], Juan Carlos Garcia[2]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia Elétrica/Laboratório de Automação Inteligente: Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória, Espírito Santo, Brasil, Tel. 3335-2661

[2]GEINTRA Group, departamento de Electrónica, Universidad de Alcalá:

Pza. San Diego, Alcalá de Henares, Madrid, España

sandrobotti@gmail.com, teodiano@ele.ufes.br, mario.sarcinelli@ele.ufes.br,

jlmartin@depeca.uah.es, jcarlos@depeca.uah.es

Preprint

Abstract.

This paper presents the classification of three mental tasks, using the electroencephalografic signal and simulating a real-time process. The method proposed in this paper uses feed-forward backpropagation Artificial Neural Networks to recognize the mental tasks, which are the imagination of right or left hand movements and generation of words beginning with the same random letter. The real-time simulation uses the sliding window technique, and the feature extraction uses the Power Spectral Density. A reclassification model is proposed to stabilize the classifier, and the Sammon map is used to visualize the class separation. Finally, it is expected that the proposed method can be implemented in a brain-computer interface associated with a robotic wheelchair.

Palabras clave: Interfaz Cerebro Computador, Redes Neurales Artificiales, Reconocimiento de Patrones, Clasificación en Tiempo Real.

1. Introducción

El grupo de Robótica de Rehabilitación del Laboratorio de Automatización Inteligente de la Universidade Federal do Espírito Santo (UFES/Brasil) está desarrollando una silla de ruedas robótica para personas con discapacidad (Figura 1 - Izquierda), para aplicación de conceptos de Interfaz Hombre Máquina (HMI) e Interfaz Cerebro Computador (ICC). La HMI se aplica a la silla de ruedas robótica con el fin de adaptarla a los usuarios con distintos niveles de discapacidad, con algo de movimiento voluntario. La silla de ruedas robótica se puede controlar por señales eléctricas musculares (electromiograma - EMG) provenientes de parpadeo de los ojos; por señales eléctricas del movimiento del globo ocular (electrooculograma - EOG); y utilizando imágenes obtenidas por una video camera ubicada frente al usuario, para reconocer la posición de cabeza o de ojos. Los movimientos de cabeza también se detectan por acelerómetros ubicados en un gorro o diadema.

La ICC se aplica para adaptar la silla de ruedas a usuarios con la pérdida total de los movimientos voluntarios. La ICC utiliza la actividad eléctrica cerebral (electroencefalograma - EEG) para identificar patrones en la señal de EEG relacionados con la ejecución de tareas mentales. En este contexto se analizaron los métodos de pre-procesamiento, extracción de características y clasificación de ICCs de varios grupos. Por ejemplo, en Jia et al. [1] se filtra la señal entre 10-12 Hz y se utiliza el Análisis por

Discriminante Lineal (LDA); en Liu et al. [2] la señal es filtrada en dos bandas de frecuencias, entre 0-3 Hz y 9-31 Hz, y se utiliza la Descomposición Espacial en Subespacios Comunes (CSSD) y una Red Neuronal Artificial (RNA); en Anderson et al. [3] se filtra la señal entre 8-30 Hz, y se utiliza *Short-Time Principal Component Analysis* (STPCA) para la extracción de características y un clasificador LDA; en Blankertz et al. [4] se utiliza el método *Common Spatial Pattern* (CSP) para la determinación de filtros y un clasificador LDA.

Los tres primeros trabajos citados realizan clasificación pseudo-online de las tareas mentales, es decir, una simulación de clasificación en tiempo real, mientras que el ultimo implementa una ICC realimentada con clasificación online. Estos trabajos no realizan un análisis para la elección de los valores de los parámetros para la clasificación en tiempo-real. Por lo tanto, en este estudio se utilizaran los valores obtenidos en Benevides et al. [5-6] para parámetros como la tasa de muestreo de la señal de EEG, el tamaño y la superposición de las ventanas de tiempo. Para la extracción de características se utiliza la Densidad Espectral de Potencia (PSD), y para la clasificación se utiliza una RNA.

2. Metodología

En este trabajo se utilizaron datos de señales electroencefalográficos proporcionados por José del R. Millán y Silvia Chiappa del Instituto de Investigación IDIAP/Suiza para la BCI Competition III, en junio de 2005. Este conjunto de datos contiene señales de EEG de sujetos normales obtenidos durante 4 sesiones sin realimentación. Las cuatro sesiones de un determinado individuo tienen duración de 4 minutos. El individuo realizó cada tarea mental por aproximadamente 15 segundos y luego se trasladó al azar a otra tarea, a petición del operador. Los datos de EEG no se dividen en ensayos, ya que los individuos han ejercido continuamente cualquier tarea mental. Las señales de EEG se registraron con el sistema Biosemi, utilizando una gorra con 32 electrodos integrados, y ubicados en las posiciones de la norma del Sistema Internacional 10-20 (Figura 1 - Derecha) [7]. La tasa de muestreo fue de 512 Hz. Se obtuvieron señales sin rechazo de artefactos, y ningún filtrado o corrección fue empleado.

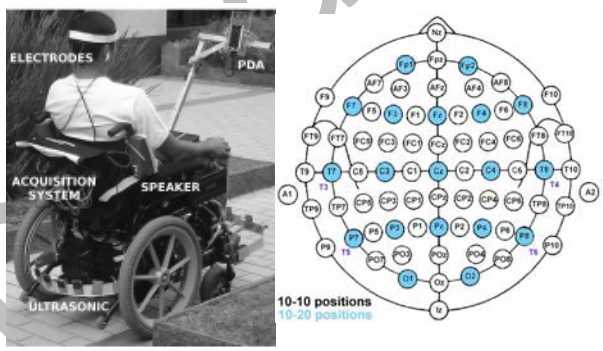


Figura 1. Izquierda: Silla de ruedas robotizada de la UFES/Brasil; Derecha: Sistema Internacional de posicionamiento de electrodos 10-10 e 10-20.

2.1. Características del EEG durante la realización de tareas mentales

La actividad cognitiva inicial responsable por la intención de realizar una tarea motora,sea de imaginación de movimientode un miembro o el movimiento físico del mismo, se produce en la corteza del lóbulo frontal, pre-frontal y parietal. Dicha señal se propaga hacia el estriado y la asa motora, en la base del cerebro, y llega a la corteza motora pasando por el tálamo. En el alza motora, este estímulo suprime el envío de los ritmos marcapasos del tálamo a la corteza motora primaria (M1) para enviar las señales relacionadas con el desempeño de las tareas motoras [8].

De manera similar, los estudios de Pfurtscheller y Lopes [9] muestran que la realización de tareas mentales provoca cambios en la energía de las bandas de frecuencias (8-12 Hz) y (16-25 Hz), observadas en la corteza en reposo. Si el cambio en la energía de las bandas de frecuencias del EEG provoca una disminución de la energía, a eso se le llama Desincronización Relacionada a Eventos (ERD), mientras que el aumento se llama Sincronización Relacionada a Eventos (ERS). El ERD/ERS se observa en el hemisferio cerebral con lateralidad opuesta al miembro imaginado, y eso se debe a la contra lateralidad de los movimientos motores, puesto que el camino de la señal desde M1 hasta los músculosefectivos, llamado tracto piramidal, es cruzado.Todos los axones de las neuronas del tracto piramidal se cruzan, o en la decusacion de las pirámides del bulbo o en la médula [10].

Bianchi et al.[11] utilizó el análisis de la ERD/ERS y la fase de la Densidad Espectral de Potencia (PSD) de la señal de EEG filtrada en el rango y , y confirmó el flujo de activación del área frontal hasta el área central durante la preparación del movimiento. Por lo tanto, en el presente estudio se utilizaron para la clasificación de los patrones mentales los señales de 9 electrodos: F7, Fz, F8, C3, Cz, C4, P7, Pz y P8. Se utilizaron los electrodos C3, Cz y C4 posicionados sobre la corteza motora, los electrodos F7, Fz y F8posicionados en el lóbulo frontal y los electrodos P7, Pz y P8 en el lóbulo parietal, de manera a obtener información de la tarea mental motora que ocurre durante el flujo de activación.

En relación a la tarea mental de generaciónde palabras que comienzan con una misma letra al azar, se sabe que el procesamiento del lenguaje, la comprensión y producción del habla se produce en el área de Broca, mientras que la combinación de la información y la interpretación ocurre en el área de Wernicke (Figura 2 - Izquierda). Dichas señales se miden en el electrodo F7 posicionado en el lóbulo frontal sobre el área de Broca, y P7 posicionado en el lóbulo parietal sobre el área de Wernicke.

2.2. Pre-procesamiento

Las señales de EEG fueron originalmente adquiridas a una frecuencia de muestreo de 512 Hz y para determinar si la señal está sub-muestreada o súper-muestreada, se utilizó el análisis de las Funciones de Auto-correlación Lineal (FAC) y de Auto-correlación no Lineal [12]. Tal como hecho en [5-6], se calcularon ambas las funciones, FAC y FAC no lineal para los 9 electrodos seleccionados en todos los individuos y secciones del presente banco de datos. La señal se he sub-muestreadapara 64Hz.

Para simular la clasificación en tiempo real se tomaron pequeñas ventanas de tiempo con un número fijo de muestras, *S*, de la señal EEG de un dado canal. Las ventanas de tiempo son continuamente desplazadas por una muestra, que es la técnica de ventana deslizante. Así, después de la adquisición de muestras para la primera ventana de tiempo, las ventanas siguientes son desplazadas, y superponen*S-1* muestras (Figura 2 - Derecha). La tasa de clasificación es igual a la tasa de muestreo de la señal, es decir, una nueva clasificación a cada 0,0156 s [5-6].

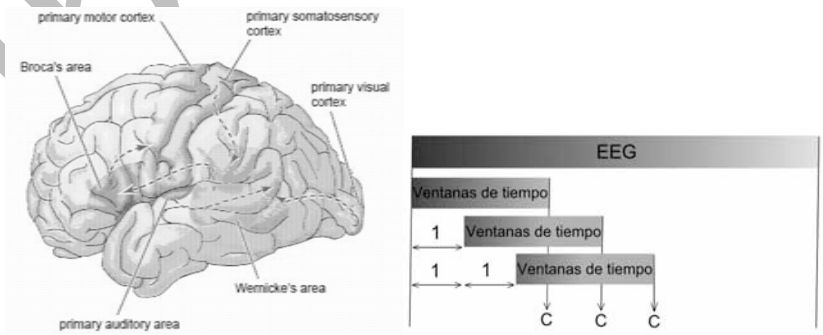


Figura 2. Izquierda: La corteza motora primaria, el área Broca y el área de Wernicke; Derecha:Técnica de la ventana deslizante (C = salida del clasificador)

El tamaño de las ventanas de tiempo debe ser suficiente para contener la mayor parte de la influencia de una muestra en la muestra siguiente y así caracterizar un patrón que pueda ser reconocido por la RNA.Para obtener una estimativa del tamaño de las ventanas de tiempo, en [5-6]se calcularon los coeficientes de la Función de Auto-correlación Parcial (FACP) [13] para las señales de EEG de los 9 canales mencionados, en todas las secciones de todos los individuos, y se obtuvo un tamaño de 58 muestras. Por lo tanto, se utiliza 64 muestras y las ventanas de tiempo tienen duración de 1 s.

2.3. Selección del Número de Neuronas de la Capa Intermedia de la RNA

Se utilizó una red multicapas *feed-forward backpropagation*. Las redes *feed-forward* tienen sus neuronas dispuestas en capas, generalmente dos capas activas. Las neuronas de una capa sólo se conectan con las neuronas de la capa posterior. Por lo general, este tipo de estructura de red tiene tres tipos de capas. La primera es la capa de entrada, que es pasiva, es decir, no tiene neuronas, unicamiente tiene conexiones con las señales de entrada.La segunda capa, también llamada capa oculta tiene un número variable de neuronas, así como la tercera capa, que es la capa de salida. Las neuronas de la misma capa tienen la misma función de activación.La RNA elegida utiliza el algoritmo de aprendizaje *Reglamento Bayesiano*, que es un aprendizaje supervisado con retro-propagación del error [14].

La capa de entrada de la RNA recibe un vector con las muestras de la ventana de tiempo actual de todos los 9 canales procesados para la extracción de características y concatenados. La capa de salida de la RNA posee una neurona que genera una salida binaria relacionada con las clases, y utiliza la función de transferencia de límite duro. El número de neuronas en la capa oculta es una preocupación en la aplicación de redes neuronales. Se utilizó la regla heurística, conocida como la regla de Baum-Haussler, para determinarlos [15]:

$$N_{oculto} \leq \frac{N_{entrenamiento} \cdot E_{tolerancia}}{N_{entrada} + N_{salida}} \tag{1}$$

donde N_{oculto} es el número de neuronas de la capa oculta, $N_{entrenamiento}$ es el número de ejemplos de entrenamiento, $E_{tolerancia}$ es la tolerancia del error, $N_{entrada}$ es el número de muestras del vector de entrada de la RNA, yN_{salida} es el número de neuronas de la capa de salida.

2.4. Extracción de características

Para cada ventana de tiempo, se calculó la Densidad Espectral de Potencia (PSD) de las señales de EEG de los 9 canales. El PSD es la Transformada de Fourier de la función de Auto-Correlación (ACF), $R(\tau)$, de la señal, si la misma puede ser considerada Estacionaria en Sentido Amplio (WSS). La PSD describe como la potencia de la señal está distribuida con relación a la frecuencia, y la potencia puede ser definida como el valor de la señal al cuadrado: $P(t) = S(t)^2$. Así, la PSD es definido como:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) \cdot e^{-2\pi i f \tau} d\tau = F\left[R(\tau)\right] \tag{2}$$

donde la función de auto-correlación es definida como:

$$R(\tau) = E\left[\left(S(t) - \overline{S(t)}\right) \cdot \left(S(t-\tau) - \overline{S(t)}\right)\right] \tag{3}$$

$$\tau = 0, 1, \mathrm{L}\ , N$$

donde E[·] es la esperanza matemática, siendo quela línea arriba indica promedio en relación al tiempo.

Los datos utilizados para el entrenamiento y validación de la RNA son las señales de EEG de 3 sesiones del banco de datos. Se utilizaron dos sesiones para el entrenamiento, es decir, 66.67% del banco de datos, y una sesión para la validación, es decir, 33.33% del banco de datos. Los ensayos presentes en las dos

Iberdiscap

sesiones utilizadas para el entrenamiento han sido separadas, agrupadas en su respectiva clase y concatenadas. Se usó aproximadamente el mismo número de ejemplos para representar a cada clase y, por lo tanto, todos los eventos son equiprobables a priori, lo que impide un sesgo de clasificación por la red.

Los datos de entrenamiento sonfiltrados entre 1 y 30 Hz, y en seguida se aplica la PSD, siendo que las características son normalizadas en el intervalo [-1 1].La normalización es necesaria,pues se utilizó la función de transferencia tangentesigmoidea como función de activación de las neuronas en la capa-culta, siendo que el dominio de esta función se limita al referido rango.Por último, los datos de entrenamiento fueron mezclados al azar.

Los datos de validación sonfiltrados entre 1 y 30 Hz, se aplica la PSD y las características son normalizadas, pero no son mezcladas al azar, por lo tanto, mantienen el orden temporal en que fueran adquiridas, permitiendo la simulación de clasificación en tiempo real. Los procesos de filtraje y normalización de las señales de EEG utilizados en las etapas de entrenamiento y validación son realizados en pequeñas ventanas de señal, de acuerdo con los parámetros calculados para la técnica de ventana deslizante.

Para visualizar la clasificación del PSD, se agrupan los datos en cada clase y estos son observados en una representación de baja dimensionalidad. Para agrupar los datos fue utilizado el algoritmo k-means [16] para obtener 20 centroides por clase. A continuación, se realiza el mapeo Sammon [17] para obtener la visualización de baja dimensión. La figura 3 muestra la separación de clases del ensayo utilizado en la validación de la RNA. La figura de la izquierda muestra la señal de EEG no procesada y la figura de la derecha muestra la señal procesada por el PSD donde se observa una mayor separación de clases, principalmente para la tarea mental de generación de palabras.

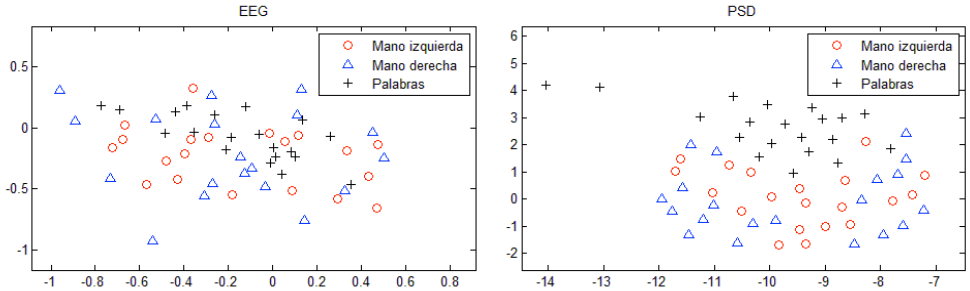


Figura 3. Izquierda: Visualización de baja dimensión de la separación de clases; Derecha: Visualización de baja dimensión de la separación de clases utilizando la señal de EEG procesada por el PSD.

3. Resultados y discusión

La Figura 4 (superior) muestra la salida de la RNA, obtenida en la misma tasa de muestreo de la señal sub-muestreada, donde la tasa de acierto fue 67.66±1.4%. La clase real es la línea punteada y la clase predicha por el clasificador es la línea continua; se puede notar que la misma es muy ruidosa. En dicha Figura, la clase 1 corresponde a una tarea de imaginación de movimiento de la mano izquierda; la clase 2 corresponde a la misma tarea para la mano derecha y la clase 3 corresponde a tarea mental de generación de palabras que comienzan con una misma letra al azar.

se ha desarrollado un método para estabilizar las clasificaciones. Fueron tomadas ventanas de clasificación que se comportan como ventanas de tiempo, y realizan una reclasificación de los datos. Dichas ventanas son continuamente desplazadas a cada clasificación, dando lugar a una clasificación con la misma velocidad de muestreo de la señal. La nueva salida del clasificador será la clase con mayor peso en la presente ventana de clasificación. El peso de cada muestra se le asigna en relación con el tamaño del subgrupo que pertenece la muestraen la ventana de clasificación. Las muestras vecinas que forman

subgrupos de misma clase tienen su peso dado por 3 elevado al tamaño del grupo, penalizando, de esta forma, las muestras eventuales, aisladas o que forman pequeños subgrupos, entrelas varias clasificaciones idénticas, lo que sería un ruido en la clasificación.

Se varió el tamaño de las ventanas de clasificación de 1 a 320 muestras, lo que representa tener en cuenta las calificaciones de hasta 5 s antes. La Figura 4 (inferior) muestra la reclasificación estabilizada de la señal utilizando el tamaño de ventana de clasificación que obtuvo el mejor resultado, que fue 94.57±0.72% de tasa de acierto con ventanas de clasificación de 2.2 s, y se puede notar una disminución importante en el ruido en la clasificación.

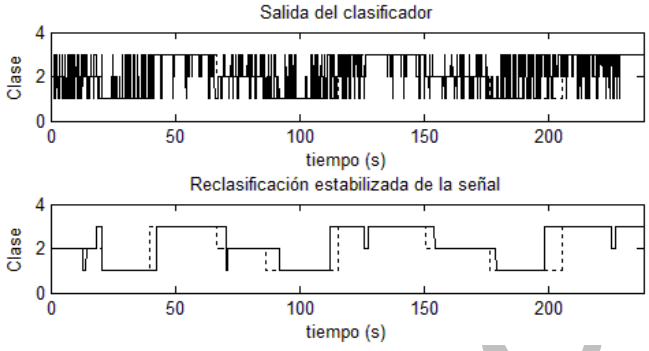


Figura 4. Superior: Salida del clasificador; Inferior:Reclasificación estabilizada de la señal.

En la Tabla 1 se muestra la matriz de confusión. Cada fila de la matriz representa las instancias de la predicción de una clase, mientras que cada columna representa las instancias de clase real. Así, es fácil saber si el sistema confunde dos clases. Como se puede verificar en la Tabla 1, para todos los resultados obtenidos, la clasificación correcta es siempre más alta que la confusión con otras clases.

Tabla 1. Matriz de confusión.

Clase	**1**	**2**	**3**
1	934	34	49
2	123	875	59
3	175	156	1404

4. Conclusiones

En este trabajo se realizó una clasificación pseudo-online, es decir, una simulación de clasificación en tiempo real. Se utilizaron datos obtenidos de trabajos anteriores para los parámetros de simulación de tiempo real, el método PSD para la extracción de características, el mapa de Sammon para la visualización de la separación de clases, una RNA para realizar la clasificación, y el método propuesto para estabilizar las clasificaciones. La aplicación de dichos métodos ha dado lugar a un clasificador capaz de identificar las 3 clases con obtención de 94.57±0.72% de acierto. Por último, se concluye que la tasa de acierto, la estabilidad de la señal del clasificador y su velocidad de clasificación posibilitan su aplicación en ICCs asociadas a dispositivos robóticos, tal como una silla de ruedas robótica, cuyo control se efectuará en tiempo real.

Iberoist

Como trabajo futuro se sugiere la aplicación de diferentes tipos de clasificadores asociados con los métodos descritos en este estudio. En lugar de RNA se podría utilizar los métodos Support Vector Machine (SVM), Análisis por Discriminante Regularizado (RDA) o Sparse Fisher Discriminant (SFD).

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a CAPES y MECD-DGU por permitir la realización de un intercambio de un año de estudios en el Proyecto Conjunto "EINTA"(Projeto 150/07) entre la Universidade Federal do Espírito Santo (Brasil) y la Universidad de Acalá (España).

Referencias

[1] Jia, W; Zhao, X; Liu, H; Gao, X; Gao, S e Yang, F. Classification of Single Trial EEG during Motor Imagery based on ERD. *Proceedings of the 26th Annual Internacional Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp.5-8, 2004.

[2] Liu, B; Wang, M; Li, T e Liu, Z. Identification and Classification for finger movement based on EEG. *Proceedings of the 27th Annual Internacional Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp.5408-5411, 2005.

[3] Anderson, C. W; Knight, J. N; Kirby, J. M e Hundley, D. G. Classification of Time-Embedded EEG using short-time principal component analysis. In: Dornhege, G; Millán, J. M; Hinterberger, T; McFarland, D. J and Müller, K. R., eds. 2007. *Toward Brain-Computer Interfacing*. Cambridge: The MIT Press, pp.261-278, 2007.

[4] Blankertz, B; Dornhege G; Lemm S; Krauledat, M; Curio, G e Müller, K. R. The Berlim Brain-Computer Interface: Machine Learning Based Detection of User Specific Brain States. In: Dornhege, G; Millán, J. M; Hinterberger, T; McFarland, D. J and Müller, K. R., eds. 2007. *Toward Brain-Computer Interfacing*. Cambridge: The MIT Press, pp.85-102, 2007.

[5] Benevides, A. B; Bastos, T. F. y Garcia, J. C. Classificação de Tarefas Mentais em Tempo Real para Aplicação de Controle de Dispositivos Robóticos. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Automática, pp.6, 2010.

[6] Benevides, A. B; Bastos, T. F. y Sarcinelli, M. Selección de Parámetros para Clasificación de Tareas Mentales en Tiempo Real. Memorias del Simposio CEA de Bioingeniería 2010, pp.7, 2010.

[7] Böcker, K. B. E., Avermaete, van, J. A. G. y Berglenssen, van den, M. M. C. The International 10-20 System Revised: Cartesian ans Spherical Coordinates. Brain Topogr. Vol. 6, pp. 231-235, 1994.

[8] Bear, M. F.; Connors, B. W. y Paradiso, M. A. Neurociências: Desvendando o Sistema Nervoso. 3ª ed. São Paulo: Artmed® S. A., 2008.

[9] Pfurtscheller, G. y Lopes da Silva, F. H. Event-Related EEG/MEG Synchronization and Desynchronization: Basic Principles. Elsevier, Clinical Neurophysiology, Vol. 110, pp. 1842-1857, 1999.

[10] Guyton, A. C. y Hall, J. E. Textbook of Medical Physiology. 11ª Ed. Philadelphia: Editora, 2006

[11] Bianchi, A. M; Leocani, L; Mainardi, L. T; Comi, G y Cerutti, S. Time-Frequency Analysis of Event-Related Brain Potencials. Proceedings of the 20th Annual Internacional Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Vol 20, no.3, pp.1486-1489, 1998.

[12] Aguirre, L. A. A Nonlinear Correlation Function for Selecting the Delay Time in Dynamical Reconstructions. Physics Letters A. Vol. 203, pp. 88-94, 1995.

[13] Lin, F; Huo, X. Y; Gregor, S y Irons, R. Times Series Forecasting with Neural Networks. Complexity Internacional, Vol. 2, 1995.

[14] Demuth, H. y Beale, M. Neural Network Toolbox. The MathWorks Inc. 2000, chapter 5: Backpropagation.

[15] Baum, E. B y Haussler D. What size net gives valid generalization?. Neural Computation. Vol. 1, pp. 151-160,1988.

Iberdiscap

[16] Duda, R. O; Hart, P. E y Stork, D. G. Pattern Classification, 2rd ed. United States: John Wiley & Sons Inc. 2000, chapter 10: Unsupervised Learning and Clustering, pp.13-16.

[17] Sammon, J. W. A Nonlinear Mapping for Data Structure Analysis. IEEE Transactions on Computers, C-18 (5), pp. 401-409, 1969.

Iberdiscap

Iberdiscap

Jogo Computacional para Avaliação das Estruturas Operatórias em Adolescentes com Síndrome de Down

D. Vogel[1], F.C. Amate[1,2]

[1]Universidade de Mogi das Cruzes/Núcleo de Pesquisas Tecnológicas: Av. Dr. Cândido Xavier de Almeida e Souza n200, Mogi das Cruzes, Brasil, Tel. +55-11-4798-7000, Fax +55-11-4799-5233,

[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo/Departamento de Informática:Av. Francisco Samuel Lucchesi Filho n770, Bragança Paulista, Brasil, Tel. +55-11-4035-8300

psicode1@bol.com.br , flavio.amate@umc.br

ibergaucap

Resumo

Nesta pesquisa desenvolveu-se um jogo computacional em *Flash* para adolescentes com síndrome de Down, que apresentam deficiência intelectual leve ou moderada, para avaliar as funções cognitivas de seriação e inclusão de classes baseadas na teoria de Jean Piaget. O jogo é ambientado em uma cozinha onde o avaliado ajuda o personagem principal na realização de tarefas. Após o termino das atividades é gerado um relatório com a análise das estruturas operatórias demonstradas. Para avaliar a eficácia do jogo, os sujeitos passaram pela avaliação das provas operatórias e em seguida jogavam o jogo. Foram feitos dois pilotos e depois foram feitas as aplicações com 13 adolescentes com síndrome de Down. A análise mostrou que o método minimiza a subjetividade e a manipulação do material, houve maior interesse pela contextualização das provas e necessitou de menor tempo para realização do relatório o qual no jogo é produzido imediatamente.

Palavras-chave: Jogo Computacional; Provas Operatórias; Síndrome de Down.

1. Introdução e conteudos

A síndrome de Down (SD) é relacionada à trissomia do cromossomo 21 que [1], pode ocorrer no espermatozóide, no óvulo ou durante a divisão celular após a fertilização.

Os indivíduos com SD apresentam algumas características clássicas como: hipotonia, patologias cardíacas, disfunções na tireóide, deficiência mental entre outras.

As pessoas com deficiência mental são definidas como indivíduos que têm o desenvolvimento global atrasado e podem ser nomeadas como leve, moderada, severa e profunda a partir do grau [2] e [3].

Os indivíduos com deficiência, geralmente são expostos à inúmeras avaliações, que são repetitivas afim de verificar a evolução, às vezes cansativas causando desistências e exaustão.

O jogo computacional “O trapalhão”, é baseado nas provas operatórias de seriação e inclusão de classes, baseadas na teoria de Jean Piaget e se propõe a avaliar as estruturas operatórias que estas provas visam analisar, objetivando facilitar a aplicabilidade. Os jogos computacionais tem grande valia nos diagnósticos

psicológicos, psicopedagógicos, fonoaudiológicos entre outros, pois não necessitam de grandes espaços, são atrativos para as novas gerações, demandando menor tempo de aplicação e interpretação.

Ademais, a aplicação das provas, conforme a literatura exige "uma formação teórica e experimental muito avançada por parte do experienciador (...). Paralela à experimentação e ao interrogatório da criança, deve-se fazer uma análise interpretativa das condutas" [4], ou seja há a utilização da subjetividade pelo aplicador, podendo influenciar na avaliação final.

Jean Piaget biólogo suíço, buscou entender a forma que o indivíduo conhece aquilo que conhece. Utilizando como base desta busca a biologia e a estrutura do que se chama epistemologia genética. Para [5], "se os problemas biológicos e epistemológicos são realmente solidários, é que o conhecimento prolonga efetivamente a própria vida".

Através das provas operatórias é possível determinar o grau de aquisição de algumas das principais noções do desenvolvimento cognitivo, e através delas detectar os níveis de estrutura cognitiva que o indivíduo avaliado é capaz de operar [6].

Desta forma, o presente trabalho apresenta um novo método de avaliação das estruturas operatórias através de um jogo virtual para adolescentes com SD que apresentam deficiência mental leve ou moderada.

2. Metodologia

2.1. Voluntários

A pesquisa foi dividida em duas fases. Na primeira foram realizados dois pilotos, para levantar falhas no jogo, já a segunda fase foram aplicadas as avaliações em 13 adolescentes com SD.

As aplicações das avaliações ocorreram dentro de uma escola especial, na sala de música.

Para minimizar a interferência dos estímulos, a mesa utilizada, foi colocada encostada na parede e tanto o aplicador como o participante ficaram de costas a porta, a qual se manteve fechada durante a aplicação.

2.2 Desenvolvimento do Jogo

O jogo foi desenvolvido através do *Flash* que permite a criação de jogos, animações mais atraentes do que outras tecnologias tradicionais [6] além dos arquivos serem relativamente pequenos, tornando mais simples sua usabilidade.

O jogo apresenta o resultado final em um relatório com uma análise sobre as noções operatórias utilizadas pelo jogador através dos comportamentos apresentados durante sua execução. Para gerar este relatório foi utilizada a linguagem PHP e um banco de dados em Mysql, disponíveis através da aplicação WAMP, que integra o servidor web, Apache, Mysql e PHP.

2.3 Avaliação

Cada prova operatória foi representada por pelo menos três tarefas correlacionadas, que quando integradas, indicam o nível das noções cognitivas que o sujeito operou no momento do jogo.

Para facilitar a identificação ao jogo, "O Trapalhão", possui um enredo familiar para a maioria daqueles que o jogam. Essas características tem por objetivo facilitar a identificação do indivíduo tornando os resultados mais fidedignos, aproximando-os de atitudes que teriam em seu dia a dia.

Iberdiscap

uas etapas. A Primeira etapa foi realizada através da rovas operatórias de seriação e de inclusão de classes lor fez a aplicação do jogo virtual.

ada aplicação que foi comparada com a aplicação virtual

Na abertura do jogo, o personagem entra em uma cozinha, Figura 1. O jogador deve retirar uma garrafa da prateleira e todas caem. O adolescente deve colocá-las em ordem para a avaliação da seriação.

Figura 1. Fase de avaliação da seriação. O personagem encontra as garrafas desordenadas e deve organizá-las.

Após o jogador arrumá-las, elas caem novamente e devem ser reordenadas, porém a ordem final na prateleira não é vista pelo jogador. Na última etapa da seriação o jogador encontra uma garrafa no chão e deve inseri-la na ordem já exposta, Figura 2.

da avaliação da seriação.

se o jogador sabe conceituar o termo “roupas”. Deve-
bjetos. Caso não consiga, encerra-se a avaliação pela
e jogo.

Figura 3. Fase de avaliação da inclusão de classes.

Após a etapa inicial, o jogador deve responder uma série de perguntas para verificar se possui a noção de inclusão de classes. Na Figura 4 é apresentada uma das perguntas para avaliação.

Figura 4. Fase de avaliação da inclusão de classes.

3. Resultados e discução

Após as aplicações feita com os 13 adolescentes com SD, comparou-se os relatórios gerados pela psicóloga a partir da sua avaliação e o relatório gerado pelo jogo, além dos relatórios de observação do pesquisador e da psicóloga. Observou-se como mostra o gráfico da figura 5, que participantes impossibilitados de serem avaliados em relação à seriação, apesar de resultar em não ter a noção,na avaliação virtual foi possível, onde cerca de 15% dos participantes não se beneficiariam com a aplicação não virtual se beneficiaram com o jogo, já a figura 6 demonstra a possibilidade de utilização do jogo como instrumento de avaliação, já que os resultados entre os relatórios demonstraram-se equiparados.

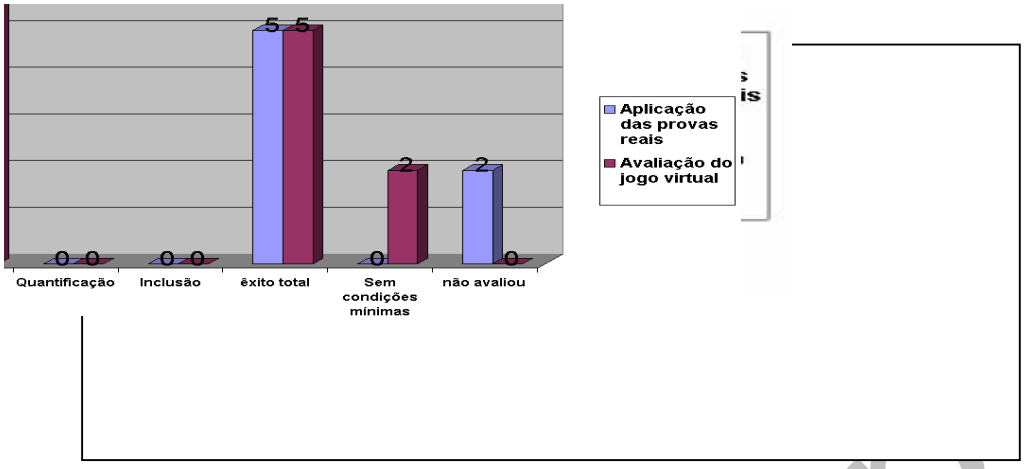


Figura 5. Comparação das aplicações para a avaliação da seriação

Figura 6.. Comparação das aplicações para a avaliação da inclusão e classes.

A partir dos relatórios de observação conforme o gráfico da Figura 7, é nítida a diferença entre o interesse ao jogo virtual em relação à aplicação não virtual.

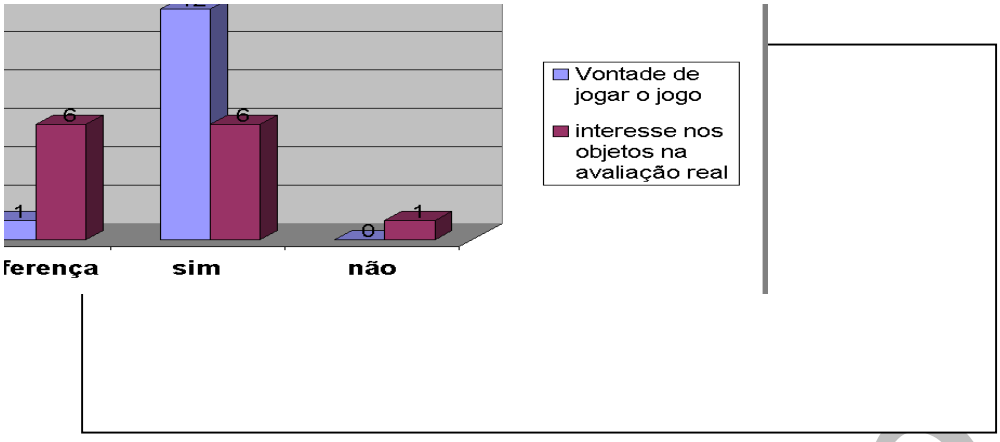


Figura 7. Comparação entre o interesse dos participantes.

4. Conclusão e trabalhos futuros

A partir da aplicação das avaliações e após a realização dos relatórios, das tabulações dos dados e da geração dos gráficos foi possível levantar que durante a aplicação os avaliados não se sentiram testados, tiveram grande interesse pelo jogo, minimizou a interferência da manipulação do material, e facilitou a identificação a partir da contextualização do jogo e a identificação com o personagem.

É importante frisar, que este jogo não tem por objetivo discriminar nenhum indivíduo, demonstrando sua idade mental; nem ser o único instrumento diagnóstico, mas sim, de ser mais um instrumento para auxiliar um diagnostico completo.

Esta interface para a avaliação foi bem aceita e demonstrou possibilidade de ser utilizada para fim avaliativo, contudo há a necessidade de padronizá-lo para a população que se deseja avaliar.

Referências

[1]S. Pueschel, “Síndrome de Down: Guia prático para pais e educadores”. 12 ed. Campinas: Papirus, 1990.

[2]M. Ardore; M. Regem; V.M.B. Hoffmann, “Eu tenho um Irmão Deficiente...Vamos Conversar sobre isto?”, São Paulo: Paulinas, 1988.

[3]D.E. Raiça and M.I.B Oliveira. “Educação especial do deficiente mental”, São Paulo: EPU, 1990.

[4] J.J.C.M. Donell, “Provas de diagnóstico operatório: manual”. Curitiba: Centro de Informática Psicopedagógica, 1994.

[5] J. Piaget, “Introducción a la epistemologia genética”, 3 vol., Buenos Aires: Paidós, 1975.

[6]M. Jorge, “Macromedia Flash Mx 2004”, São Paulo: Pearson Makron Books, 2004.

Iberdiscap

Ambiente de aprendizaje lúdico basado en robots móviles como medio terapéutico para niños con discapacidad, en VIH y en situación deinstitucionalización

Lalo Reyes[1], Eduardo Caicedo[1], Carolina Patiño[1], Milena Jiménez[1].

1Universidad del Valle/ Grupo de Percepción y Sistemas Inteligentes, Ciudad Universitaria Meléndez Calle 13 No 100-00, Santiago de Cali, Colombia. Tel. PBX +57 2 3212100 A.A. 25360.

lalowilderman@gmail.com, ecaicedo@correounivalle.edu.co, rocapati146@hotmail.com,milly_he@hotmail.com.

Resumen.

En este trabajo se diseño el ambiente lúdico de aprendizaje basado en robots móviles ALMA-R, el cual permitió demostrar como un robot móvil podía constituirse en un medio terapéutico valido, en procesos de rehabilitación de población infantil con discapacidad, en VIH y en situación de institucionalización. Este ambiente esta integrado por un conjunto de actividades, que asociadas a robots móviles permite desarrollar determinados objetivos terapéuticos. El desarrollo de este ambiente se dio gracias a la participación de niños y niñas pertenecientes a Fundamor, fundación ubicada en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia, dedicada desde hace13 años al trabajo con niños y niñas portadores del VIH Sida.

Palabras clave- Robótica, Discapacidad, VIH, Rehabilitación, terapia Ocupacional.

1. Introducción.

La implementación de un robot móvil con características como ser llamativo a los niños, de fácil reconfiguración en su hardware y en su software, permite que sea tomado como medio terapéutico, teniendo en cuenta el juego como la principal actividad en los niños y su principal motivación en esta etapa de desarrollo. Aspectos como los anteriores permiten considerar que el robot móvil es valido en procesos de rehabilitación para niños con discapacidad motora y cognitiva, en situación de institucionalización y afectados por el VIH/SIDA, en un ambiente de de-privación ambiental, con carencias afectivas y emocionales, que afectan tanto su desempeño ocupacional, como su adherencia al tratamiento. De esta manera el robot se convierte en una herramienta vital que permite la motivación del niño para que participe en la terapia y su modelo flexible, permite programarlo y reconfigurarlo para alcanzar diferentes objetivos terapéuticos tanto del área cognitiva (procesos matemáticos, atención, concentración, memoria, comprensión, resolución de problemas), como motores (realizar un patrón de marcha adecuado, ejercicios de coordinación motora, desplazamientos en parapléjicos, entre otros) y de comportamiento (autoestima, creencia de habilidades, seguimiento de instrucciones, respeto por la norma, etc.).

En robótica se han desarrollado trabajos en el área de rehabilitación como sillas de ruedas, y prótesis de miembros inteligentes, entre otros, sin embargo en Colombia no existe un trabajo tomando los robots móviles como medio terapéutico para niños con estas características y trabajando las dimensiones motora, cognitiva y emocional al mismo tiempo, a través del de MOHO de Terapia Ocupacional, el cual se basa en tres principios: la Volición, que son los intereses del paciente, en esta caso de los niños (el juego y ver un objeto extraño y llamativo para ellos), Habituación, referido a los hábitos que los niños adoptan

Iberdiscap

(aprendizajes para su vida cotidiana) y la Ejecución (entendida como la puesta en práctica de la habilidad adquirida ó desempeño de las actividades [1-6].

2. Metodología.

El ambiente lúdico debe entenderse como un espacio flexible que permite al individuo adquirir habilidades y potencializar las que ya posee [7]; sin embargo cuando se trabaja con población infantil en situación de discapacidad, se busca desarrollar un trabajo en ambas, dependiendo de la situación específica de cada niño, realizando un análisis del sujeto, sus necesidades y los objetivos terapéuticos que se quieren desarrollar. De esta forma teniendo un modelo de robot llamativo y flexible en su reconfiguración software y hardware, podemos programar actividades interesantes para los niños, que trabajen conceptos, desarrollo

Figura 1. Actividad "Identifica Colores"

de habilidades, modificación de comportamientos, entre otros, ejemplos de estas son:

Actividad "Identifica Colores":

Esta actividad (figura 1) consiste en que el niño o niña que la realiza, logre detener el robot cuando este último se encuentre posicionado frente al color indicado por el terapeuta. Las marcas de colores estarán dispuestas en línea recta y de manera consecutiva con una distancia de separación predeterminada; de igual forma el robot deberá avanzar en línea recta y de forma paralela a la horizontal conformada por las maracas de colores. El niño o niña deberá detener el robot a través de la acción que determine el terapeuta, siempre y cuando esta conlleve a la emisión de un sonido (ejemplo de estas acciones lo constituye un aplauso, la pronunciación de una palabra, un grito, el sonido producido por un pito, o el efectuado con objetos como instrumentos musicales entre muchos otros).

Actividad "Aprende a Multiplicar con ayuda Del robot".

En esta actividad el niño o niña participante deberá de detener al robot en los múltiplos dedeterminado número indicado previamente por el terapeuta. Los números deberán estar marcados sobre el suelo o superficie sobre la cual se desplazara el robot, bien sea de forma rectilínea o curvilínea pero siemprey

Iberdiscap

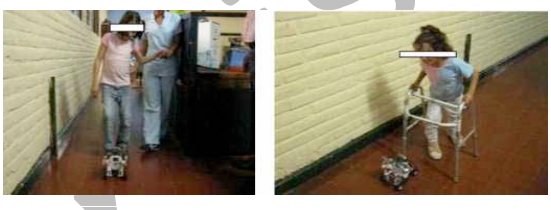
Figura 2. Actividad "Aprende a multiplicar con ayuda del robot"

Figura 3. Actividad "Camina con ayuda del robot"

cuando estén de forma consecutiva. En esta actividad el niño o niña podrá detener al robot, según lo determine el terapeuta, emitiendo un sonido producto de una instrucción verbal o de un aplauso. El robot al percibir el sonido emitido por el niño(a) deberá detenerse por un corto instante de tiempo para luego continuar su proceso de marcha a la espera de una siguiente orden de detención. En la Figura 2 se observan dos imágenes correspondientes a esta actividad.

Actividad "Camina con ayuda del robot":

En esta actividad el niño(a) participante deberá seguir el recorrido desarrollado por el robot, teniendo como meta el lograr alcanzar al último antes de que finaliza el recorrido. Para esta actividad el robot estará inicialmente por delante de la posición del niño(a); una vez iniciada la actividad el niño(a) deberá seguir al robot en las condiciones que indique el terapeuta (posición erguida, sin apoyo, con apoyo, utilizando miembros superiores, inferiores etc.). La figura 3 muestra imágenes correspondientes a la actividad.



Actividad "Toma el objeto con ayuda del robot":

Esta actividad consiste en que el niño(a) deberá tomar un objeto posicionado sobre una mesa mediante la activación de un brazo robótico. Para esto el niño(a) deberá pulsar un sensor que indicara al robot que debe cerrar las pinzas ubicadas en su extremo para poder tomar un objeto; el robot deberá subir y bajar continuamente, a baja velocidad, desde un mismo punto inicial y hacia un mismo punto final, con el fin de que las condiciones iníciales se mantengan durante todos los intentos que el niño(a) deba hacer. En la figura 4 se observan imágenes correspondientes a la actividad.

Iberoscap

Figura 4. Actividad "Toma el objeto con ayuda delrobot"

Los objetivos terapéuticos que se tuvieron en cuenta según las características específicas de la población objetivo fueron entre otros los siguientes:

- Promover la comprensión de instrucciones con objeto presente.
- Favorecer la respuesta acorde al contexto y la actividad.
- Reforzar el concepto de color y la diferenciación de los mismos.
- Coordinación Visuo-motora.
- El robot como medio terapéutico.
- Trabajar el concepto de las tablas de multiplicar.
- Tolerar la frustración que pueda generar el ejercicio al no ser ejecutado de forma apropiada.

De esta forma favorecemos el desempeño ocupacional de los niños [8], en actividades de la vida diaria y escolares como: el desarrollo de competencias matemáticas aplicadas a resolución de problemas, autoestima, favoreciendo la creatividad, iniciativa, manejo de emociones, participación con pares en ambientes de juego, entre otros.

En esencia el ambiente Alma-R, está conformado por un conjunto de actividades y un grupo de robots móviles asociados a estas.

Con respecto a las actividades planteadas para conseguir estos objetivos, se debe mencionar que ellas se diseñaron pensando en la aceptación por parte de la población, es decir que resultaran agradables y motivadoras pero sin olvidar el objetivo terapéutico perseguido. Por otra parte se tuvo en cuenta posibles variaciones que son aplicables a criterio del terapeuta según la necesidad del niño, el contexto y la actividad que se quiere alcanzar, ajustando rapidez, tipos de movimiento, variación de parámetros del programa del robot, re-calibración del umbral de los sensores y redefinición de umbrales. Por ejemplo una niña que tiene dificultades en modificar su patrón de marcha al presentar una paraparesia espástica, debe seguir el robot caminado, al estar su atención centrada en el, se olvida de el dolor que presenta al no dejar torcer las piernas, de esta forma el robot se convierte en su motivación (volición) y en la medida que lo logre, se puede modificar el ritmo de ejecución de la marcha (el robot corre mas rápido).

Robots de Alma-R:

En robótica móvil se distinguen arquitecturas de control como las deliberativas, las reactivas, las hibridas (combinación de reactiva y deliberativa) y las basadas en comportamientos [9]. De ellas se escogió la arquitectura de control reactiva, entre otras razones por características como modularidad, rápida respuesta en ambientes dinámicos. Además debe tenerse en cuenta que las arquitecturas de control como las deliberativas o las basadas en comportamientos resultarían más complejas para la implementación por parte de una persona ajena a la ingeniería (terapeuta), debido a la necesidad de la incorporación de planes de navegación y sistemas realimentados.

Inerdiscap

Desde el punto de vista de la estructura de los robots móviles implementados en Alma-R, se utilizó la configuración diferencial rueda- libre, debido a que los requerimientos de desplazamiento de los robots se pueden satisfacer con esta configuración (giros, retornos, avance, reversa).

Un elemento que pareciera sutil en otro contexto, es la apariencia externa de los robots, sin embargo el trabajo con la población objetivo aquí presentada involucro un gran esfuerzo en este aspecto ya que los robots debían de resultar llamativos, amistosos y a la vez conservar su funcionalidad. Para lograr esto se adiciono a los robos construidos con la plataforma de robótica educativa Lego NXT piezas pertenecientes a la plataforma Lego RCX, debido a que estas últimas se caracterizan por tener formas y colores que resultan llamativos para la población infantil.

Todas las características mencionadas anteriormente sobre los robots utilizados en el ambiente lúdico de aprendizaje, fueron pensadas teniendo en cuenta que los robots empleados debían de ser fácilmente repetibles y re-configurables, pensando en futuras modificaciones y/o aportes de terceros al desarrollo del proyecto; pero en especial debían de contar con la posibilidad de que desde el punto de vista de construcción y de programación resultase abierta al uso por parte de profesionales de otras áreas diferentes a la ingeniería como lo son la médica y la terapéutica.

3. Resultados y Discusión.

La siguiente es la descripción de algunos de los niños que participaron del ambiente Alma-R:

Paciente 1: (sexo: femenino, edad: 7 años).

Es una niña con unas secuelas físicas resultado de un daño neurológico, que le ocasionó paraparesia espástica asociada a un hipertono muscular (músculos rígidos) y un alto déficit cognitivo. El hecho de poseer un hipertono muscular (rigidez en los músculos de los miembros inferiores), hace que necesite ayuda de un caminador para poder apoyarse y tratar de mantener un patrón de marcha adecuado. No acepta su discapacidad, su estado emocional se encuentra afectado evidenciándose en sus comportamientos de rebeldía, no control de esfínteres, baja tolerancia a la frustración, etc.

Paciente 2: (sexo: femenino, edad: 11 años).

Es una niña con una secuela de lesión neurológica (parálisis cerebral), que le ocasiono un daño únicamente a nivel motor, paraparesia espástica. Su discapacidad la ha afectado mucho a nivel emocional, rechazando su tratamiento médico con especialistas y terapeutas. Sin embargo se ha logrado que tome conciencia de su tratamiento y asista a las terapias.

Paciente 3: (sexo: femenino, edad: 7 años).

Es una niña que llego a la fundación a los 9 meses de nacida en etapa SIDA y en un delicado estado de salud, del cual se recupero. Sin embargo luego de un arduo trabajo por parte del equipo terapéutico empezó a mover algunas extremidades e incluso llego a caminar. Desafortunadamente sufrió un paro respiratorio que le causo un daño neurológico severo, el cual a su vez repercutió causándole una cuadriplejia que no le permitirá volver a caminar de por vida. Su situación de discapacidad se hace evidente al inicialmente no poder sostener tronco ni cabeza, y al no poder mantener el equilibrio cuando trata de aplaudir. Sicológicamente su problema neurológico se ve manifestado en un temor continuo incluso frente a elementos que en la mayoría de los niños y niñas despierta confianza como lo son los títeres.

A continuación se presenta la descripción inicial de los casos entregada por la terapeuta de la fundación:

liberdiscap

Paciente 1: Debido al estado de sus músculos no presenta motivación para asistir a las terapias debido en gran medida a que los ejercicios de estiramiento realizadas durante la misma le resultan dolorosos. Maneja una bajo nivel de tolerancia a la frustración; por otra parte no debido a su parapesia no logra conservar un patrón de marcha recto.

Paciente 2: su dificultad se presenta a nivel motor, dificultándole tener un correcto patrón de marcha; por otra parte presenta renuencia a recibir tratamiento terapéutico.

Paciente 3: padece cuadriplejia, lo que limita severamente su movilidad, además presenta bajo nivel de tolerancia a la frustración lo que se convierte en una barrera en el momento de desarrollar el tratamiento.

Para poder establecer que impacto tendría el ambiente Alma-R en cada uno de los casos, se hizo una valoración de cada uno de estos después de su participación en el mismo.

Paciente 1: a lo largo de las sesiones se ha notado una mejora en el nivel de interés de la paciente por participar de las sesiones de terapia en la medida que se le indica, que esta se llevara a cabo usando como medio terapéutico el robot; adicionalmente se destaca que de los aspectos que la paciente debe trabajar a lo largo de sus terapias, es el de corrección de patrón de marcha el que más se ha visto fortalecido durante la realización de las terapias y concretamente de la actividad número tres del ambiente lúdico.

Paciente 2: el trabajo a través de cada una de las actividades del ambiente lúdico ha permitido que la paciente quien inicialmente realizaba el seguimiento al robot con ayuda de barras paralelas o de acompañante, ahora intente hacerlo sin necesidad de estos apoyos. Además ha servido de referente durante las terapias para sus compañeras más pequeñas, lo que ha fortalecido su autoconfianza, que también es precisamente uno de los objetivos del proceso de terapia.

Paciente 3: uno de los aspectos a trabajar en la paciente desde lo cognitivo que más llama la atención es el de tolerancia a la frustración, ya que en las primeras sesiones era mínimo, pero con el paso de las mismas fue aumentando en la medida que sus compañeras le servían de referente para la realización de las actividades del ambiente lúdico. Por otra parte desde el aspecto de motricidad se puede mencionar que se observó un fortalecimiento de los miembros superiores debido a que durante las terapias los uso como mecanismo de apoyo y de traslación para la realización de las actividades.

4. Conclusiones y Trabajos Futuros.

Este trabajo permitió verificar que los robots móviles pueden constituirse en medios terapéuticos validos para procesos de rehabilitación.

La plataforma Lego Mindstorms NXT, posee características, que la hacen más apropiada, que otras plataformas de robótica educativa (Bioloid, Vex, Ollo, etc.) para el trabajo en las actividades terapéuticas del ambiente Alma-R.

Una misma arquitectura de robot móvil (por ejemplo la diferencial rueda libre), sirve para trabajar diferentes objetivos terapéuticos.

Los robots que hacen parte del ambiente Alma-R son fácilmente reconfigurables y reprogramables por personal del área terapéutica (sin conocimientos avanzados de programación), debido a las características de las piezas empleadas y al nivel de transparencia para el usuario del lenguaje de programación.

Iberdiscap

La delimitación de la población objetivo a tipos específicos de discapacidad, es una acción que contribuiría a estructurar más a Alma-R.

Este trabajo permite el desarrollo de una herramienta con unos costos de implementación relativamente bajos, lo que también la hace de fácil replicación en instituciones de países Iberoamericanos

Integrar desarrollos a Alma-R, que el Grupo PSI (Percepción y Sistemas Inteligentes) de la Universidad del Valle, ha realizado en el área de Procesamiento Digital de Señales.

La socialización de los resultados obtenidos, con centros de terapia y rehabilitación, es importante para enriquecer, desde el punto de vista de ideas, el Ambiente Alma-R.

Los robots móviles, se convierten en un elemento lúdico para los niños permitiendo así ser de gran motivación en la participación de las actividades terapéuticas, logrando adherencia a sus tratamientos.

Los niños con VIH/SIDA en situación de discapacidad y en el medio de institucionalización, al carecer de espacios lúdicos y de tecnología, ven los robots como una forma divertida de aprender, trabajar y desarrollar habilidades y destrezas cognitivos cognitivas, motoras y emocionales.

El trabajo en equipo entre la Ingeniería Electrónica y la Terapia ocupacional, permiten que se unan conocimientos y se alcancen mejores objetivos terapéuticos para una población de difícil manejo.

Referencias.

[1], Reilly M: Occupational therapy can be one of the great ideas of 20th century medicine. Am J Occup Ther 16:1-9.1962.

[2], Reilly M: An Occupational therapy curriculum for 1965. Am J Occup Ther 12:293-299,1958.

[3], Reilly M: The challenge of the future to an occupational therapist. Am J Occup Ther 20:221225,1966.

[4], Reilly M: The educational process. Am J Occup Ther 23:299-307; 1969.

[5], Reilly M: The modernization of occupational therapy.Am J Occup Ther 25:243-246.1971.

[6], Reilly M: A response to definig occupational therapy: the emaning of therapy and the virtues of occupation. Am J Occup Ther 31:673,1977.

[7],Jackeline Duarte: Ambientes de aprendizajeUna aproximación conceptual. Revista Iberoamericana de educación (ISSN: 1681-5653).

[8], Chaparro C; RankaJ. : Hacia un Modelo de Desempeño Ocupacional: Desarrollo del Modelo. TOG (A Coruña). 2008. Volumen 5 (num 1): [44p].

Iberdiscap

Iberdiscap

Proyecto Conect-AR

Pedro L. Sánchez1, Beatriz Núñez2,

[1]Universidad de Burgos/Escuela Politécnica Superior/Área de Tecnología Electrónica: Avda. de Cantabria S/N, Burgos, España, Tel. 947258915, psanchez@ubu.es

[2]Universidad de Burgos/Facultad de Humanidades/Área de Didáctica y Organización Escolar: C/Villadiego S/N, - 09001 Burgos, España, Tel. 947258070, bnunez@ubu.es

Resumen. Las nuevas tecnologías de información ponen al alcance de toda la comunidad herramientas cada vez mas sofisticadas. El entorno de la discapacidad y las personas afectadas por ella pueden verse beneficiadas, como el resto de la sociedad, de la incorporación del ordenador y otros elementos software. Dentro del proyecto CONECT-AR que engloba la aplicación de entornos de realidad aumentada en el mundo de las discapacidades se presentan los resultados de AUREA, AUgmented REality Apace [1], un proyecto centrado en la aplicación de ayudas técnicas en la discapacidad específica de parálisis cerebral.

Palabras clave: Realidad Aumentada, parálisis cerebral.

1. Introducción y contenidos

En este documento se trata de presentar el entorno en el que se ha desarrollado y usado una aplicación de realidad aumentada en entornos de aprendizaje.

1.1.- Descripción del objetivo,

El proyecto AUREA surge para dar respuesta a las necesidades de diferentes profesionales, en el trabajo diario con personas con discapacidad, en lo relacionado con actuaciones de aprendizaje y, más concretamente, con la Parálisis Cerebral.

Figura 1. Relación entre el proyecto AUREA y Conect-AR donde se aprecia la página web del proyecto.

1.2. Trabajos previos y antecedentes

Con anterioridad a la aplicación en entornos de aprendizaje se han realizado aplicaciones de acercamiento al ordenador personal y sus posibilidades [2]. En proyectos como Wiimo [3] se ha demostrado el conocimiento de las necesidades de adaptación de las nuevas tecnologías de la comunicación y los entornos informáticos a las discapacidades motoras, en concreto a las personas con muy baja movilidad [4]. Este entorno de resultados favorables ha permitido la continuidad de los desarrollos y su aplicación con otras tecnologías, como la de la realidad aumentada y sus posibles aplicaciones en la educación. Con

anterioridad al trabajo presentado la mayoría de las aplicaciones de la realidad aumentada se habían centrado en las posibilidades de marketing y comercialización de productos, por lo que las experiencias en el campo de la educación se presentan como un campo prometedor en el que ir construyendo referentes.

1.3. El aprendizaje como fundamento teórico del proyecto AUREA.

El cerebro dispone de diferentes herramientas neurológicas para el aprendizaje entre las que, destacamos especialmente las relacionadas con:

- Procesamiento de la información visual.
- Procesamiento auditivo.
- Respuestas psicomotoras.

Las personas con Parálisis Cerebral presentan dificultades en todas o en alguna de las herramientas citadas, dependiendo del grado y tipo de afectación de la lesión cerebral, así como de las consecuencias que se deriven de ella (tono, postura, atención, percepción, memoria, etc.).

Todas influyen, de manera primordial, en el acceso al material educativo - escolar que nos presenta diversidad y mucha atracción, si bien se mantiene la presentación en dos dimensiones, mientras que la percepción de la realidad es tridimensional.

Las actuaciones de los profesionales en la etapa de Educación Infantil y primer ciclo de Educación Primaria en relación a los alumnos con cerebros en vías de madurez, pasan por detectar, en algunos casos, serias dificultades en el aprendizaje de los conceptos básicos (arriba- abajo, dentro-fuera, grande-pequeño, etc.) como prerrequisitos del aprendizaje en general y más concretamente de la lectoescritura.

La pluralidad de nuevas tecnologías y todo el conjunto de programas de ordenador, así como la accesibilidad, no nos da respuesta a esta necesidad de conjugar e incrementar la percepción a nivel auditivo, visual y motor. Apostamos por la realidad aumentada como una respuesta más a ciertas características de aprendizaje de alumnos y como un recurso material para uso de los profesores de la etapa de Educación Infantil y de Educación Especial con las implicaciones metodológicas que conllevan y las posibilidades a nivel individual y grupal.

1.4. La realidad aumentada.

Podemos incidir en que la Realidad Aumentada se encuentra a mitad de camino entre el mundo real y lo que normalmente se denomina realidad virtual; de esta última se puede decir que todos tenemos mayores referencias. La realidad virtual puede estar completamente alejada del mundo real; en la realidad aumentada junto al mundo real, captado por una cámara, se inserta información sintética de tal manera que ambas se muestran simultáneamente y de forma controlada para que sean complementarias. Los elementos necesarios son por tanto son el entorno de ordenador, con una cámara web y las referencias para la inserción correcta de la información sintética. El efecto buscado con la realidad aumentada puede ser mejorado mediante los nuevos dispositivos electrónicos e informáticos. Están incorporándose nuevas concepciones del ordenador personal en formato compacto, los denominados modelos tablets. También algunos de los aparatos de telefonía móvil actualmente incorporan cámara de fotos y otra serie de sensores que mejoran las posibilidades y los resultados obtenidos. Los elementos de posicionamiento global, conocidos como GPS permiten la localización en el terreno y los sensores de movimiento (e incluso los de tipo brújula) permiten orientar el sentido de los desplazamientos realizados por el usuario añadiendo un mejor realismo.

Uberdiscap

Se está experimentado continuamente con los resultados que pueden obtenerse con estas técnicas de realidad aumentada, pero se ha observado mucha actividad en el campo de la publicidad y el marketing pero no su aplicación a entornos de aprendizaje.

2. Metodología

Para la creación del entorno de aprendizaje controlado por el profesional solamente es necesario contar con unas fichas impresas, con un ordenador personal y un sistema de captura de imágenes del escritorio de trabajo; este elemento es normalmente conocido también como una web-cam.

Figura 2. Entorno de aprendizaje de AUREA.

Existe un proceso de creación e incorporación de los distintos conceptos a revisar en cada sesión o una secuenciación en la programación prevista. Hay que realizar también una selección adecuada de los modelos en 3 dimensiones a representar; la selección será acorde según las edades de los destinatarios.

La introducción progresiva de niveles permite una adaptación a las situaciones personales. Así por ejemplo entenderemos la fácil introducción progresiva de elementos contrarios, como el de encima/debajo. Así mismo se permite programar la posibilidad de complejidad progresiva; por ejemplo en el concepto de tamaño, pequeño/ mediano/grande pueden ser mostrados y manejados simultáneamente las distintas representaciones de las figuras seleccionadas.

Las etapas en las que se ha desarrollado el proyecto y los resultados mostrados que se presentan incluyen:

1º Captación de la necesidad: motivar y captar la atención de las personas con necesidades concretas de aprendizaje.

2º Creación del entorno de desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada aplicadas a la discapacidad: Proyecto CONECT-AR

3º Desarrollo del proyecto AUREA, mediante un proyecto final de carrera con alumnos de Ingeniería Técnica de Informática de Gestión se ha dado solución a la situación de partida en entornos de aprendizaje de personas con parálisis cerebral.

4º Seguimiento de la implantación del proyecto AUREA para realizar las mejoras necesarias en el propio proyecto y que serán de aplicación en el resto de los proyectos de aplicación en otras discapacidades o entornos similares.

Podemos resumir lo conseguido diciendo que la aplicación sirve para el desarrollo conceptual planteado en el trabajo con los profesionales consultados.

Los elementos estudiados y evaluados para ver cumplidos los pasos planteados han sido son los siguientes:

Se han validado las especificaciones básicas propuestas mediante la presentación en las sesiones de logopedia.

Se realizarán nuevas sesiones de observación cuando se maneje la herramienta con nuevas personas discapacitadas, para recoger nuevas mejoras a la versión actual.

Se valorarán las distintas aportaciones de los actores implicados.

Se propondrán nuevas acciones de mejora.

Se implantarán parte de las mejoras en función de parámetros objetivos que beneficien la realización de una nueva versión del producto final.

Se buscarán nuevos modelos que permitan incorporar nuevos escenarios en la herramienta, es decir nuevos personajes, características y acciones.

Se demostrará la operativa de las herramientas de desarrollo en la implementación de nuevos elementos.

Entre las mejoras a realizar se detecta que se necesitan manuales de instalación y uso que complementen a las actuales primeras versiones. Los entregables del proyecto al recoger todos los pasos previos y las mejoras aportadas en cada uno de los puntos del proyecto tienen que ser revisados nuevamente.

3. Resultados y discusión

El entorno de AUREA es de fácil uso para cualquier profesional que lo utilice, además permite su empleo en personas con discapacidad y en alumnos de Educación Infantil, tanto a nivel individual como colectivo, puesto que técnicamente se puede acoplar a un proyector o integrar en el entorno de la práctica totalidad de pizarras digitales.

Los resultados son mejorables (y personalizables) en tanto en cuanto se conozcan las situaciones de aprendizaje a reforzar o a perfeccionar. La adaptación a las personas y niveles es posible con trabajo de los profesionales una vez entendido el proceso de incorporación de nuevos conceptos.

La difusión de los resultados del proyecto se ha realizado bajo el logotipo que se muestra en la figura 3.

Figura 3. Logotipo de difusión del proyecto AUREA.

4. Conclusiones y trabajos futuros

Iberdiscap

El proyecto está en una fase de experimentación, utilizándolo exclusivamente en sesiones individuales con niños afectados de Parálisis Cerebral y en la etapa educativa de Educación Infantil. La aplicación se ha desarrollado para el aprendizaje de conceptos básicos, que son adquiridos durante el periodo de la Educación Infantila las que asisten la mayor parte de los niños de 3 años., enseñanza reglada aunque no obligatoria; también es factible extenderlo a las aulas del Primer ciclo de Educación Primaria para alumnos que no hayan estado escolarizados y para aulas de apoyo a las necesidades educativas especiales, bien por vía de la discapacidad o de exclusión social (inmersión lingüística, inmigración, etc.).

Con las mejoras del proyecto AUREA y el desarrollo del proyecto CONECT-AR se pretende continuar con las aplicaciones de la realidad aumentada especialmente en el mundo de la discapacidad, sin olvidar otras aplicaciones factibles como la rehabilitación infantil por permitir introducir elementos altamente atractivos para mantener la atención de los niños en el proceso de mejora y recuperación de algunas enfermedades.

Como trabajos futuros podemos indicar que se están incorporando las posibilidades de trabajar con los nuevos dispositivos móviles, ordenadores personales de tipo *tablet* y las últimas generaciones de teléfonos móviles. Entre las ventajas que aportan estos nuevos dispositivos se encuentra una mayor movilidad y por tanto la posibilidad de eliminar barreras que nos anclan a puestos fijos de trabajo.

Figura 4. Ordenador personal portable dotado con cámara posterior.

5. Desarrollo de producto comercializable

La Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación de la Universidad de Burgos ha colaborado con el desarrollo de esta aplicación con la dotación de una beca-prototipo que permite la posible comercialización del producto final.

5.1. Incentivos al alumnado

Uno de los principales problemas comunes a algunos de los proyectos en los que se involucra al alumnado continúa siendo la posibilidad de dotar la actividad con una cierta cantidad económica que sirva de aliciente para su posterior mejora. El proyecto AUREA fue galardonado con una Beca prototipo de las 5 convocadas para el curso académico 2009-2010. La idea es que pueda conseguirse una mejor calidad del Proyecto Final de carrera, orientándolo hacia un producto final mejor preparado para su comercialización y distribución. Uno de los objetivos buscados es la creación de un spin-off que permita un posterior servicio y nuevas mejoras.

Referencias

[1]Proyecto AUREA: http://www2.ubu.es/ingelec/tecelec/ps/aurea/

[2]Software de lectura y aprendizaje adaptativo orientado a discapacitados adultos. Colaboración con APACE Burgos. PFC Universidad de Burgos, Monica Rivera, Mario Suarez. Premio de Accesibilidad concedido por la Gerencia de Servicios Sociales de Castilla y León 2007 en Premio en la Categoría de "Estudios y Proyectos Universitarios"

[3] Proyecto Wiimo: http://www2.ubu.es/ingelec/tecelec/ps/wiimo/

[4] P. L. Sánchez Ortega et ál. Interacción con ordenador mediante dispositivos inalámbricos para usuarios con movilidad muy reducida. AITADIS. IV Jornadas Iberoamericanas de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad. Octubre (2009).

[5]ASPACE, Asociación de Parálisis Cerebral de Burgos. http://www.apaceburgos.com

[6]OTRI-OTC Programa piloto para el desarrollo de prototipos comercializableshttp://www.ubu.es/ubu/cm/ubu/tkContent?pgseed=1274944400718&idContent=149373

Iberdiscap

Entornos Interactivos de Estimulación Sensorial para Parálisis Cerebral

R. Mas, C. Manresa-Yee, B. Moyà

Universitat de les Illes Balears

Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática.

Crta. Valldemossa km 7.5, 07122 Palma, España

{ramon.mas, cristina.manresa, gabriel.moya}@uib.es

Resumen

En este artículo se presenta un entorno interactivo de estimulación multisensorial para usuarios con parálisis cerebral profunda que, pese a sus limitaciones a nivel cognitivo y motor, muestran interés cuando se produce un cambio de estimulación significativa en su entorno. La mayor parte de estos usuarios recurren a la autoestimulación, movimientos repetitivos del cuerpo sin ningún objetivo aparente pero que interfieren con la ya de por sí reducida habilidad para participar en su rutina diaria y que pueden llegar a convertirse puntualmente en autoagresiones. Se recurre a medios tecnológicos y aplicaciones con un alto componente de interactividad para generar un espacio controlado y seguro ideal para la terapia de este tipo de tratamientos.

Palabras clave: entornos interactivos, estimulación multisensorial, parálisis cerebral

1. Introducción y contenidos

Los usuarios para los que se ha diseñado el entorno son personas que, pese a sus limitaciones a nivel cognitivo y motor, se muestran interesadas cuando se produce un cambio de estimulación que le sea significativa en su entorno. La mayor parte de ellos recurren a la autoestimulación, que consiste en movimientos repetitivos del cuerpo sin ningún objetivo aparente pero que interfieren con la ya de por sí reducida habilidad para participar en su rutina diaria. Además, la autoestimulación, compaginada con episodios de ansiedad, puede llegar a convertirse puntualmente en autoagresión. La autoagresión es un comportamiento destructivo que conlleva consecuencias sociales, personales y que ponen en riesgo la integridad física del usuario. Son frecuentes también las conductas disruptivas como chillar, golpear la mesa y el suelo o coger y tirar objetos al suelo.

Cuando reciben una estimulación que supone una alternativa significativa, las autoestimulaciones y las autoagresiones disminuyen [1]. Dado que todos los usuarios tienen dificultades motoras para acceder autónomamente a una estimulación significativa y que los terapeutas no pueden ofrecer estímulos significativos y continuos en el tiempo, introducimos este entorno interactivo, para accionar y producir estímulos fácilmente accesibles en su entorno habitual y en las que es el mismo usuario quien tiene el control. Berkson y Mason [2] ya relacionaron un incremento de la interacción con el entorno con un decremento significativo de los comportamientos autoestimulantes.

En el entorno interactivo se recurre a medios tecnológicos para ofrecer al terapeuta profesional herramientas alternativas para su trabajo en los momentos de atención indirecta, es decir, cuando el terapeuta no atiende únicamente a un solo usuario. Estos medios tecnológicos conforman un espacio

Interdisciap

controlado y seguro, con un equipamiento diseñado para la estimulación y la calma, ideales para la terapia de este tipo de tratamientos [3].

Las aplicaciones diseñadas ofrecen un alto componente de interactividad controlada por los movimientos de alguna parte del cuerpo del usuario recogidas por una cámara web. La respuesta en el entorno será en forma de estímulo sensorial (auditivo, visual y háptico) adaptado a las necesidades y capacidades de cada uno de los usuarios.

Los usuarios con discapacidad profunda pueden presentar dificultades a tres niveles diferentes en la interacción con el ordenador: durante la entrada, durante el proceso o durante la salida, sin que necesariamente sean exclusivos entre ellos. Es por ello, que en todos los casos se utilizan técnicas de visión por computador para reducir la intrusión de elementos sobre el usuario y minimizar las dificultades de accesibilidad cognitivas y físicas de la interacción.

2. Metodología

La metodología a seguir es un modelo investigación intervención cuyas fases son:

- Selección de usuarios: se han seleccionado seis usuarios para analizar los requerimientos necesarios para el sistema SinaSense.
- Línea base: se han grabado 2 semanas a los usuarios para extraer una línea base de cada uno de ellos. Se han anotado la duración y la frecuencia de cada uno de sus movimientos de autoestimulación y autoagresión, como sus conductas disruptivas
- Diseño y desarrollo del prototipo SinaSense: en base a las capacidades y requerimientos de los usuarios se ha realizado el primer prototipo del sistema SinaSense. Este primer prototipo es el trabajo que se presenta en esta comunicación.
- Intervención: se instalarán los entornos del SinaSense dentro del aula de los usuarios para ofrecer un espacio más donde trabajar la atención indirecta. Durante dos meses se utilizará el sistema y se rediseñará si es necesario.
- Evaluación: después de trabajar con el sistema dos meses, se volverá a registrar los usuarios para evaluar la posible disminución de las autoestimulaciones, autoagresiones y conductas disruptivas. Nuestra hipótesis de trabajo es que se observará un decremento de estos comportamientos.

El equipamiento comprende dos entornos independientes con un objetivo común: la motivación y/o desmotivación de movimientos corporales localizados para establecer una relación causa/efecto. El objetivo de algunos usuarios es aumentar su movimiento corporal para mejorar su comunicación con el entorno. En cambio, el objetivo para un grupo importante de usuarios es el de reducir sus movimientos relacionados con las autoestimulaciones o autoagresiones. Por una parte se ha diseñado y desarrollado un entorno multimedia, y por otra, se ha diseñado y construido una mesa multitáctil.

En el entorno multimedia se utiliza un sistema basado en visión para motivar o desmotivar el movimiento de determinadas partes del cuerpo. A través de una biblioteca de visión de código abierto y multiplataforma (OpenCV o Open Computer Vision) se capturan y tratan las imágenes obtenidas a través de una cámara web estándar.

En algunos casos puede requerirse un paso previo para la identificación, mediante una banda de color, de la parte del cuerpo del usuario con la que se quiere trabajar para poder detectarla y realizar su seguimiento con un algoritmo probabilístico (*camshift* [4]).

En la siguiente sección, se presentarán los diferentes entornos desarrollados.

Iberdiscap

3. Resultados y discusión

A partir de las acciones que realiza el usuario y según el ejercicio que se trabaje, el programa ofrece una retroalimentación en forma de imágenes y/o sonidos. Si el sistema detecta que no se mueve una parte del cuerpo cuyo movimiento se pretende penalizar o que se mueve una parte cuyo movimiento se pretende motivar, se gratifica al usuario con imágenes o sonidos que le supongan un estímulo significativo positivo.

(a) (b)

Figura 1. (a) Configuración de los dispositivos hardware. El usuario interactúa a través de los movimientos de la cabeza capturados por la webcam. (b) Imagen que sigue una trayectoria, música que suena y círculos de grosores y colores diferentes que van apareciendo ante el movimiento o ausencia del movimiento del usuario

En algunos casos, como ocurre con los movimientos de la cabeza, no se requiere ninguna identificación previa, los movimientos pueden ser capturados e identificados directamente a través de la cámara web. Se sugiere que el dispositivo de entrada sea un sistema basado en visión controlado por movimientos de cabeza y sin ningún tipo de elemento sobre el usuario como por ejemplo el SINA [6, 7, 8] (figura 1). Ahora bien si el usuario fuera capaz de sujetar un joystick u otro dispositivo de entrada, podría moverlo aunque no tuviera una intencionalidad de control. La aplicación busca el alcance de dos objetivos: por un parte la motivación de generar un movimiento con la cabeza que se quiere activar o desmotivar el movimiento de auto-estimulación. Ante la presencia o ausencia del movimiento (dependiendo del objetivo buscado) la aplicación generará música y unos círculos de colores y grosores diferentes aparecerán en pantalla junto con alguna imagen motivadora para el usuario (ya sea una foto de su familia o algún elemento de su interés). Al aparecer el estado contrario al buscado en la cabeza, todos los efectos sonoros y visuales se pararán. El rango de movimiento, el audio y la respuesta visual pueden adaptarse a las preferencias de cada uno de los usuarios. Otro estímulo que puede trabajarse es el somático. En este caso la respuesta del sistema vendrá dada por la activación o no de algún dispositivo vibratorio conectado a través de radiofrecuencia al ordenador.

Los movimientos de otras partes del cuerpo se detectan mediante una cinta colocada sobre una zona de interés (figura 2) que sirva para localizar e identificar el tipo de movimientos que se quieren motivar o desmotivar. En este caso se tienen regiones sobre la imagen (figura 3) que la presencia o no del elemento del cuerpo que tenga la cinta activará o desactivará efectos visuales, sonoros y hápticos. Una vez más, el audio y las imágenes pueden modificarse según cada usuario.

IberGrisCap

Figura 2. Diferentes zonas del cuerpo para colocar la cinta

Figura 3. Existe una zona de activación de los efectos. Cuando el usuario se encuentra en esa zona con la parte del cuerpo que lleva la cinta de color, se activan los efectos sonoros y visuales. En caso contrario se detienen todas las animaciones multimedia

En el segundo entorno se utiliza una mesa multitáctil autónoma [5] que permite la instalación de aplicaciones de causa/efecto con respuestas visuales y/o auditivas a los estímulos táctiles. Se ha diseñado y construido una mesa multitáctil que también trabaja con visión por computador. Una mesa en cuyo interior hay un proyector para la salida visual sobre la superficie de la mesa y una cámara web que captura el contacto de las manos con la superficie. A través de una iluminación difusa frontal procedente del mismo entorno, se genera un efecto visual sobre la zona en que actúa el usuario. Los estímulos pueden producirse considerando el tipo de contacto que se mantiene con la superficie, de esta forma un contacto suave y prolongado puede generar una imagen visual atrayente, mientras que contactos rápidos y desordenados, habituales en movimientos bruscos y descontrolados, pueden obviarse y no generar ningún tipo de respuesta.

Al ser multitáctil, la mesa permite la interacción simultánea de diferentes usuarios o de varios dedos/manos de un mismo usuario. A pesar de la existencia en el mercado de pantallas multitáctiles, se ha recurrido a la construcción de una mesa multitáctil por dos razones fundamentales, por una parte, y la más importante, buscando la robustez y resistencia a interacciones que pueden tener un bajo grado de control de la presión y/o de impacto y que al mismo tiempo ofrezcan seguridad (ausencia de cristales y posibilidades de ruptura) y por otra parte la económica, ya que las pantallas multitáctiles de dimensiones considerables continúan siendo prohibitivas por su elevado coste.

La mesa contiene en su interior un ordenador, con lo que es un dispositivo totalmente autónomo que únicamente requiere de alimentación eléctrica. La salida del ordenador está conectada a un proyector que ilumina la parte posterior de la pantalla, construida a partir de una plancha de metacrilato de un centímetro de grosor. Los movimientos del usuario sobre la mesa se detectan a partir de una webcam adaptada para la detección de la luz infrarroja y con un filtro que anula la luz visible del espectro electromagnético. Éste

Ibertiscap

hecho hace que la luz procedente del proyector no interfiera con la imagen capturada de la superficie de la mesa. La cámara sólo detecta la luz infrarroja que ilumina los dedos/objetos de la superficie (figura 4 y 5).

Figura 4. interior de la mesa multitáctil

Figura 5. Mesa multitáctil de acción/reacción, interior y funcionamiento

4. Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se ha presentado un entorno interactivo de estimulación multisensorial formado por un entorno multimedia y una mesa multitáctil que a través de programas de reconocimiento de imágenes ofrecen al terapeuta profesional herramientas alternativas para su trabajo en los momentos de atención indirecta haciendo posible la estimulación autónoma y controlada de los pacientes. El entorno ha sido diseñado para generar un ambiente adecuado para la terapia de los comportamientos de autoestimulación y autoagresión.

A partir de este momento corresponde al terapeuta la evaluación de la validez de las herramientas que se ofrecen a partir de este entorno y que deberán llevar al diseño/programación de nuevas aplicaciones que permitan disminuir o eliminar los comportamientos autoestimulantes de los usuarios.

En una evaluación preliminar se ha detectado que el diseño de la mesa multitáctil presenta, para algunos de los usuarios, dificultades de acceso, por lo que se está rediseñando a partir de una mesa adaptada.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado parcialmente por el proyecto FRIVIG, D/031964/10, de la AECID y por la Conselleria d'Innovació, Interior i Justicia del Govern de les Illes Balears en el proyecto AAEE0032/09.

Referencias

[1] S. A. Smith, B. Press, K.P. Koenig, M. Kinnealey. Effects of sensory integration intervention on self-stimulating and self-injurious behaviours. American Journal of Occupational Therapy, 59, pp. 418-425, 2005

[2] G. Berkson, W. Mason. Sterotyped movements of mental defectives III. Situation effects. American Journal of mental Deficiency, 66, pp. 849-852 (1962)

[3] J. Fonoll Salvador, S. Lópe Álvarez. Recursos digitales para el aula multisensorial. En Arnaiz, P.; Hurtado, Mª.D. y Soto, F.J. (coords.) 25 años de integración escolar en España: Tecnología e Inclusión en el ámbito educativo, laboral y comunitario, pp. 1-7 (2010)

[4] Gary R. Bradski,Computer Vision Face Tracking For Use in a Perceptual User Interface. Intel Technology Journal, No. Q2. (1998)

[5] http://nuicode.com/projects/wiki-book/files. Multitouch Technologies, NUI-Group (2009).

[6] Varona, J., Manresa-Yee, C. Perales, F.J Hands-free Vision-based Interface for Computer Accessibility. Journal of Network and Computer Applications Volumen 31 , No 4 pp. 357-374 , 2008.

[7] Manresa-Yee, C., Varona, J., Perales, F.J, Negre, F., Muntaner, J. J. Experiences Using a Hands-Free Interface. Proceedings ASSETS'08, pp. 261-262, 2008

[8] Manresa-Yee, C., Ponsa, P., Varona, J., F.J. Perales User experience to improve the usability of a vision-based interface. Interacting with ComputersVolume 22, Issue 6, pp. 594-605 (2010)

Iberdi-cap

Robots Sociales para la Mejora de la Calidad de Vida de las Personas Dependientes

P. Núñez[1], P. Bustos[1], E. Jaramillo[2], Pilar Bachiller[1], Ismael García- Varea[3]

[1]Universidad de Extremadura: Cáceres, España, Tel.: +34-927 257 259, Fax: 927257187pnuntru@unex.es, pbustos@unex.es, pilarb@unex.es

[2] Unidad de Geriatría. Complejo Hospitalario de Cáceres, Cáceres, España, Tel: +34-927 256 800 enrique.jaramillo@ses.juntaextremadura.net

[3]Universidad de Castilla-La Mancha: Avda. De España s/n, 02071 Albacete, España. Tel.: +34967599200, Fax: +34967599224, ismael.garcia@uclm.es

Resumen.

La robótica social está experimentando un gran auge en las últimas décadas. Estos robots permiten interactuar con el ser humano o con otros robots siguiendo pautas y comportamientos sociales. Los escenarios de uso de los robots sociales van desde la robótica del hogar hasta la asistencia en museos, vigilancia, seguridad o incluso, en la rehabilitación y ayuda a las personas dependientes. Éste último es el marco de desarrollo del presente trabajo. En este artículo presentamos un robot social desarrollado para interaccionar con pacientes con la enfermedad del Parkinson. El diseño del hardware y del software es descrito con detalle, acercando la parte de ingeniería a las aplicaciones reales para las cuales va a ser utilizado. En la descripción de los mecanismos de interacción que formarán parte del robot se han tenido en cuenta los trabajos realizados por la Unidad de Geriatría del Complejo Hospitalario de Cáceres y su Hospital de día.

Palabras clave: robótica social, discapacidad, interacción multimodal hombre-robot

1. Introducción

En los últimos años la robótica ha experimentado un interés creciente en áreas tan dispares como la industria, la minería, la agricultura o el hogar. Con el desarrollo de la robótica y la experiencia investigadora acumulada en el ámbito, han aparecido nuevos retos tecnológicos encaminados a acercar las nuevas tecnologías a los distintos escenarios de la vida cotidiana. En este sentido, la robótica actual está centrando su interés en el desarrollo de los robots sociales, robots que disponen de mecanismos de interacción con el ser humano siguiendo normas y pautas sociales. La sociedad actual está aumentando el uso de los robots sociales en diferentes aplicaciones reales, entre ellas, la asistencia en museos o centros de convenciones [1, 2], vigilancia y seguridad [3], rehabilitación y ayuda a las personas dependientes [4, 5], etc.

Iberdiscap

Los mecanismos de interacción entre el ser humano y los robots, normalmente conocidos como HRI (de las siglas en inglés, Human Robot Interaction), implican un nuevo paradigma de trabajo en el campo de la robótica, dando lugar a nuevas tecnologías, estrategias y métodos encaminados a permitir una comunicación entre la máquina y las personas atendiendo a normas sociales. En este sentido, los diferentes grupos de investigación que actualmente centran su atención en el trabajo con este tipo de robots han diseñado diferentes plataformas robóticas que desarrollan estos mecanismos de una forma u otra. Mucho de estos trabajos destacan la importancia del diseño de estrategias HRI que sean adaptables a un entorno diseñado para la actividad humana, y que sean capaces de aportar una realimentación o *feedback* al otro interlocutor. Por ello, algunas de estas investigaciones están centradas en conseguir robots con forma cada vez más similar a la del ser humano y facilitar su adaptación a estos entornos de trabajo. Sin embargo, no sólo la forma del robot es un factor importante para ejecutar con éxito acciones similares a las que lleva a cabo una persona en su vida cotidiana [6].

Con el objetivo de poder interactuar con el entorno, con otros robots, o con los seres humanos, los robots sociales están equipados con un conjunto de sensores. Estos sensores permiten al robot obtener información visual (a partir del uso de los sensores de visión, como las cámaras estéreo o cámaras monoculares), información de profundidad (con el uso de sensores tipo sónar o láser) o información auditiva (a partir de un micrófono o un conjunto de ellos). Esta información es procesada por el robot en una primera fase en el proceso de comunicación e interacción, para obtener, por ejemplo, respuestas a preguntas tipo: ¿Dónde se encuentra el interlocutor?, ¿qué está intentando decir al robot con ese movimiento de brazos? O bien, ¿está contento o triste tras realizar la acción que me pedió (al robot) que llevara a cabo?

En general, la mayor parte de los robots sociales utilizan información visual y auditiva para interaccionar con el ser humano y a partir de ello entender el mensaje final a recibir o generar el mensaje final a emitir (ver figura 1). Si consideramos al robot como emisor del mensaje, además de la síntesis de voz, otras funciones que pueden aportar mayor valor comunicativo al mensaje vienen dadas por la generación de expresiones faciales (tristeza, alegría, sorpresa, etc) [7], movimiento de los labios sincronizados con la voz sintética [3], o el uso de gestos a partir del movimiento de brazos, cuello, torso, etc. En el otro sentido de la comunicación, considerando al robot como receptor del mensaje, los mecanismos de interacción centrarían su funcionalidad en la detección de gestos, expresiones o el reconocimiento del habla del interlocutor.

Ilerdiscap

En este trabajo presentamos la base tecnológica de un robot social que actualmente estamos desarrollando y que será usado en escenarios de ayuda a la dependencia. El desarrollo de este robot está enmarcado dentro del proyecto MI-BOT, Mecanismos de Interacción Hombre-Máquina para la mejora de la calidad de las personas dependientes. En uno de estos escenarios, este robot social facilitará el desempeño de sus tareas cotidianas a pacientes con la enfermedad del Parkinson, una enfermedad que afecta al 0,5% de las personas de 65-74 años y al 1-2% de los mayores de 75 años y 5% de los pacientes institucionalizados [8]. Para llevar a cabo el diseño del robot y de los mecanismos HRI adecuados en este caso concreto de uso, se cuenta con la ayuda y participación del Hospital del día 'Virgen de la Montaña' y su Servicio de Geriatría del Complejo Hospitalario de Cáceres. En el desarrollo del robot social presentado en este artículo se ha tenido en cuenta el protocolo de la enfermedad del Parkinson desarrollado por el servicio de Geriatría. Este protocolo describe con detalle cada una de las actividades llevadas a cabo en el Hospital de día con los enfermos en su tratamiento rehabilitador, sirviendo como punto de partida para el tipo de interacción humano-robot a desarrollar. Las actividades explicadas en este protocolo, tanto en su tratamiento rehabilitador físico como en el cognitivo, serán la base de las decisiones técnicas tomadas en el diseño hardware y software del robot social aquí presentado.

Este artículo se divide en cuatro secciones. Tras esta breve introducción, el segundo punto describe los escenarios en los que el robot social diseñado y presentado en este artículo será utilizado. La tercera parte presenta la plataforma robótica desarrollada, explicando el diseño hardware y software con detalle. Finalmente se presentan las conclusiones más importantes así como las líneas de trabajo futuro que se generan a partir del presente estudio.

2. Escenario de vida dependiente

El robot social presentado en este trabajo ha sido diseñado para ser utilizado en escenarios reales de ayuda a las personas dependientes. En particular, como punto de partida en el diseño y desarrollo del robot social y sus características más destacadas, hemos centrado el interés en personas con la enfermedad de Parkinson.

La enfermedad del Parkinson es un trastorno neurodegenerativo crónico que provoca en el afectado alteraciones físicas y psíquicas, y que lleva con el tiempo a una incapacidad progresiva. Comúnmente se asocia esta enfermedad a un trastorno de movimiento (temblores, lentitud al andar, pérdida de equilibrio, etc), sin embargo, el Parkinson también desencadena trastornos en la función cognitiva, expresión de las emociones y en la función autónoma [9]. Dado este carácter dual – trastorno funcional y cognitivo – de la enfermedad de Parkinson, sus afectados se convierten en una población de interés para el estudio de cómo las nuevas tecnologías y, en este caso la robótica social, puede mejorar su calidad de vida.

Si bien en la actualidad resulta muy efectivo el tratamiento farmacológico, el cual alivia la mayor parte de los síntomas, difícilmente se puede afirmar que reduce la causa final del trastorno. Por este motivo, es imprescindible que el paciente siga los consejos e indicaciones de los facultativos. Esto se traduce no sólo en la medicación, si no también en el ejercicio físico y en la estimulación cognitiva [8]. El objetivo principal es poder mejorar, o al menos mantener o prolongar la funcionalidad del enfermo durante el mayor tiempo posible.

En cuanto al ejercicio físico, un robot capaz de interactuar con un paciente de Parkinson, ya sea como elemento emisor o receptor de la comunicación, permite una serie de ventajas encaminadas a aumentar la

Iberdiscap

independencia del paciente en su propio hogar: i) monitorización de las actividades llevadas a cabo por el paciente de forma precisa, interesante para el correcto seguimiento del tratamiento rehabilitador; ii) estimulación al paciente de las actividades físicas a realizar, permitiendo así mismo el recordatorio del tipo de ejercicios a llevar a cabo (una simple acción de imitación a lo que el robot realiza); iii) Programación diaria/semanal de los ejercicios que el paciente tiene que realizar, así como el aviso/alarma de los mismos; iv) monitorización de la actividad diaria no relacionada con el tratamiento rehabilitador: posibilidad de caídas, control de la postura del paciente, seguimiento de las horas de sueños y estados anímicos, etc.

La estimulación cognitiva es una herramienta que permite mantener el cerebro en forma, trabajando diferentes procesos mentales como la memoria, la atención, la velocidad del pensamiento, etc. Todo ello, con la idea de que las personas con Parkinson puedan llevar a cabo una vida normal en sus actividades cotidianas. En este sentido, en la intervención desde un programa de estimulación cognitiva, un robot social puede trabajar diferentes áreas, como la memoria, la atención al lenguaje, la percepción sensorial, el cálculo numérico, escritura, etc. Todo esto trae consigo muchos beneficios, como por ejemplo una mejora de la autoestima, agilidad mental o el buen humor. Para ello, deben existir mecanismos de interacción adecuados que permitan la comunicación entre el robot y el paciente, así como estrategias para una estimulación satisfactoria (pantallas táctiles con conexión a Internet, expresividad del cuerpo del robot, capacidad de síntesis de voz, expresiones y gestos, etc). Debido al hecho de que las funciones mentales en la enfermedad de Parkinson pueden variar mucho de un afectado a otro, es interesante disponer de una herramienta capaz de adaptase al mismo. Tal es el caso del robot social descrito en este artículo.

Como se ha comentado anteriormente, el robot social presentado en este artículo ha sido diseñado en cooperación con la Unidad de Geriatría del Complejo Hospitalario 'Virgen de la Montaña' de Cáceres y su protocolo para la Enfermedad del Parkinson [8]. Este protocolo es aplicado como tratamiento rehabilitador en pacientes en el Hospital de día, se basa en dos sesiones diferenciadas: una sesión funcional y una sesión cognitiva. La figura 2 muestra un resumen del tratamiento rehabilitador puesto en funcionamiento or la Unidad de Geriatría.

Iberdiscap

PROTOCOLO ENFERMEDAD DEL PARKINSON
Tratamiento rehabilitador

SESIÓN FUNCIONAL

1. Respiración
2. Movilización general de la musculatura facial
3. Movilización del resto de musculatura
   - Cuello
   - Cintura
   - Codos
   - Muñecas
   - Dedos
   - Raquis
   - Miembros inferiores
4. Coordinación y equilibrio
5. Disociación de cinturas
6. Técnicas de desbloqueo de la marcha
7. Actividades diversas

SESIÓN COGNITIVA BÁSICA

1. Orientación a la realidad (OR)
   - 24 horas de OR
   - Sesiones formales de OR
   - Repaso de vida
2. Acogida
3. Fase de caldeamiento
4. Desarrollo
5. Despedida

Figura 2. Protocolo para el tratamiento rehabilitador desarrollado por la Unidad de Geriatría del Complejo Hospitalario de Cáceres.

3. Diseño de un robot social para la mejora de la calidad de vida de las personas dependientes

En el diseño y construcción del robot social se han tenido en cuenta simultáneamente aspectos del hardware y del software con el fin de obtener una plataforma idónea para desarrollar terapias interactivas en poblaciones con discapacidades físicas y cognitivas. A continuación, se describe la arquitectura hardware y software del diseño del robot.

3.1Arquitectura Hardware

La habilidad de interacción social, requiere que el robot cuente con un modelo cognitivo-afectivo del ser humano y de capacidades de comunicación, comprensión y aprendizaje. Muchos investigadores trazan el diseño de estos robots según la forma humanoide [3], que aunque no es necesariamente humana sí integra elementos típicamente humanos como brazos, manos, rostro, etc.

La línea seguida en la elaboración del robot sigue este paradigma, y es la base en el desarrollo del mismo, dado que actualmente los grupos Robolab [10] (Robótica y visión artificial) y SIMD [11] (Sistemas Inteligentes y Minería de Datos) están en plena fase de construcción de un robot social que incluye una serie de dispositivos hardware que permitirán una interacción humano-robot eficiente. El diseño del robot social ha sido realizado en colaboración con las empresas de base tecnológica Robotnik S.L. [12] e ladex S.L. [13] El objetivo del desarrollo de este robot es poder realizar experimentos complejos de categorización, aprendizaje, interacción multimodal y autonomía en diversos escenarios de vida dependiente.

El robot consta de tres partes principales (ver Figura 3): una base robótica móvil (etiquetada como 1 en la figura), una cabeza expresiva con capacidad de visión binocular (2), y un conjunto brazo-mano robótico (3).

La base móvil tiene una geometría de dos ruedas motrices y dos ruedas ‘ocas alimentadas por una batería de gel de plomo y controlado por una placa basada en un procesador Cortex A9, utilizando el sistema operativo Linux. Sobre esta base se sitúa una estructura rígida para ganar altura y dar soporte al brazo robótico. Esta base autónoma ha sido diseñada por RoboLab y construida por la empresa extremeña Iadex. La estructura del torso está calculada para soportar dos brazos en disposición similar a la humana, aunque inicialmente se colocará uno solo.

El brazo tiene 7 grados de libertad y está fabricado por la empresa valenciana Robotnik, S.L. con elementos del fabricante alemán de motores Schunck. En la muñeca se acopla una mano que incorpora un sensor de fuerzas y pares. La mano, fabricada por la empresa estadounidense Barret, tiene tres dedos con funcionamiento independiente y sensores de tacto en cada uno de ellos. Todos los servomotores del brazo están conectados mediante un bus CAN al ordenador del robot.

La cabeza expresiva binocular, llamada Muecas (ver zoom en la Fig. 3) capaz de mostrar diferentes expresiones y estados afectivos ha sido diseñada por RoboLab y construida por Iadex S.L. Consta de ojos esféricos que contienen en su interior cámaras industriales *firewire* de la empresa canadiense PointGrey situadas en su interior. Estas esferas son accionadas por motores lineales sin reductora fabricados por Faulhaber. Las velocidades y aceleraciones son muy similares a las del sistema visual humano. También consta de un cuello con tres grados de libertad y diversas configuraciones de micro-servos para accionar elementos móviles del rostro, como párpados, cejas, orejas, nariz o zonas de piel. Junto a estos elementos, la cabeza dispondrá de un motor de síntesis de voz, un motor de reconocimiento automático del habla, micrófonos con software de localización estéreo-acústica y una placa de proceso empotrada con un procesador multinúcleo y conectividad giga-ethernet.

Las posibilidades de un robot de estas características lo hacen especialmente indicado para estudiar mecanismos de interacción humano-robot en escenarios de vida dependiente. La movilidad, el brazo robótico y la cabeza expresiva permitirán diseñar experimentos de asistencia real a personas dependientes en los que sea necesaria una interacción multimodal compleja.

Iberdiscap

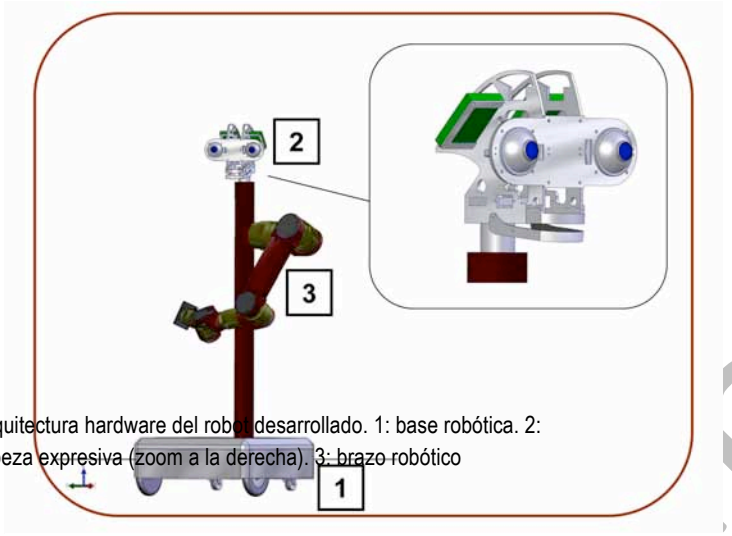


Figura 3. Arquitectura hardware del robot desarrollado. 1: base robótica. 2: cabeza expresiva (zoom a la derecha). 3: brazo robótico

3.2Arquitectura Software

Uno de los principales problemas en la construcción de software para robots de estas características es su carácter incremental, cambiante y el alto grado de complejidad que puede llegar a alcanzar. Muchas de las tecnologías existentes para el diseño y gestión de grandes sistemas distribuidos están empezando a ser utilizadas en los denominados *middleware* de robótica que aportan mecanismos de distribución a diferentes niveles, integración en componentes software, protocolos de comunicación y serialización eficiente, gestión de prioridades, llamadas remotas asíncronas y otras herramientas similares. Complementando esta tecnología con un sistema moderno de mantenimiento de versiones y potentes herramientas de desarrollo se puede conseguir la construcción incremental de software reutilizando recursos y aumentado progresivamente su complejidad y fiabilidad. Sobre esta tecnología software es posible entonces diseñar arquitecturas específicas en las que se implementen mecanismos de generación de comportamiento, combinando adecuadamente reactividad y planificación en capas funcionales que den lugar a un alto grado de inteligencia y autonomía.

El software que se utiliza en el robot social se denomina RoboComp y su núcleo ha sido desarrollado por el equipo de RoboLab. RoboComp es un sistema de componentes software altamente reutilizable desarrollado como software libre y disponible en www.sourceforge.net. RoboComp incorpora herramientas de generación automática del cuerpo de los componentes, basadas en un lenguaje específico de dominio (DSL). Actualmente puede utilizar dos sistemas de comunicación distintos, Ice de ZeroC y DDS. También dispone de herramientas de monitorización, inspección y control de componentes en tiempo de ejecución. Todas estas características hacen que se distancie de otros *middlewares* de robótica y lo hagan especialmente indicado para los objetivos de este proyecto. Para la puesta en marcha de este robot se están desarrollando los componentes de abstracción del hardware (Hardware Abstraction Layer - HAL) necesarios para el control de todos los sensores y actuadores que lo integran. La figura 4 muestra la estructura de componentes software desarrollada para la capa HAL del robot. Sobre esta capa de bajo

nivel se están desarrollando grupos de componentes encargados de los mecanismos básicos que ligan la percepción y la actuación. Conjuntos adicionales de componentes implementarán las funciones cognitivas necesarias para dotar al robot de capacidades de interacción social en tareas como ayuda a la vida dependiente e interacción terapéutica.

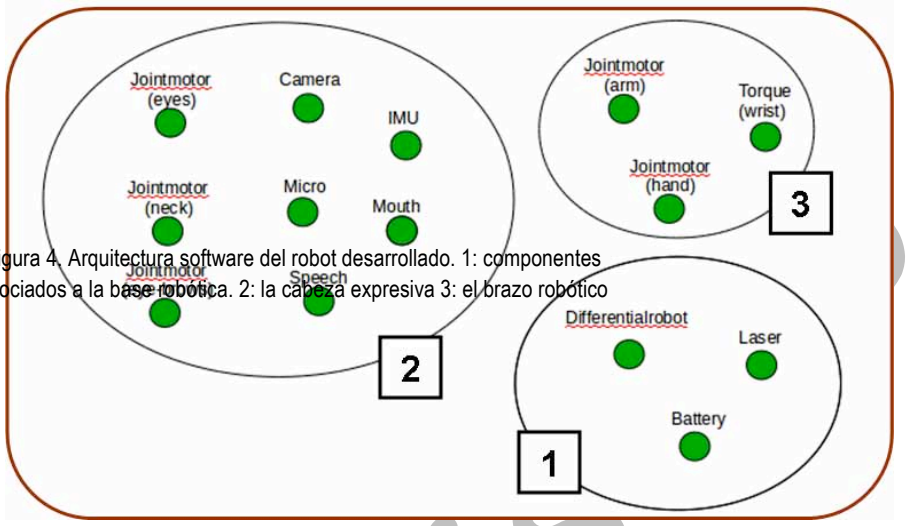


Figura 4. Arquitectura software del robot desarrollado. 1: componentes asociados a la base robótica. 2: la cabeza expresiva 3: el brazo robótico

4. Conclusiones y trabajos futuros

El presente artículo describe el diseño de un robot social desarrollado por los grupos Robolab de la Universidad de Extremadura, y SIMD de la Universidad de Castilla la Mancha, y las empresas de base tecnológica Iadex.SL. Este robot social está diseñado con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas dependientes, para trabajar inicialmente con personas afectadas por la enfermedad del Parkinson. En la fase de documentación, diseño y construcción del robot social, se cuenta con la cooperación de la Unidad de Geriatría del Complejo Hospitalario 'Virgen de la Montaña' de Cáceres. El protocolo suministrado ha permitido la integración de diferentes funciones, herramientas y estrategias en el diseño de la arquitectura hardware y software del robot.

Este diseño abre futuras líneas de trabajo a desarrollar en los siguientes meses. En primer lugar, será necesaria una evaluación real del diseño realizado, no sólo la parte física, y cómo ésta determina la aceptación por parte del paciente, si no también la funcionalidad prevista del robot. Esta fase de experimentación será realizada en el Hospital de día 'Virgen de la Montaña', con el apoyo de la Unidad de Geriatría de dicho hospital.

Además, si bien la arquitectura software ha sido establecida a partir del middleware Robocomp, es necesario avanzar en el desarrollo de los componentes que permitan realizar la funcionalidad descrita en el protocolo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la ayuda del proyecto IB10062 de la Junta de Extremadura.

Referencias

[1] W. Burgard, A. B. Cremers, D. Fox, D. Hahnel, G. Lakemeyer. Experiences with an interactive museum tour-guide robot. In Artificial Intelligence (AI), pp. 3-55. 2000.

[2] F. Faber, M. Bennewitz, C. Eppner, A. Gorog, "The humanoid museum tour guide Robotinho". In Proc. IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN). Sept. 2009.

[3] H. Andreasson, M. Magnusson, and A. Lilienthal. "Has something changed here? Autonomous Difference Detection for Security Patrol Robots". In Proc. of IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp. 3429–3435, San Diego, USA, 2007.

[4] T. Mukai, S. Hirano, H. Nakashima, Y. Kato, Y. Sakaida, S. Guo, and S. Hosoe, "Development of a ursing-Care Assistant Robot RIBA That Can Lift a Human in Its Arms", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Taiwan, pp. 5996-6001, October 2010.

[5] X. Ma and F. Quek, "Development of a Child-Oriented Social Robot for Safe and Interactive Physical Interaction,"IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems Taiwan, pp. 2163-2168,

October 2010.

[6] P.Breen, E. Bowers, W. Welsh, "An investigation into the generation of mouth shapes for a talking head", In Proc.ICSLP 96, USA, pp. 2159-2162, October 1996.

[7] T. Hashimoto, S. Hitramatsu, T. Tsuji, and H. Kobayashi, "Development of the Face Robot SAYA for Rich Facial Expressions", *In proc. 2006 SICE-ICASE International Joint Conference* Korea, pp. 5423-5428, October 2006.

[8] Protocolo Enfermedad del Parkinson. Unidad de Geriatría del Complejo Hospitalario Virgen de la Montaña de Cáceres.

[9] Rossi Izquierdo, Marcos. Estudios de los trastornos del equilibrio en pacientes con enfermedad de Parkinson. Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela.

[10] www.robolab.unex.es

[11] www.dsi.uclm.es/simd

[12] www.robotnik.es

[13] www.iadex.es

Iberdiscap

Iberdiscap

Diagnóstico y Evaluación de Terapias Neurocognitivas por medio de una Base Normativa de EEG Basal en Adultos

M.Aguilar[1,2], J. Mínguez[1]

[1]Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Departamento de Informática e Ingeniería de sistemas. Universidad de Zaragoza: C/María de Luna 50018, Zaragoza, España.

[2]Bit&Brain Technologies S.L.

Email:monicaaguilar@bitbrain.es, jminguez@unizar.es

Resumen.

Muchas de las discapacidades actuales son consecuencia o tienen asociadas desórdenes neurológicos. La correcta identificación o diagnóstico, y la obtención de medidas de progreso durante la ejecución de cualquier intervención terapéutica, son claves en la mejora de calidad de vida de estas personas, al tiempo que tienen un fuerte impacto socio-económico en la sociedad actual. El presente trabajo describe el desarrollo de un sistema de electroencefalograma (EEG) que permite identificar las desviaciones en los patrones cerebrales y la magnitud de los mismos en comparación con una base de sujetos sanos [1]. La correlación de estos factores con aspectos neurocognitivos puede ayudar significativamente al diagnóstico y a valorar la evolución y respuesta del paciente frente a intervenciones terapéuticas [2]. Actualmente la problemática existente en el desarrollo de una Base Normativa de EEG viene determinada por la alta variabilidad interpersonal de la señal EEG. Este aspecto ha sido estudiado mediante la relación de esta variabilidad con factores fisiológicos llevando a cabo una estratificación de sujetos clasificados por dichos factores. En este trabajo se plantea una alternativa mediante la estratificación de la Base Normativa de forma explícita sobre los cambios significativos de la propia señal EEG. Además, se ha elaborado las herramientas que permiten aplicar la Base Normativa en el diagnóstico de una patología neurológica y en el análisis de la evolución de un sujeto bajo una terapia establecida. La ventaja del conjunto de técnicas desarrolladas frente a las existentes sobre Bases Normativas radica en la automatización tanto del proceso de inclusión de un sujeto a la base, como en la aplicación de las herramientas que determinan la normalidad en la señal EEG, evitando cualquier intervención humana en el diseño de la Base Normativa. El conjunto de procesos desarrollados se centran en favorecer la capacidad de discriminación entre sujetos sanos y patológicos, en función deunos patrones extraídos de la señal EEG, y analizar estadísticamente estos patrones para determinar su robustez frente a la variabilidad interpersonal. Finalmente, se lleva a cabo la validación global de las técnicas diseñadas tomando la Base Normativa desarrollada como una prueba diagnóstica bajo un contexto clínico mediante el uso de señal EEG de sujetos con la patología del Trastorno de Déficit de Atención y con un accidente cerebro vascular.

Palabras clave: Base Normativa, EEG, clusterización, diagnóstico.

1. Introducción y contenidos

El diagnóstico y tratamiento de enfermedades neurológicas han sido influenciados por la evolución de la tecnología moderna. En las últimas décadas el EEG se ha situado entre las técnicas más populares en el

ibergraf cap

diagnóstico con el uso de Bases Normativas [3]. Una Base Normativa de EEG es una colección de señales electroencefalográficas que han sido obtenidas usando el mismo protocolo de adquisición sobre un conjunto de personas sanas. La utilidad práctica de las Bases Normativas se centra en evaluar el estado neurológico de un paciente y verificar un diagnóstico psicológico además de aumentar la eficiencia de un tratamiento mediante la comparación del EEG antes, durante y después del tratamiento, analizando la evolución del mismo.

El principal obstáculo en el desarrollo de una Base Normativa es la variabilidad interindividual del EEG. Este aspecto ha sido estudiado de forma explícita demostrando que tal variabilidad podría ser atribuible a la presencia de un factor de escala multiplicativo asociado con la amplitud del EEG [4]. Este trabajo propone una alternativa a la estratificación de señal EEG por edades, la cual está basada en la aplicación de una técnica de clusterización de individuos en función de un conjunto de características de señal extraídas sobre el EEG. Como consecuencia, la población normal queda dividida en clusters caracterizados por propiedades de la señal. La gran ventaja de la técnica es que permite la automatización del proceso de generación de la Base Normativa. A su vez, realiza una estratificación explícita basada en los cambios significativos de EEG.

2. Metodología

2.1. Adquisición

Los datos EEG fueron adquiridos sobre 84 sujetos sanos comprendidos entre los 18 a 30 años. La selección de sujetos siguió unos criterios de exclusión basados en el historial psiquiátrico, tanto de los sujetos como de sus familiares, además de un análisis sobre posibles abusos de drogas, discapacidades físicas o lesiones cerebrales. El registro se realizó durante una sesión continua de unos 3 a 5 minutos de duración, en la cual el sujeto se encontraba en condiciones de reposo con los ojos cerrados y sentado cómodamente en una habitación silenciosa, con luz tenue. Para la adquisición de señal EEG se utilizaron 19 electrodos cuya colocación siguió el estándar prescrito por el Sistema Internacional 10/20. En el sistema de digitalización se realizó un prefiltrado mediante un filtro antialising: filtro paso bajo con frecuencia de corte de 50 Hz. Se seleccionó una frecuencia de sampleo de 128 Hz para garantizar el Teorema de Muestreo de Nyquist. Sobre cada uno de las 19 señales EEG filtradas de artefactos se realizó un procesado en el dominio frecuencial, mediante el cálculo de la densidad espectral de potencia a través del periodograma modificado estimado sobre ventanas temporales de duración un segundo, denominadas epochs. Para cada una de las cuatro bandas frecuenciales definidas tradicionalmente en el EEG, (delta (2.0-3.5 Hz), theta (3.5-7.0 Hz), alpha (7.0-13.0 Hz) y beta (13.0-30.0 Hz)) se calculó la potencia absoluta correspondiente, mediante el área bajo la curva de la densidad espectral de potencia en la banda frecuencial.

2.2. Desarrollo de la Base Normativa

El diseño de una Base Normativa de EEG tiene tres etapas diferenciables: (a) obtener datos fiables demostrando la consistencia del proceso de adquisición de EEG; (b) alcanzar gaussianidad en las características extraídas sobre el EEG (potencias absolutas), y (c) estratificar los sujetos basándose en las distribuciones de potencias absolutas. Además, el desarrollo incluye definir las herramientas matemáticas para analizar si el EEG de nuevos sujetos externos a la base se encuentra dentro de la normalidad y en caso contrario medir el grado de deviación a la Base Normativa.

a) Fiabilidad: La variabilidad intra-personal del EEG fue testeada mediante el estudio de la fiabilidad de las potencias absolutas extraídas en cada uno de los sujetos. Con este objetivo se aplicaron los métodos de Test-Retest y Split&Half usando en ambos casos los coeficientes de correlación de Pearson y

Iberaiscap

Spearman. Sin embargo, los resultados obtenidos no alcanzaron un mínimo de fiabilidad del 0.8 (valor mínimo impuesto en Bases Normativas [5]) posiblemente debido al reducido número de datos impuesto por la restricción del protocolo de adquisición. Por tanto, se diseñó una técnica para mejorar la fiabilidad de la señal EEG aumentando el número de datos. Para ello se crearon epochs virtuales en cada sujeto combinando los epochs procedentes de la señal EEG original. Este método divide los epochs originales por la mitad para después unirlos de forma aleatoria, obteniéndose en cada iteración n-1 epochs (donde n es el número de epochs de la señal original). Este proceso es repetido hasta alcanzar una fiabilidad del 0.8 sobre la señal ampliada mediante el método de Split&Half sobre cada una de las potencias de los 19 canales y las cuatro bandas frecuenciales. Con este método se consigue mejorar la fiabilidad del EEG mientras que el espectro de potencias del mismo se ve modificado únicamente sobre altas frecuencias debido a introducir discontinuidades en la señal EEG sobre el dominio temporal, sin embargo este efecto no tiene influencia sobre el rango de frecuencias en de análisis de EEG (2-30Hz). El valor medio de fiabilidad obtenido a través de todos los sujetos fue de 0.894.

b) Filtro Gaussiano: La segunda etapa convierte las distribuciones marginales de potencia en todas las bandas y todos los canales en distribuciones gaussianas. Estadísticamente las distribuciones de potencias en cada banda son fuertemente no-gaussianas y su función de densidad se caracteriza por una asimetría positiva. El filtro gaussiano diseñado tiene dos pasos: (a) una transformación paramétrica no lineal de todas las distribuciones en todos los canales que mejore la gaussianidad de los mismos, y (b) una técnica de optimización estocástica que filtra simultáneamente las distribuciones de potencia desde un punto de vista gaussiano.

En cuanto a la transformación paramétrica se estudiaron aquellas que mejoraran la simetría de las distribuciones. Para ello se compararon las funciones de transformación log(x), log(x+1) además de la raíz cuadrada y raíz cúbica [6]. Por otro lado se llevó a cabo la familia de transformaciones Box-Cox [7]. Esta última es una técnica que permite definir la mejor transformación cuyo resultado se asemeje más a una distribución gaussiana. En la tabla 1 se muestra la proporción de distribuciones gaussianas de las distribuciones de potencias originales y de las transformadas. Para cuantificar la gaussianidad de las distribuciones se utilizó el test Anderson Darling. En el caso de la transformación Box-Cox se llegó alrededor del 50 % de las distribuciones gaussianas.

	No Transf	$1/\sqrt{x}$	$\sqrt{x}$	log(x)	Box-Cox
% Gaussian distrib.	0	1.02	6.92	28.10	48.50

Tabla 1. Proporción media de distribuciones gaussianas obtenidas mediante diferentes transformaciones paramétricas sobre las distribuciones de potencias calculadas en cada canal y banda (19 canales x 4 bandas frecuenciales).

El segundo paso tiene como objetivo alcanzar un 100% de distribuciones gaussianas a partir de los datos transformados mediante la familia Box-Cox. Para ello se diseñó un algoritmo genético ad-hoc que encontrara el subconjunto de epochs que optimizara una función objetivo proporcional a la significancia del test de gaussianidad aplicado en cada una de las 76 distribuciones marginales de potencias en cada banda y canal. El valor de esta función objetivo es máxima cuando todas las distribuciones son gaussianas en un intervalo de confianza dado (de nuevo el test Anderson Darling es aplicado para analizar la gaussianidad con p-valor del 0.05). Después de un intenso procesado computacional 63 de los 84 sujetos alcanzaron la convergencia del algoritmo genético hasta el momento, y por tanto la gaussianidad en cada una de las 76 distribuciones de potencias.

c) Clusterización no supervisada: La tercera etapa consiste en una estratificación de sujetos basada explícitamente en las diferencias entre las distribuciones de potencias que caracterizan a cada sujeto. En este problema se desconoce tanto el número de clusters, o clases, que componen la Base Normativa como el cluster al que pertenece cada uno de ellos. Para ello se aplicó la clusterización ascendente jerárquica por

su simplicidad y porque no requiere definir a priori el número de clusters de la población. Esta técnica pretende ir agrupando en cada iteración aquellos dos objetos (sujetos de la Base Normativa) más cercanos, para de esta forma ir construyendo una estructura conocida como dendograma o árbol de clasificación. El dendograma establece una relación ordenada de los grupos previamente definidos y la longitud de sus ramas es una representación de la distancia entre los distintos nodos del mismo. El dendograma posibilita la obtención de distintas particiones, simplemente variando el nivel de corte de dicha estructura. El diseño del método de clusterización está unido a la elección de una medida de similitud entre clusters y la definición de un umbral que permita cortar el dendograma para determinar los clusters resultantes. La distancia de Bhattacharyya [8] fue elegida como distancia de similitud entre dos distribuciones. Esta distancia mide el grado de solapamiento de dos histogramas. Para determinar el número de clusters se analizó la función que relaciona el número de clusters con la distancia entre los mismos. Ésta es una función monótona creciente. Para definir un método automático que permita definir un punto de la misma y por tanto un umbral en la distancia entre clusters se llevó a cabo calculando el codo de dicha función. El codo de una curva se define como el punto con mayor gradiente dentro de una curva monótona. Aplicando este método se obtuvo 3 clusters con una distancia umbral de 7.05. En la figura 1 se observa el dendograma resultante al definir horizontalmente una distancia umbral de 7.05, además de la función monótona creciente utilizada para el cálculo del codo.

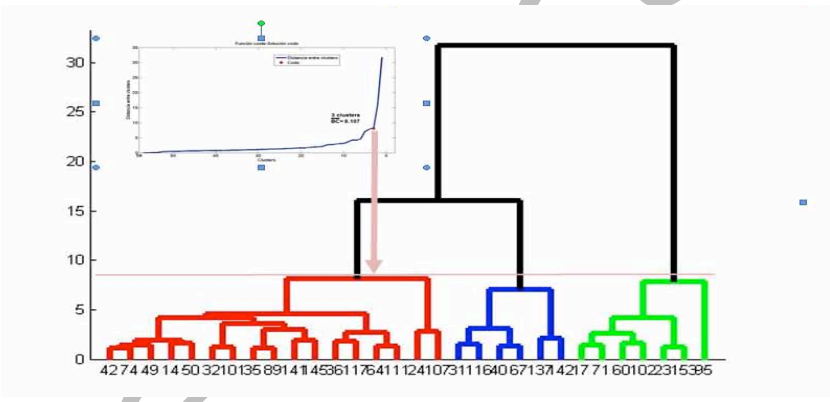


Figura 1. Dendograma resultante de la clusterización de sujetos mediante la clusterización jerárquica creciente. El punto de corte del dendograma se define mediante la técnica del codo calculada sobre la función que define el número de clusters y la distancia entre los mismos.

2.2. Validación

La validación de todo el proceso llevado a cabo se estudio para evaluar como los resultados del proceso de clusterización son generalizables a un conjunto independiente de datos. Para ello, se determinaron dos medidas: la especificidad global y interna mediante el proceso de validación cruzada: dejar uno fuera sobre los sujetos que forman la Base Normativa.

a) Especificidad global: Es determinada a través de la comparación de sujetos individuales extraídos de la Base contra la Base Normativa construida sin el sujeto específico, con el objetivo de verificar si el EEG del sujeto extraído se encuentra dentro de la normalidad definido por la Base Normativa. Se determinó mediante la proporción de sujeto sanos que fueron correctamente identificados como normales por el test. Como resultado se obtuvo un 100% de especificidad, dado que los 63 sujetos resultaron normales al compararlos con la Base Normativa desarrollada.

b) Especificidad interna: Estudia si la proporción de sujetos que se clasifican correctamente en el cluster correspondiente al que fue designado en la clusterización jerárquica ascendente de toda los sujetos

de la Base Normativa. En la tabla 2 se muestra la matriz de confusión sobre los resultados obtenidos de especificidad interna para cada uno de los cuatro clusters.

	Solución Test		
	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Cluster 1	88.88	0	0
Cluster 2	11.11	100	0
Cluster 3	0	0	100

Tabla 2. Matriz de confusión sobre la especificidad interna de cada uno de los clusters resultantes de la clusterización de la Base Normativa completa, calculada mediante el método de validación cruzada: dejar uno fuera.

3. Resultados

Finalmente se lleva a cabo una validación de la Base Normativa como prueba diagnóstica automática bajo un contexto clínico de adultos con TDAH y sujetos con infarto cerebral. Comparándose el EEG de dos sujetos que habían sido diagnosticados por un especialista con TDAH. Como resultado del proceso completo se llevó a cabo la clusterización y obteniéndose un cluster adicional, lo que refleja la similitud del EEG de estos dos sujetos la diferencia con el resto de la Base Normativa (Fig 2). Además proporcionó una magnitud de desviación que estaba fuera de lo aceptable dentro de la normalidad. A la magnitud de la desviación también se comprobó que era significativa en los ritmos que usualmente son asociados a esta patología. Por otro lado se repitió el proceso para un paciente de accidente cerebro vascular obteniéndose los mismos resultados (Fig 2).

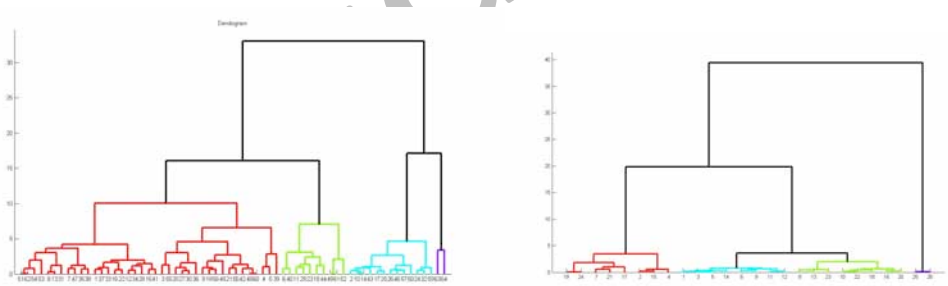


Figura 2. (Izquierda) Dendograma aplicado en la clusterización de la Base Normativa junto con dos pacientes de TDAH. (Derecha) Dencograma resultante con dos sujetos con un accidente cerebro **vascular**

4. Conclusiones y trabajos futuros

El presente trabajo aporta una nueva técnica en el desarrollo de Bases Normativas EEG y abre el camino a nuevos trabajos de investigación, como podrían encontrarse: replicar las técnicas diseñadas en otras métricas de la señal EEG sobre el dominio temporal tales como la coherencia, fase o simetría. Además de replicar las técnicas diseñadas sobre una población infantil, en la cual el EEG sufre importantes cambios producidos por la maduración fisiológica del cerebro produciendo una alta variabilidad intrapersonal entre la señal EEG de diferentes sujetos en la edad infantil. Por otro lado, se podría desarrollar una base de sujetos patológicos cuya patología posea diferentes tipos, cada uno de ellos caracterizados por diferentes

anomalías dentro del EEG, de tal forma se podría identificar al paciente dentro del subtipo de patología en función de la similitud de su EEG con respecto a los caracterizados en cada subtipo de patología.

Referencias

[1]M. Congedo, J. F. Lubar. Parametric and Non-Parametric Normative Database Comparisons. Electroencephalography: A Simulation Study on Accuracy, Journal of Neurotherapy, Vol 7, no. 3, pp.1-29, 2003.

[2] K. E. Thornton, D. P. Carmoby. Eyes-closed and Activation QEEG Databases in Preciting Cognitive Effectiveness and the Inefficiency Hypothesis. Journal of Neurotherapy. Vol.13, no.1, pp. 1-21, 2009.

[3] R. W. Thatcher. EEG normative databases and EEG biofeedback. Journal of Neurotherapy. Vol.2, no. 4, pp. 8-39, 1998.

[4] J. L. Hernández, P. Valdés, R. Biscay, T. Virues, S. Szava, J. Bosch, A. Riquenes, I. clark. A global scale factor in brain topography. International Journal of Neuroscience. Vol. 76, no.3, pp. 267-278, 1994.

[5] E. R. John. Neurometrics: Quantitative Electrophysiological Analyses. Functional Neuroscience, New Jersey, 1977.

[6] T. Gasser, P. Bcher, J. Mcks. Transformations towards the normal distribution of broad band spectral parameters of the EEG. Electroencephalog. Clin. Neurophysiol. Vol 53, pp. 119-24, 1982.

[7] G. E. P. Box, D. R. Cox. An analysis of transformations. J. r. Stat. Soc. Vol.26, pp. 211-52, 1964.

[8] A. Bhattacharrya. On a measure of divergence between two statistical populations defined by probability distributions. Bull. Calcutta Math. Pp. 99-109, 1943.

Iberdiscap

APEDROS: Asistencia a Personas con Discapacidad mediante Robots Sociales

I. García-Varea[1], A. Jiménez-Picazo[1], J. Martínez-Gómez[1], A. Revuelta-Martínez[1], L. Rodríguez-Ruiz[1], P. Bustos[2], P. Nuñez[2]

[1]Universidad de Castilla-La Mancha: Avda. De España s/n, 02071 Albacete, España. Tel.: +34967599200, Fax: +34967599224, ismael.garcia@uclm.es, alejandro.jimenez@uclm.es, jesus.martinez@uclm.es, alejandro.revuelta@uclm.es, luis.rruiz@uclm.es

[2]Universidad de Extremadura: Cáceres, España, Tel.: +34-927 257 259, Fax:+34-927 257 202 pbustos@unex.es, pnuntru@unex.es

Iberdiscap

Resumen.

Uno de los principales retos sociales en países desarrollados es el de la atención a las personas dependientes y el procurar mejorar su calidad de vida promocionando su autonomía personal. Un gran paso en este sentido sería la utilización de las modernas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en este ámbito. De hecho últimamente se está demostrando cómo la robótica juega un rol importante en este tipo de situaciones y retos, siendo de especial interés la robótica social. En este trabajo presentamos el proyecto APEDROS, poniendo especial atención a los objetivos a cubrir durante su desarrollo, cuya última finalidad es la de mejorar el bienestar social y la calidad de vida de las personas dependientes haciendo uso de la robótica social. Por tanto, el principal objetivo de este proyecto es desarrollar y evaluar experimentalmente formas de interacción Hombre-Robot que pongan de manifiesto las ventajas y/o inconvenientes del uso de la robótica social en este tipo de escenarios.

Palabras clave: Robótica social, discapacidad, interacción multimodal hombre-robot

1. Introducción

En este trabajo presentamos la finalidad y objetivos a desarrollar dentro del proyecto APEDROS (Ayuda a PErsonas con Discapacidad mediante RObots Sociales), cuya propuesta ha sido recientemente evaluada y aceptada para su financiación por el Gobierno Regional de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (España). En este proyecto se plantea que la robótica social - cuyo fin es la interacción y la comunicación del robot con humanos siguiendo comportamientos, normas y patrones sociales - puede mejorar el bienestar social, así como la calidad de vida de las personas dependientes.

En este sentido, el principal objetivo del proyecto APEDROS es investigar y desarrollar tecnologías de Interacción multimodal Hombre-Robot (HRI) para integrarlas en un prototipo existente de robot social. Por otra parte, pretendemos realizar una evaluación experimental en entornos reales. Así, seremos capaces de poner de manifiesto las ventajas y/o inconvenientes del uso de la robótica social para la mejora de la calidad de vida de las personas dependientes.

Sin subestimar la enorme dificultad de esta tarea, que en numerosas ocasiones ha generado falsas expectativas y ha podido ver disminuido su interés dentro de la comunidad científica, pensamos que sólo el

trabajo continuado del mayor número posible de grupos de investigación en los diferentes retos propuestos proporcionará nuevos marcos teóricos y el desarrollo de la tecnología necesaria para satisfacer las necesidades de la sociedad.

2. Motivación, justificación y objetivos

La sociedad actual tiene ante sí una amplia diversidad de retos sociales. Entre ellos, destaca la atención a la población en situación de dependencia[4], un fenómeno que afecta a todas las edades, no sólo a las personas mayores.

Es evidente, que existe un interés cada vez mayor en el análisis y estudio de cómo las nuevas tecnologías pueden ayudar a mejorar las condiciones de vida de las personas dependientes. En la literatura reciente encontramos dos argumentos principales para justificar la inversión en esta materia [1]. En primer lugar, se espera que los países occidentales afronten en un futuro próximo una falta de personal cualificado para el desarrollo de este trabajo. Por otro lado, es lógico pensar que la población dependiente prefiera continuar su vida con normalidad todo el tiempo posible, en su propia casa y espacios conocidos, en lugar de en residencias u hospitales. En atención a estas necesidades, el proyecto APEDROS propone crear una base de conocimiento novedosa sobre tecnología y herramientas tecnológicas que permitan mejorar la calidad de vida de estas personas dependientes.

En los últimos años, la robótica está ampliando su campo de acción, implantándose cada vez más en los hogares [2]. En el contexto actual de robots programados para facilitar y mejorar la calidad de vida de las personas dependientes, se pueden distinguir dos líneas de investigación bien diferenciadas [3]. En primer lugar, existen hoy en día los conocidos como robots para rehabilitación, donde no existe interacción real entre el usuario (en nuestro caso la persona dependiente) y la máquina (silla de ruedas, exoesqueleto, etc.). La funcionalidad de este tipo de robots se centra en la ayuda a las personas que presentan cierta discapacidad, normalmente física, en tareas de rehabilitación o movilidad. Por otro lado, existe una segunda línea de trabajo donde un segundo tipo de robots, los conocidos como robots sociales, permiten una interacción Hombre-Robot (HRI de sus siglas en inglés) siguiendo las normas, patrones y comportamientos sociales.

Siguiendo la línea de investigación en robótica social, y como ya hemos comentado en el apartado anterior, el principal objetivo de este proyecto es desarrollar y evaluar experimentalmente formas de HRI que pongan de manifiesto las ventajas y/o inconvenientes del uso de la robótica social en este tipo de escenarios. Por ello, APEDROS plantea tres subobjetivos científicos novedosos en el área de la robótica social y de servicios:

- Estudio y desarrollo de nuevas arquitecturas de control cognitivo y su implementación en la arquitectura hardware disponible que permitan al robot obtener información del entorno a partir de sus sensores y dotarle de autonomía.

[4] La dependencia se define por las recomendaciones del Consejo de Europa como "un estado en el que se encuentran las personas que ligadas a la falta o la pérdida de autonomía física, psíquica o intelectual tienen necesidad de asistencia y/o ayudas importantes a fin de realizar los actos corrientes de la vida diaria"

Iberdiscap

- Diseño de mecanismos de interacción multimodal humano-robot adecuados para cada uno de los escenarios definidos y según el perfil de usuario.
- Evaluación, validación y valoración del impacto de la utilización de robots sociales sobre la calidad de vida de las personas.

De manera adicional, y dado que contamos con la asesoría médico-técnica de un equipo de especialistas en rehabilitación, se establecerán una serie de escenarios y casos de estudio que aborden diferentes acciones en función del propósito y del tipo de implicación que se solicita al usuario. En última instancia, se intentará llevar a cabo una experimentación real sobre estos escenarios (diseñados a priori a tal efecto), recopilando información y utilizando la misma en las distintas fases del proyecto. Como resultado de esta experimentación se obtendrán recomendaciones y cambios en el diseño físico del robot, así como en la arquitectura cognitiva desarrollada para la interacción multimodal.

3. Proyecto APEDROS

El principal objetivo del proyecto APEDROS es integrar las tecnologías existentes, y las que se desarrollarán dentro del mismo, de interacción multimodal Hombre-Robot en un prototipo existente de robot social, así como su evaluación de manera experimental, de manera que pongan de manifiesto las ventajas y/o inconvenientes del uso de la robótica social para la mejora de la calidad de vida de las personas que ven limitada su autonomía debido al deterioro de sus capacidades funcionales.

El principal grupo involucrado en el proyecto APEDROS es el grupo de Sistemas Inteligentes y Minería de Datos (SIMD) de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), que aporta la mayoría de investigadores. El resto de investigadores lo proporciona el grupo *Pattern Recognition and Human Language Technology* (PRHLT) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) además del equipo médico mencionado anteriormente.

3.1. Planificación

Para llevar a cabo las tareas necesarias que permitan cumplir los objetivos planteados, el proyecto se estructura en un conjunto de módulos, cada uno centrado en un objetivo específico. A continuación se describirá brevemente el tipo de tareas desarrolladas en cada uno de ellos.

- Módulo 1: Autonomía del robot. Dentro de este módulo se agrupan todas las tareas relacionadas con la construcción física del robot. Más específicamente, el trabajo desarrollado dentro de este módulo está encaminado a la creación de una plataforma robótica móvil, dotada con una cabeza expresiva y un actuador consistente en un brazo mecánico. Además, se dotará al robot de los sensores necesarios (cámaras, micrófonos, etc.) para permitirle obtener información del entorno. Por último, las tareas necesarias para dotar al robot de un mecanismo de autolocalización básico también se encuentran integradas aquí.
- Módulo 2: Este módulo se plantea como respuesta al objetivo de comunicación con el usuario por medio del lenguaje natural. Por un lado, se abordará todo el trabajo necesario para permitir al robot comprender órdenes transmitidas por el usuario en forma de comandos y frases habladas. Para ello, se definirán dos tareas principales: reconocimiento del habla y comprensión del lenguaje. Además, se definen dentro de este módulo todas las tareas necesarias para permitir al robot emitir mensajes comprensibles para el usuario en forma de frases habladas en lenguaje natural.

Iberdiscap

- Módulo 3: Además del tipo de comunicación desarrollado en el módulo anterior, uno de los objetivos del proyecto es permitir que el robot adquiera información del usuario y, en general, del entorno por medio de las imágenes que son capturadas por la cámara. En concreto, se abordan tareas como la localización visual del usuario y otros objetos del entorno, así como el reconocimiento de gestos y expresiones humanas. Al igual que en el módulo 3, la comunicación visual se plantea como un mecanismo bidireccional. Por tanto, parte del trabajo de este módulo se centra en conseguir que el robot sea capaz de generar gestos y expresiones que el usuario pueda percibir adecuadamente. Como resultado del trabajo realizado en los módulos 2 y 3 se dotará al robot de un canal de comunicación multimodal.
- Módulo 4: Este módulo será descrito con más detalle en la sección 4. Como introducción a lo que se desarrollará en dicha sección, puede decirse que el principal objetivo a cubrir aquí es la validación del desempeño del robot en escenarios con usuarios reales.

3.2. Estructura del Proyecto

Las tareas descritas en la sección anterior se engloban utilizando la organización mostrada en la Fig. 1, donde identificamos 3 ámbitos principales: toma de decisiones, procesamiento de imágenes e interacción persona-robot.

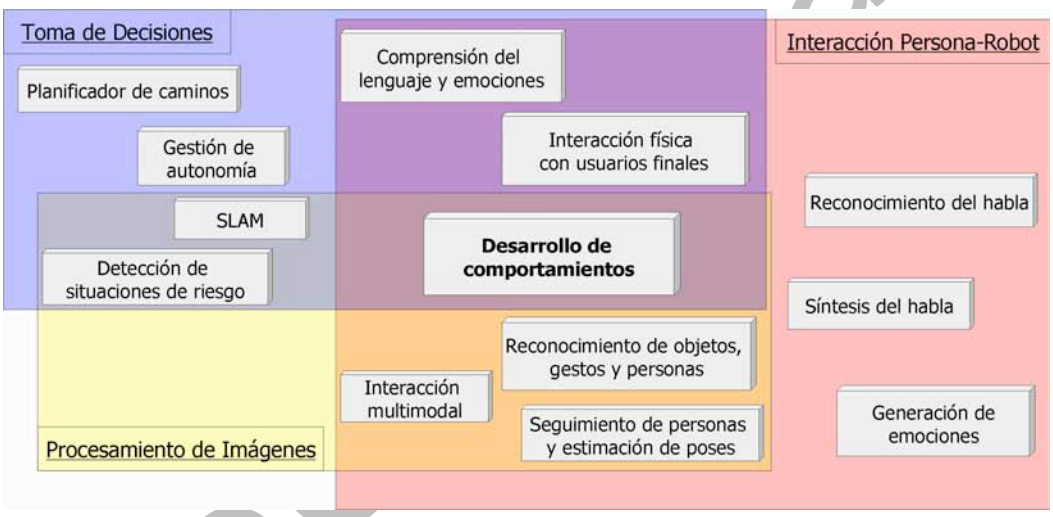


Figura 1. Estructura del proyecto

Las tareas del ámbito de la toma de decisiones tienen el objetivo de implementar la inteligencia del robot, principalmente a través de la tarea *desarrollo de comportamientos*. La *gestión de autonomía*, *planificación de caminos*, *SLAM* y *detección de situaciones de riesgo* otorgan al robot el grado de autonomía necesaria para moverse por su entorno de forma segura sin la supervisión de ningún agente externo.

Dentro del ámbito de la interacción persona-robot encontramos una serie de tareas que permitirán una interacción natural, intuitiva y multimodal entre el robot y las personas de su entorno. Los dos principales canales de comunicación serán la voz y la información visual (principalmente gestos).

Por último, las tareas del procesamiento de imágenes están orientadas a obtener la mayor cantidad de información útil a través de la cámara visual del robot. Esta información mejorará la multimodalidad en la interacción y permitirá al robot aumentar el conocimiento sobre aspectos clave, como pueden ser la postura que posee el interlocutor o el gesto que se encuentra realizando.

4. Entorno experimental

Uno de los principales objetivos del proyecto que se describe en este artículo es la definición e implementación de un entorno experimental que permita medir la mejora lograda en la calidad de vida de las personas dependientes. Con este fin, y con la colaboración del equipo de rehabilitación asesor, se diseñarán y se llevarán a cabo una serie de experimentos con usuarios y situaciones reales.

Se han establecido los diferentes tipos generales de escenarios de interacción y casos de estudio que se considerarán para el diseño del marco experimental y de las pruebas concretas que se llevarán a cabo en él. Dichos casos son los siguientes:

- Toma de contacto inicial entre la persona dependiente y el robot, interactuando oral y gestualmente. En esta fase se le dará gran importancia a la capacidad del robot de romper las barreras y reparos que los usuarios puedan tener ante este tipo de tecnologías.
- Monitorización de los movimientos de la persona dependiente en espacios de interior y detección de situaciones de riesgo como pueden ser caídas o desorientaciones.
- Ayuda a la orientación espacial y temporal de la persona dependiente mediante apoyos cognitivos.
- Estimulación cognitiva de la persona dependiente mediante ejercicios, juegos y pruebas adaptados a las necesidades del usuario.

A partir de los tipos de escenarios considerados se han determinado los requisitos mínimos que debe satisfacer el robot para poder integrarse en los entornos y tareas propuestas. En concreto, será necesario que el robot sea capaz de:

- Reconocer, identificar y seguir a lo largo del tiempo a las personas que estén en su campo de operación.
- Interactuar con personas activamente estableciendo una comunicación verbal (utilizando técnicas de reconocimiento y síntesis del habla) y no verbal (haciendo uso de técnicas de reconocimiento y generación de caras, gestos y emociones).
- Identificar no sólo a las personas sino también los elementos relevantes del escenario.
- Integrar todas las tecnologías de manera que se complementen entre ellas y así lograr una interacción multimodal natural y fluida.

En el momento en que se disponga de un prototipo funcional se determinarán, junto con el equipo médico asesor, un conjunto de casos y usuarios reales que encajen dentro de los escenarios propuestos y donde se considere que el robot pueda ayudar a la persona dependiente. Una vez hecha la selección, los experimentos se realizarán en dos fases diferenciadas:

- Una primera fase en la que uno de los miembros del equipo investigador simulará ser la persona dependiente. De esta forma se podrá comprobar que la actuación del robot está dentro de los parámetros definidos y se evitará en lo posible que la persona dependiente se encuentre con errores técnicos.
- En segundo lugar se harán pruebas con una persona dependiente en sesiones estrechamente controladas por los equipos investigador y médico. En esta fase se obtendrán los resultados que se usarán para la evaluación del prototipo.

Iberdiscap

Una vez se hayan obtenido los resultados para los casos reales que fueron seleccionados, se procederá a su análisis para así poder evaluar el prototipo. Esta evaluación permitirá validar las técnicas desarrolladas y plantear mejoras en ellas permitiendo seguir un proceso de desarrollo iterativo e incremental. Para ello se propone una metodología basada en tres etapas de estudio:

- Estudiar y determinar los requisitos del sistema esenciales en base al estudio de las necesidades y expectativas de la persona dependiente y del entorno donde se realiza la prueba.
- Implementar un diseño de interacción hombre-robot y evaluarlo con expertos y usuarios finales.
- Ajustar el sistema robótico con las conclusiones obtenidas.

Al evaluar la interacción hombre-robot, uno de los pasos más importantes (sobre todo en etapas tempranas) será la evaluación de aceptabilidad del sistema por parte del usuario, para ello se propone utilizar modelos psicosociales de aceptación de la tecnología [4] y, más exactamente, el conocimiento disponible sobre aceptabilidad de sistemas de ayuda a personas dependientes en casa.

El diseño de interacción requiere un sistema de evaluación de la calidad que sobrepasa las capacidades de los sistemas de ingeniería de usabilidad y factores humanos orientados a la tarea. Esto es debido a las peculiaridades de su propósito (mejora de las capacidades funcionales y calidad de vida) y el tipo de interacción propuesta (interacción social humano-robot). Como solución se propone evaluar la secuencia de interacciones sociales entre la persona dependiente y el sistema autónomo en los diversos contextos de uso, evaluando el efecto sobre el usuario a partir de su estado de ánimo [5].

Para evaluar el impacto psicosocial producido por la introducción de la robótica social en el entorno de una persona dependiente así como las expectativas que tenga el usuario sobre esta tecnología se usarán los parámetros objetivos y subjetivos descritos en la literatura [6], [7].

Por último hay que destacar que el impacto de la interacción con robots sociales sobre la calidad de vida del usuario será estudiado en cambios detectados a medio plazo y no durante la sesión en sí. Para calcular este impacto se definirán, por un lado, una serie de variables cognitivas, emocionales y conductuales que se usarán para analizar las percepciones de las personas dependientes, sus familiares y cuidadores. Por otro lado, se definirán otras variables para describir el comportamiento del usuario (como son su autonomía, su actividad, etc.).

5. Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo hemos presentado la finalidad y objetivos a abordar durante el desarrollo del proyecto APEDROS, en el que principalmente se pretende utilizar la robótica social para proporcionar asistencia a personas con dependencia. De entre todos los objetivos planteados, uno de los más importantes es el desarrollo de un marco experimental que suponga un salto cualitativo en la evaluación de sistemas robóticos sociales para la promoción de la calidad de vida.

Debido al enfoque dado al proyecto y gracias a la colaboración con un equipo médico de rehabilitación, al final del proyecto se espera haber construido un prototipo completamente funcional que implemente todas las técnicas desarrolladas.

Además se espera que el equipo investigador estreche lazos con el equipo médico y también que se familiarice con los problemas y métodos propios de este nuevo campo abriendo así la puerta a nuevos desarrollos conjuntos que apliquen las TICs a problemas relacionados con la sanidad y salud públicas.

iberdiscap

Referencias

[1] Comité Español de Automática. Libro Blanco de Robótica, 2006.

[2] B. Gates. *A robot in every home*. Scientific American Magazine, 1(296):44-51, 2007.

[3] J. Broekens, M. Heerink, H. Rosendal. *Assistive social robots in elderly care: a review*. Gerontechnology, 2(8):94-103, 2009.

[4] R. P. Bagozzi, F. D. Davis, P. R. Warshaw. Development and Test of a Theory of Technological Learning and Usage. Human Relations, 45(7):659-686, julio 1992.

[5] M. Ventura, S. Llorens, M. Salanova. El rol de la autoeficacia en el estudio del Engagement. En Universitat Jaume I, editor, Jornades de Foment de la Investigación, 2007.

[6] G. J. Gelderblom, L. P. de Witte, L. Demers, R. Weiss-Lambrou, B. Ska. The Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0): *An overview and recent progress. Technology & Disability*, 14(3):101-106, 2002.

[7] A. Jardón, R. Correal, S. Martínez, A. Giménez, C. Balaguer. ASIBOT: robot portátil de asistencia a discapacitados. Concepto, arquitectura de control y evaluación clínica, pp. 127-144. Universidad Carlos III, Madrid, 2008.

Iberdiscap

Iberdiscap

AHM, videojuego basado en audio y háptica para el desarrollo de la orientación y movilidad en estudiantes ciegos

J. Sánchez[1], N. de la Torre[2]

[1]Universidad de Chile, Departamento de Ciencias de la Computación, Centro de Investigación Avanzada en Educación: Blanco Encalada 2120, Santiago, Chile, jsanchez@dcc.uchile.cl

[2]Universidad de Chile, Departamento de Ciencias de la Computación, Centro de Investigación Avanzada en Educación: Blanco Encalada 2120, Santiago, Chile, ntorre@c5.cl

Resumen.

Este estudio presenta el impacto cognitivo del uso del videojuego Audio Haptic Maze (AHM), basado en audio y háptica, en el desarrollo de habilidades de orientación y movilidad en jugadores con discapacidad visual en edad escolar. Se utilizó el entorno virtual provisto por el videojuego para sustentar la captación y transformación de información auditiva y háptica, como herramienta que permitiese a los usuarios realizar rutas de navegación mediante la aplicación de estrategias de orientación y movilidad (O&M) basadas en estos estímulos. Los resultados obtenidos demuestran que el uso combinado de audio y háptica en entornos virtuales resultan eficaces en el desarrollo de habilidades de O&M en estudiantes ciegos.

Palabras clave: Entornos Virtuales, Orientación y Movilidad, Videojuegos, Personas Ciegas.

1. Introducción y contenidos

Gran parte de las actividades que cotidianas requieren del uso de la visión como principal sentido para la obtención de la información. La carencia de este canal perceptivo dificulta la realización de tareas que requieren de una organización espacial. Por ello, la orientación y movilidad (O&M) que una persona ciega puede llegar a desarrollar, estará determinada por la capacidad de procesar y sintetizar la información del ambiente [11].

Orientación es la habilidad para reconocer el ambiente y establecer la propia posición en relación al espacio. Movilidad es la habilidad física de desplazarse en forma ordenada, eficiente y segura por el ambiente [4].

Las nuevas tecnologías buscan facilitar a las personas ciegas el acceso a la información a través de la generación de una representación coherente y entendible de los datos que conforman un entorno. En el caso específico de las personas ciegas, esta representación puede ser hecha usando realidad virtual, dado que posibilita la creación de mundos virtuales donde el usuario ciego puede interactuar libremente sin obstáculos [15], vislumbrándose el uso de estas tecnologías como un recurso para la enseñanza y el aprendizaje [5]. De esta forma, la aplicación de tecnología al contexto de O&M, surge como una opción para que las personas ciegas puedan utilizar otros sentidos para percibir el ambiente, como es el caso del tacto [13].

Iberdisap

Diversos estudios han permitido comprobar que el uso de entornos virtuales e interfaces adecuadas permiten mejorar las habilidades de O&M en personas ciegas [6]. En el caso de los entornos virtuales basados en audio, se ha comprobado que estos permiten a usuarios ciegos generar la construcción de mapas mentales de los entornos recorridos. Es el caso de *Audiochile*, videojuego con sonido 3D que representa diferentes ciudades de Chile, donde los jugadores deben llevar a cabo misiones de desplazamiento y resolver problemas para recorrer estas ciudades. El uso de sonido en este videojuego estimula el desarrollo de estructuras cognitivas temporales y espaciales, así como la O&M de niños ciegos [10]. El videojuego AbES [6] está conformado por pasillos con feedback icónico sonoro, lo que permite a los usuarios ciegos construir una representación mental de los entornos virtuales navegados en base a pistas sonoras, siendo una herramienta útil para el entrenamiento de habilidades de O&M [6].

En relación al uso del tacto en personas ciegas como medio para la obtención de información del entorno, se han establecido dos categorías de percepción [14]: (1) Percepción táctil, que corresponde a la información percibida por vía cutánea y (2) Percepción Kinestésica, que se refiere a la información que obtiene por medio de músculos y tendones. La combinación de ambos tipos de percepción táctil es lo que se denomina percepción háptica[14].

Mioduser y Lahav [12] han estudiado el uso de háptica para el desarrollo de habilidades de O&M mediante figuras geométricas, diseñando un ambiente virtual en que a través de un dispositivo háptico se les permite a usuarios ciegos recorrer el ambiente como una maqueta, trazando rutas de desplazamiento. Además de hacer factible la O&M en entornos virtuales, este estudio plantea que al terminar cada ruta, los usuarios fueron capaces de representar en forma exacta los ambientes navegados [12].

La combinación de audio y háptica en entornos virtuales muestra resultados favorables para la O&M de personas ciegas. GRAB Project [8], utiliza audio y háptica para posibilitar la interacción de personas ciegas con entornos virtuales 3D, dándole la posibilidad de percibir texturas suaves y rígidas cuando navegan, al mismo tiempo que percibir la trayectoria, colisiones entre el usuario y los objetos virtuales al desplazarse. En esta línea, el videojuego MOVA3D [6] apoyado en la metáfora de reloj [3] y utilizando un entorno virtual basado en la representación de un entorno real a través de pistas audibles y un dispositivo háptico llamado carpeta de reloj (alfombra táctil), posibilita la ejecución de estrategias de O&M para navegar en el entorno virtual.

Al comparar el sentido de la visión con el háptico, tomando en cuenta la posición secundaria otorgada a esta última como canal perceptivo, es necesario establecer que cada sentido está especializado para la codificación y procesamiento de distintas propiedades de los objetos. La visión está especializada en la percepción de propiedades estructurales (forma, tamaño) de los objetos [14], mientras que la percepción háptica, de las propiedades de las sustancias (peso, textura y temperatura), propiedades que difícilmente podrían ser percibidas por la visión [2]. Revesz [1] destaca la independencia del sentido táctil respecto a los modos de funcionamiento de la visión, esencialmente por su carácter secuencial. De igual forma, en el caso de propiedades que si son perceptibles de forma visual como rugosidad y porosidad, la percepción háptica es capaz de igualar o superar la especificidad de la percepción visual [2].

Dada la factibilidad del uso de entornos virtuales basados en audio y aquellos basados en háptica para el desarrollo de habilidades de O&M, el propósito de este estudio fue evaluar el impacto de Audio Haptic Maze (AHM), videojuego basado en audio y háptica, en el desarrollo de habilidades de orientación y movilidad en estudiantes ciegos en edad escolar.

Iberdiscap

2. Metodología

2.1 Audio Haptic Maze (AHM)

AHM es un videojuego basado en audio y háptica. El jugador debe navegar por pasillos y habitaciones, incorporando sonidos icónicos y elementos hápticos a su estructura mental, para implementar rutas de desplazamiento. La misión consiste en escapar del laberinto, para lo cual el jugador debe buscar y encontrar cofres que contienen llaves y tesoros. Estas llaves poseen la forma de figuras geométricas y abren ciertas puertas del laberinto, teniendo que probar e identificar qué llave abre tal o cual puerta.

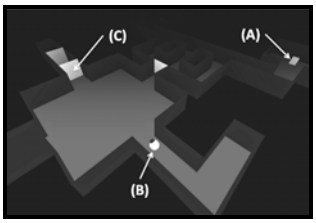


Figura 1. Interfaz gráfica de AHM utilizada por el facilitador.

En la figura 1, se aprecia la interfaz gráfica de AHM que utiliza el facilitador con los elementos disponibles en el mapa, en el que (A) es un cofre con joyas, (B) Personaje del videojuego controlado por el usuario, y (C) Representa una puerta del laberinto.

La interacción con audio se realiza mediante sonido estéreo que el jugador capta utilizando audífonos. De esta forma, todas las acciones y elementos del entorno están provistos de una señal audible particular. En cuanto a la interacción háptica, esta se lleva a cabo con un teclado estándar PC y el joystick Novint Falcon. Este dispositivo permite que el usuario se mueva en 3 ejes (vertical, horizontal y en profundidad). Todos los objetos del mapa contaban con una textura particular, posibilitando la identificación y diferenciación componentes del ambiente virtual.

Figura 2. Dispositivo háptico, Novint Falcon.

2.2 Evaluación Cognitiva

Muestra

La muestra fue de carácter intencional, compuesta por 7 estudiantes ciegos, con edades entre 10 y 15 años, de los cuales 4 eran hombres y 3 mujeres, todos pertenecientes a Educación General Básica.

Iberdiscap

#	Gen	Edad	Diagnóstico Oftalmológico	Tipo Visión
1	F	10	Ceguera por tumor cerebral	Ceguera
2	M	11	Retinopatía del Prematuro	Ceguera
3	M	10	Ceguera Bilateral	Ceguera
4	F	11	Microftalmia	Ceguera
5	M	13	Amaurosis Congénita de Leber	Ceguera
6	M	15	Amaurosis Congénita	Ceguera
7	F	15	Retinopatía del Prematuro	Ceguera

Tabla 1. Detalle de la muestra.

Instrumentos

Se utilizó una Lista de Control de Habilidades de O&M diseñada especialmente para usuarios finales con las características de la muestra empleada, diseñándolo para 2 rangos etarios, de 10 a 12 años y de 13 a 15 años. El instrumento se aplicó al inicio y termino de la intervención cognitiva en un estudio de tipo pre-test/pos-test. Este instrumento constó de 3 dimensiones a evaluar: (1) Percepción sensorial, (2) Desarrollo temporal espacial, y (3) Habilidades de O&M. La validación se realizó aplicando el instrumento a una muestra distinta a la del estudio, pero con similares características, a modo de identificar errores en la comprensión y medición de resultados.

Además del instrumento de pre-test y pos-test, para cada tarea de cognición se construyó una Lista de Cotejo con los indicadores propuestos en el instrumento de O&M, de manera de comprobar la utilización de la información audible y háptica proporcionada por AHM, en la medida que los jugadores interactuaban y representaban los entornos virtuales navegados. Cada una de las acciones realizadas por los jugadoresfue evaluada y calificada por una especialista en discapacidad visual.

Tareas Cognitivas

Se realizaron 12 sesiones de tareas de cognición de 35 minutos con cada jugador, en una sala equipada con una estación de trabajo compuesta por un notebook cargado con el videojuego, un dispositivo joystick Novint Falcon y audífonos. Las actividades se centraron en: (1) Utilización del dispositivo Háptico, (2) Reconocimiento y asociación de figuras geométricas, (3) Identificación y asociación de sonidos del videojuego, y(4) Navegación en el laberinto. En forma complementaria, cada vez que un jugador finalizó una tarea, se le solicitó realizar una representación gráfica de los sectores del laberinto recorridos utilizando material concreto especialmente adaptado para usuarios ciegos, con la finalidad de determinar el modelo mental generado en base a pistas de audio y háptica. La corroboración de los desplazamientos del jugador en el videojuego y posterior representación gráfica, se realizó con la aplicación “Analizador de Ruta” incorporada en el mismo videojuego. Este analizadormarcaba los sectores por los que el jugador navegó al momento de jugar, permitiendo analizar las rutas y estrategias de desplazamiento utilizadas al integrar las distintas secciones recorridas del laberinto a su modelo mental.

Iberdiscap

Figura 3. Jugador en estación de trabajo y
Representación gráfica modelo mental del entorno virtual navegador.

Todo el trabajo realizado por los jugadores fue acompañado por un facilitador, quién guió y evaluó el desarrollo de cada actividad.

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de la evaluación de habilidades de O&M se expresarán en razón de las diferenciasde las medias del pre-test y pos-test, según grupo etario.

La muestra etaria de 10 a 12 años evidenció un incremento en las medias de desempeño de pre-test/pos-test en todas las dimensiones evaluadas. En la dimensión "Percepción Sensorial", la fluctuación de puntaje es del rango 0 a 72 puntos, siendo la media del pre-test de 65,75 puntos y la media de post-test de 70,75 puntos, aumentando en 5 puntos el desempeño final. En la dimensión "Desarrollo Temporal Espacial", con un rango de puntaje que va desde 0 a 34 puntos, la media en el pre-test fue de 24,45 puntos y en el post-test de 28,75 puntos, aumentando 4,35 puntos. Finalmente, en la dimensión "Habilidades de O&M", con un rango de puntaje desde 0 a 52 puntos, la media en el pre-test fue de 32,31 puntos y la media en el pos-test de 48,75 puntos, lo que refleja un aumento de 16,44 puntos. Al realizar una prueba T sobre estos datos, se obtuvo que las diferencias entre las medias de pre-test y pos-test en las dimensiones "Percepción Sensorial" y "Desarrollo Temporal Espacial" no resultaron estadísticamente significativas. Sin embargo, en la dimensión "Habilidades de O&M" la diferencia de las medias fue estadísticamente significativa. ($t = -4{,}323$; $p < 0.05$).

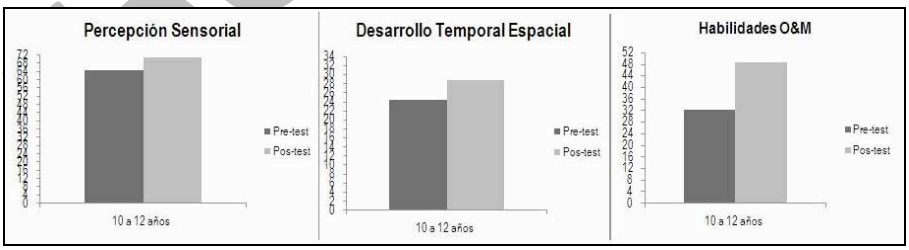


Figura 5. Resultados de habilidades de O&M en el pre-test y pos-test del grupo etario de 10 a 12 años.

En la evaluación del grupo etario de 13 a 15 años, de igual forma, se evidencia incremento en sus medias de desempeño pre-test/pos-test en todas las dimensiones. En la dimensión "Percepción Sensorial, cuyo rango de puntaje va de 0 a 68 puntos, la media del grupo en el pre-test alcanzó los 59,00 puntos, mientras

que el post- test 68,00 puntos, con un aumento de 9 puntos en el desempeño final. En la dimensión "Desarrollo Temporal Espacial" que varía en un rango de puntaje desde 0 a 34 puntos, la media del grupo en el pre-test fue de 33,33 puntos y en el pos-test fue de 34,00 puntos, lo que muestra un aumentó 0,67 puntos en la media. Finalmente, la dimensión "Habilidades de O&M", cuyo puntaje va de 0 a 44 puntos, la media alcanzada en el pre-test llegó a 34,00 puntos y en el pos-test a 43,67puntos, observándose un aumento de 9,67 puntos promedio. Al realizar una Prueba T sobre los datos, se obtuvo que la diferencia de las medias pre-test/pos-test en las dimensiones "Desarrollo Temporal Espacial" y "Habilidades de O&M" no fue estadísticamente significativa. Sin embargo, en la dimensión "Percepción Sensorial" la diferencia de las medias pre-test/pos-test fue estadísticamente significativa ($t = -5,197$; $p < 0.05$).

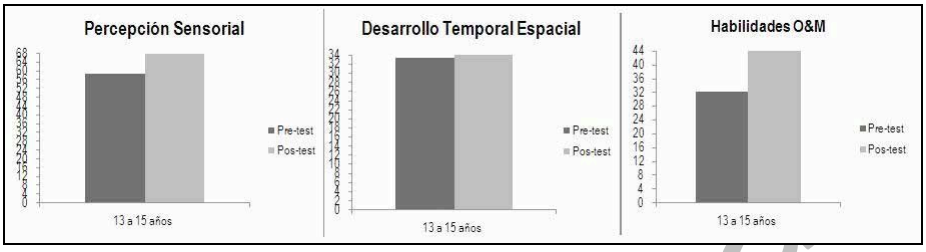


Figura 6. Resultados Habilidades de O&M en etapa pre-test y pos-test del grupo etario de 13 a 15 años.

De los resultados obtenidosen etapa de pre-test y pos-test es posible concluir que las tareas de cognición realizadas resultan efectivas al momento de generar aprendizajes para el desplazamiento y navegación en entornos virtuales basados en audio y háptica, favoreciendo el desarrollo de habilidades de O&M en estudiantes ciegos, evidenciado en la ganancia de puntaje en todas las dimensiones de trabajo propuestas.

4. Conclusiones y trabajos futuros

En razón de la utilización de un videojuego basado en audio y háptica como herramienta para el desarrollo de habilidades de O&M en jugadores ciegos, es posible señalar en base al uso de audio, que el uso de sonidos icónicos adecuadosfavorece el establecimiento de relaciones entre los elementos del entorno por parte de los jugadores ciegos, en especial, aquellos sonidos de carácter contextual ya que posibilitan la toma de decisiones y planificación de rutas de navegación en el laberinto.

En cuanto al uso de háptica, cabe destacar que los usuarios no tenían experiencia en el uso de dispositivos hápticos como el Novint Falcón, por lo que no sólo debieron aprender a interpretar la información del ambiente que este les proveía, sino que también establecer relaciones entre formas, texturas, fuerza y vibraciones a un plano de referencias para navegar y realizar las dinámicas de interacción propuestas por el videojuego. En términos generales, la aceptación del dispositivo fue muy buena en todos los usuarios, transformándose en una herramienta motivacional al momento de tener que interactuar con el videojuego. En cuanto al impacto cognitivo del uso combinado de audio-háptica, se mostró que permite generar un ambiente cercano al jugador, donde estos utilizaron los componentes hápticos para navegar y el sonido para imaginar las diversas situaciones en las que se encontraban al momento de realizar tareas cognitivas en el laberinto del videojuego. La aplicación del instrumento control de habilidades de O&M en la etapa de pre-test/pos-test, permite confirmar que los jugadores de ambos grupos etarios presentan un desarrollo significativo en sus habilidades de O&Mal finalizar la intervención cognitiva, debido a la interacción con el videojuego AHM. Esto se relaciona directamente con la eficacia de los desplazamientos al integrar información sonora y háptica al modelo mental del entorno navegado.

En cuanto a las representaciones gráficas del mapa mental de los usuarios al finalizar las sesiones de navegación, estos cuentan con todos los elementos sonoros y hápticos que componen el ambiente virtual

del videojuego, pero carecen de exactitud en cuanto a dimensiones y orientación de pasillos y habitaciones). De esta forma, se plantea como proyección de futura de este trabajo, profundizar el mapeo o representación cognitiva (entendido como un proceso de razonamiento espacial) del entorno virtual navegado, para evidenciar si la interacción con estímulos auditivos y hápticospor un tiempo más prolongado, permite mejorar la calidad de la representación del ambiente virtual navegado.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondecyt #1090352 y el Proyecto CIE-05 Programa de Centros de Educación PBCTConicyt.

Referencias

[1] D. Travieso. Desarrollos contemporáneos en la psicología del tacto. Psicothema. ISSN 0214 - 9915Vol. 14, nº 1, pp. 167-173, 2002.

[2] D. Travieso. Haptic and proprioceptive experience. Fundación Infancia y Aprendizaje. Estudios de Psicología, Vol.28, number2 pp.141-153(13), 2007.

[3] F. Gaunet. Verbal guidance rules for a localized wayfinding aid intended for blind-pedestrians in urban areas. Universal Access in the Information Society. Vol. 4, Number 4, 338-353,Doi:10.1007/s10209-003-0086-2, 2006.

[4] G. Song, J. Lovie-Kitchin, B. Brown. Does mobility performance of visually impaired adults improve immediately after orientation and mobility training? Optometry & Vision Science. Vol. 78, Issue 9, pp 657-666, 2011.

[5] J. Csete, Y. Wrong and D. Vogel. Mobile devices in and out of the classroom.In L. Cantoni &C. McLoughlin (Eds.) ED-MEDIA, pp.4729-4793, 2004.

[6] J. Sánchez, A. Tadres. A. Pacual-Leone and L. Merabet. Blind children navigation through gaming and associated brain plasticity, in Proceedings of the Virtual Rehabilitation International Conference, pp. 29-36, 2009.

[7] Sánchez, J., Sáenz, M., Ripoll, M., Garrido, J. (2010). Usability of a Multimodal Videogame to Improve Navigation Skills for Blind Children. ACM Transactions on Accessible Computing, TACCESS, Vol. 3, Nº 2, pp. 7-29.

[8] J. Sánchez, M. Sáenz and M. Ripoll. Usability of a Multimodal Videogame to Improve Navigation Skills for Blind Children.Proceedings of the Eleventh International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, Pittsburgh, PA, USA,October 26-28, 2009, pp. 35-42, 2009.

[9] J. Wood, M. Magennis. EFC. Arias, T. Gutierrez. The design and evaluation of a computer game for the blind in the GRAB haptic audio virtual Environment. Proceedings ofEuroHaptics 2003, pp 147-158, 2003.

[10] J. Sánchez, M. Sáenz. 3D sound interactive environments for blind children problem solving skills. Behaviour & Information Technology. Vol. 25, Issue 4, pp. 367–378, 2006.

[11] L. Bayardo. Configuración del entorno en invidentes congénitos que reciben estimulación háptica. Procesos de Razonamiento Espacial. Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Bogotá, Colombia, 2007. http://www.ribiecol.org/docs/DOCUMENTOpremioLBSR.pdf ultimo acceso 19 de Abril 2011.

[12] O. Lahav, D. Mioduser. Multisensory virtual environment for supporting blind person's acquisition of spatial cognitive mapping – a case study. World conference, 2001 .

[13] R. Lutz. Prototyping and evaluation of landcons: Auditory objects that support wayfinding of blind travelers. New Jersey Institute of Technology, 2006.

[14] S. Ballesteros. Percepción háptica de objetos y patrones realzados: Una revisión. Departamento de Psicología Básica. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Psiocthema, 1993, vol.5,nº2,pp 311-321., 2003.

[15] W. Yu, D. Reid and S. Brewster. Multimodal virtual reality versus printed medium in visualization for blind people. In Proceedings of ACM ASSETS, Edinburgh, Scotlant, pp.57, 2002.

Versión

Iberdiscap

Desenvolvimento de um jogo e periférico para avaliação da preensão em crianças

S. R. M. S. Boschi 1, A. F. Frerè 1, T. A. Scardovelli 1, A. P. Silva1, E. Dirani2

[1]Universidade de Mogi das Cruzes / Núcleo de Pesquisas Tecnológicas / Mogi das Cruzes, São Paulo, Brasil, Tel. (11) 4798-7000, e-mail: boschi@umc.br

[2]Pontifícia Universidade Católica / São Paulo, Brasil

Resumo. Essa pesquisa teve por objetivo desenvolver e testar um jogo computadorizado e um periférico adaptado para a avaliação da capacidade de preensão em crianças. Foi desenvolvido um periférico contendo 5 dispositivos que possibilitassem a realização dos movimentos de preensão, que é conectado a um computador para acionar um jogo computadorizado elaborado a partir de desenhos de um parque de diversão, seus personagens e seus movimentos, sendo estas imagens utilizadas como referência e inseridas no aplicativo software *Flash* versão CS4 para construção do jogo. O periférico-jogo foi testado por 19 crianças de ambos os sexos com idade variando de 3 a 9 anos, sem comprometimento motor, e avaliado por um fisioterapeuta. Com a comparação dos resultados periférico-jogo e fisioterapeuta foi possível verificar que o mesmo pode ser um instrumento auxiliar no processo de avaliação dos movimentos por porporcionar dados mais precisos dos movimentos.

Palavras clave: periférico; preensão; movimento; jogo; avaliaçã

1. Introdução

Várias são as doenças que podem ocasionar dificuldades motoras em crianças, entre elas a Paralisia Cerebral, causada por uma lesão permanente e não progressiva do cérebro em desenvolvimento, gera um distúrbio do movimento e da postura [1]. Nesses casos a habilidade da criança em utilizar a mão de forma adequada é comprometida pela diminuição da força a nível distal, fadiga, diminuição da velocidade de movimento e aumento do tônus muscular [2]. As crianças com hemiparesia apresentam um comprometimento da função da mão, com diminuição da qualidade do movimento e utilização da mão afetada com uma freqüência reduzida [3].O movimento de preensão pode ser dividido em duas fases: o alcance que envolve o transporte da mão até o objeto e o agarrar com a extensão dos dedos seguida de uma flexão das articulações metacarpofalangeanas com extensão das falanges distais e flexão das articulações distais [4]. Para o processo de avaliação funcional da mão encontram-se testes específicos para destreza manual [5] [6], testes que identificam como a criança realiza as atividades de vida diária [7] e testes específicos que analisam os padrões de movimento da função da mão [8] [9]. Essas avaliações funcionais, entretanto são subjetivas, pois os movimentos são analisados por observação e podem ser interpretados de formas diferentes. Este trabalho teve por objetivo desenvolver e testar a funcionalidade de um jogo computadorizado e de um periférico adaptado destinados a avaliar a capacidade de preensão em crianças.

2. Metodologia

Ibeardisegn

O periférico desenvolvido contém cinco dispositivos, sendo o primeiro uma maçaneta para avaliação do movimento de preensão cilíndrica (todos os dedos estão fletidos em torno de um objeto), o segundo um interruptor para a pinça ponta a ponta (envolve a ponta do polegar pressiona um objeto contra a ponta do dedo indicador), o terceiro um botão que gira para a preensão esférica (todos os dedos e o polegar são aduzidos em torno do objeto), o quarto uma chave para a pinça polpa-lado (a polpa do polegar estendido pressiona um objeto contra o lado radial do dedo indicador) e o quinto uma alça para a preensão em gancho (os dedos do 2º. até o 5º. estão fletidos em torno de um objeto, as articulações metacarpofalangianas são estendidas e as articulações interfalangianas proximal e distal se mantém em uma leve flexão). (Figura 1).

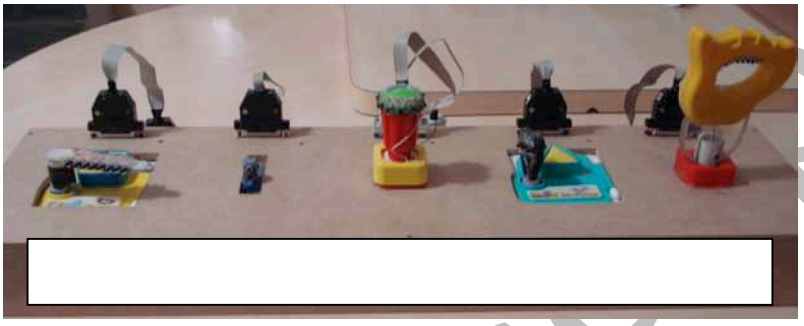


Figura 1 – Periférico (a) preensão cilíndrica; (b) pinça ponta-ponta; (c) preensão esférica; (d) pinça polpa-lado; (e) preensão em gancho

Foram implementados dois circuitos eletrônicos independentes: o primeiro detecta o posicionamento correto dos dedos das crianças, ou seja, a preensão correta e o outro detecta a amplitude do movimento. Foi desenvolvido um ambiente virtual, composto por um parque de diversão, tendo como atrativos uma roda gigante, um carrossel, uma montanha russa, xícaras rotatórias e carro bate-bate, sendo um brinquedo para cada fase do jogo. O periférico contendo os dispositivos é conectado ao computador para acionar o jogo através de uma interface. Para execução dos comandos a criança manipula o dispositivo solicitado no enredo do jogo. Para cada brinquedo ela deve realizar a preensão correta do dispositivo e movimentá-lo. Caso não complete o movimento, o jogo dá seqüência à próxima fase. Para cada dispositivo são registrados no computador os 4 estágios do movimento, ou seja: estágio 1 referente à execução de ¼ do movimento, estágio 2 a ½ do movimento, estágio 3 a ¾ do movimento e estágio 4 a realização do movimento completo, bem como se a preensão foi executada corretamente (Figura 2).

Ibeeridsep

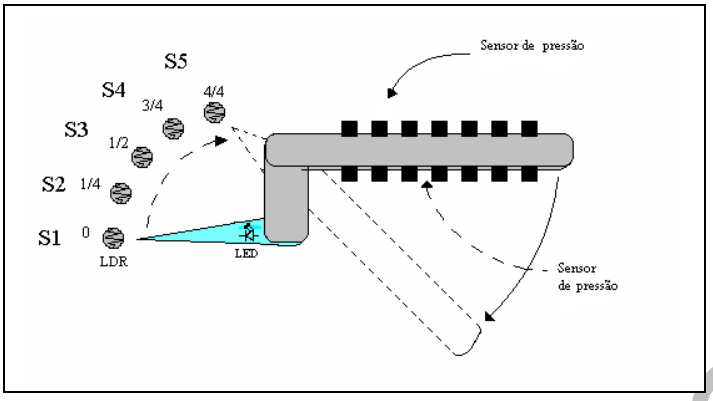


Figura 2 - Disposição dos sensores no dispositivo que avalia a preensão cilíndrica; sensores de pressão superior e inferior; Disposição do LDR que detectam a amplitude de movimento: S1: sem movimentação; S2: ¼ do movimento; S3: metade do movimento; S4: ¾ do movimento; S5: movimento completo.

2.1 Implementação do jogo

Para elaboração do jogo foi desenhado um parque de diversão (Figura 3 e 4) e 2 personagens. Estes desenhos foram inseridos no aplicativo software Flash versão CS4 que é uma ferramenta gráfica para desenvolver jogos ou animações em 2D e 3D. A ferramenta permite a edição de imagens vetoriais (geradas a partir de cálculos matemáticos) com animação, som e interatividade. Além de imagens vetoriais, o Flash pode ter arquivos bitmaps, sons, vídeos, etc., possibilitando a criação de efeitos avançados em arquivos bastante pequenos. Para a construção das telas foram utilizados desenhos como referência. Para a construção dos objetos do cenário foram utilizadas a ferramenta linha para realizar os contornos dos objetos e a ferramenta balde de tinta para pintá-los. A cada objeto construído foi criado um símbolo do tipo clipe de filme. Os objetos foram separados em camadas para melhor agrupamento e movimento dos mesmos. Após transformar um desenho em um clipe de filme foi possível efetuar animação. A animação foi feita em uma linha de tempo que define qual será o caminho a ser seguido pelo objeto com interpolação do movimento. A linguagem de programação utilizada foi a AS3 (ActionScript 3).

Figura 3 – Tela inicial do jogo – visão geral do parque de diversão

IbomAscap

Figura 4 – Telas do jogo

2.2 Desenvolvimento do periférico

Para detectar se a preensão está correta foram inseridos nos dispositivos uma coleção de micro-switches que são pressionados quando as falanges da criança são posicionadas corretamente. Estes sensores (micro-switches) levam a informação ao jogo computadorizado quando são acionados corretamente ou não para registro. Para detectar a amplitude do movimento foram instalados nos dispositivos com maçaneta, interruptor, botão giratório, chave e alça 5 sensores sensíveis a luz (*LDR – ligth dependent resistor*), e um circuito eletrônico que envia ao computador a informação de qual LDR está acionado, determinando a amplitude do movimento realizado. Foram selecionados brinquedos que simulassem os movimentos de preensão e pinça desejados, a partir disso estipulou-se a quantidade de movimento adequada para cada um deles. Determinada a amplitude máxima do movimento dividiu-se o espaço entre o ponto inicial e o ponto máximo em 5 partes iguais, ou seja, ponto inicial ou zero, ponto de ¼ do movimento; ponto de ½ do movimento; ponto de ¾ do movimento; ponto final ou movimento completo. Nestes pontos estipulados foram inseridos os sensores de LDR.

2.3 Teste

Foram selecionadas 19 crianças sem comprometimento motor com idade de 3 a 9 anos, média 6,5 anos, sendo 10 do sexo feminino e 9 do sexo masculino para o teste, no intuito de estabelecer um padrão de normalidade de movimento. Os objetivos da pesquisa foram explicados aos responsáveis pelas crianças. Para dar inicio ao teste a criança foi posicionada em uma cadeira em frente a uma mesa onde foram instalados o periférico e o computador. A criança ficou com tronco apoiado na cadeira e os pés devidamente apoiados no chão. Foi feita a apresentação do jogo computadorizado e do periférico explicando a forma correta de sua utilização, sendo demonstrado como acionar cada dispositivo. Em seguida o jogo foi iniciado. Para passar para a próxima fase a criança deve acionar o dispositivo correspondente. Foram registrados os estágios de movimento pré-estabelecido através dos sensores de contato que detectam se a criança realizou corretamente o movimento de preensão e dos sensores (1 a 5) que indicam o nível de movimento realizado. O teste terminava quando a criança finalizava todas as etapas do jogo. Os testes foram acompanhados por um fisioterapeuta orientado para avaliar se a criança executava o movimento de

Ibeneuscap

preensão correto e a amplitude do movimento seguindo o mesmo protocolo, ou seja, utilizando a graduação de 1 a 4. O fisioterapeuta apenas teve acesso à avaliação realizada pelo computador após os testes. Os resultados da avaliação do fisioterapeuta foram comparados com os resultados da avaliação registrados pelo periférico-jogo.

3. Resultados e discussão

A Tabela 1 mostra os dados em relação à preensão correta ao serem comparados com a avaliação do fisioterapeuta, sendo 52,6 % de concordância para a preensão cilíndrica, 73,6% para preensão esférica, 73,6% para a pinça polpa-lado, 63,1% para a pinça ponta-ponta e 68,4% para a preensão em gancho.

	preensão cilindrica		pinça ponta-ponta		preensão esférica		pinça polpa-lado		preensão em gancho	
voluntário	disp	fisio	disp	fisio	disp	fisio	disp	fisio	disp	fisio
1	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
2	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+
3	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-
4	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+
5	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+
6	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-
7	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+
8	-	+	-	-	+	-	-	-	+	+
9	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
10	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+
11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+
13	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+

Iberdiscap

14	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+
15	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
16	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+
17	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
18	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
19	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-

Legenda – dispositivo (disp.); fisioterapeuta (fisio); preensão correta (+); preensão incorreta (-)

Tabela 1 – Avaliação do dispositivo e do fisioterapeuta em relação aos movimentos de preensão

Em relação à concordância dos dados em relação à amplitude de movimento (Tabela 2) tem-se 68,4% de concordância na movimentação do dispositivo da preensão cilíndrica, 89,4% no dispositivo pinça ponta-ponta, 15,7% no dispositivo de preensão esférica, 73,6% no dispositivo pinça polpa-lado e 73,6% de concordância no dispositivo preensão em gancho.

A não concordância dos dados na sua grande maioria deve-se a imprecisão do observador nas áreas limites entre dois níveis de amplitude. Esta imprecisão na observação durante a realização do movimento é devido a graduação da amplitude: zero, ¼, ½, ¾ e movimento completo, não serem parâmetros precisos quando se realiza a avaliação visual. Durante a realização do teste as crianças demonstraram interesse e curiosidade tanto pelo periférico como pelo jogo computadorizado, o que em alguns casos notou-se certa ansiedade para manipular o dispositivo de forma rápida para assim observar a movimentação do personagem e dos brinquedos do parque de diversão. Isso pode ter gerado uma movimentação incorreta o que poderia justificar algumas discrepâncias em alguns dados do teste.

Iberdiscap

Legenda – dispositivo (disp); fisioterapeuta (fisio); 1/4 do movimento (1); 1/2 do movimento (2); ¾ do movimento (3); movimento completo (4);

Tabela 2 - Avaliação do dispositivo e do fisioterapeutaem relação a amplitude de movimento

	preensão cilindrica		pinça ponta-ponta		preensão esférica		pinça polpa-lado		preensão em gancho	
voluntário	disp	fisio	disp	fisio	disp	fisio	disp	fisio	disp	fisio
1	4	4	2	2	1	2	4	4	2	2
2	3	4	2	2	1	2	1	2	2	2
3	4	4	4	4	2	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	1	3	2	4	3	3
5	2	2	4	4	1	2	3	3	2	2
6	4	4	4	4	1	4	4	4	3	3
7	3	3	2	2	1	2	3	3	2	2
8	4	4	4	4	1	3	2	4	3	4
9	4	4	4	4	1	2	4	4	3	4
10	4	4	4	4	1	3	4	4	3	4
11	2	4	4	4	1	3	4	4	3	4
12	4	4	4	4	1	3	4	3	4	4
13	2	4	4	4	1	3	4	4	3	4
14	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4
15	2	3	4	4	4	4	4	4	2	2
16	4	4	3	4	3	3	4	4	1	1
17	2	3	4	4	2	2	3	3	2	2
18	4	4	2	3	4	3	3	2	3	3
19	3	4	4	4	3	2	3	3	4	4

O periférico com os dispositivos deve detectar o movimento correto de preensão e a quantidade de movimento que o voluntário consegue realizar em cada dispositivo adaptado, podendo assim fornecer dados para se traçar um quadro de evolução no tratamento de crianças com alterações motoras. O jogo funciona

Iberdiscap

como um estímulo visual para realização das tarefas e principalmente como uma ferramenta para registro de dados colhidos pelo periférico.

4. Conclusão

Com a pesquisa foi possível verificar que o periférico-jogo pode ser um instrumento auxiliar no processo de avaliação dos movimentos de preensão em crianças, pois o mesmo proporciona uma coleta de dados mais eficaz através dos seus registros, podendo diminuir a subjetividade das avaliações realizadas apenas pela observação clínica.

Referências

[1] K. M. Kott, S. L. Held . Effects of Orthoses on Upright Functional Skills of Children and Adolescents with Cerebral Palsy . Pediatr Phys Ther, 14, p.199-207, 2003.

[2] Harbourne, R. Accuracy of movement speed and error detection skills in adolescents whith Cerebral Palsy. Perceptual and Motor Skills, 93, p.419-431, 2001.

[3] E. Beckung, G. Hagberg. Neuroimpairments, activity limitations, and participation restrictions in children with cerebral palsy . Developmental Medicine & Child Neurology, 44, p. 309-316, 2002.

[4] K. Kearney, A. M. Gentile. Prehension in young children with Down Syndrome. Acta Psychol, 112 (1), p 3-16, 2002.

[5] J.L. Schuyler, R.M. Mahoney, P.A. Hove. Standardized Assessmen Tests for the Human Robot System. ICOTT Conference Proceedings, Rehabilitation Robotics, april, 1997.

[6] M. Arner, A. C. Eliasson, S. Nicklasson, K. Sommerstein, G. Hägglund . Hand Function in Cerebral Palsy. J.H.S., vol.33A, October, 2008.

[7] M. Randall, L. Carey. Establishing validity of a Modified Melbourne Assessment for children ages 2 to 4 years. American Journal of Occupational Therapy, 62, 2008.

[8] F. V. Wright, K. Boschen, J. Jutai. Exploring the comparative responsiveness of a core set of outcome measures in a school-based conductive education. Child: Care, Health and Development, 31, p. 291-301, 2005.

[9] C. Demateo, M. C. Law, D. J. Russel, P. L. Pollock, P. L. Rosenbaum, S. D. Walter. The reliability and validity of the quality of upper extremity skills test. Phys Occup Ther Pediatr, 13, p. 1–18, 1993.

Iberdiscap

Iberdiscap

Iberdiscap

MOVILIDAD Y ORIENTACIÓN

Iberdiscap

Iberdiscap

Localización de múltiples robots móviles en espacios inteligentes: aplicación al guiado de sillas de ruedas

C. Losada, M. Mazo, S. Palazuelos

Departamento de Electrónica. Universidad de Alcalá. Edificio Politécnico. Campus Universitario s/n. 28805 Alcalá de Henares, Madrid, españa. Tlf: 918856592 Fax: 918856591

e-mail: losada@depeca.uah.es, mazo@depeca.uah.es, sira@depeca.uah.es

Resumen.

En este trabajo se aborda el problema de la segmentación, identificación y posicionamiento de un número variable de robots móviles en un espacio inteligente a partir de las imágenes captadas un conjunto de cámaras fijas. Para la segmentación y el posicionamiento se propone una solución basada en la minimización de una función objetivo en la que se incorpora la información de múltiples cámaras. Tras la segmentación, la identificación de los robots móviles se lleva a cabo comparando las componentes de velocidad estimadas por el algoritmo con las medidas de los sensores odométricos a bordo de los mismos. Las diferentes propuestas han sido validadas mediante múltiples pruebas experimentales realizadas en el ISPACE-UAH con diversos robots móviles, si bien es directamente aplicable al guiado de sillas de ruedas en entornos controlados.

Palabras clave: espacio inteligente, redes de cámaras, localización, sillas de ruedas.

1. Introducción

La evolución de la electrónica y las comunicaciones durante las últimas décadas ha permitido que las tecnologías de la información se instauren en los diferentes ámbitos de la vida cotidiana de las personas. En esta línea, una parte importante de los esfuerzos de los investigadores en los últimos años se ha centrado en la creación de "entornos inteligentes" en los que los usuarios pueden interaccionar de manera natural con los diferentes sistemas y servicios computacionales que les facilitan la realización de sus tareas diarias.

Entre los antecedentes más significativos de los espacios inteligentes se encuentra el concepto de computación ubicua [1] que engloba los conceptos de inmersión y transparencia de la tecnología para el usuario. En este sentido, un espacio inteligente cuenta con una red de sensores que le permiten adquirir información del entorno así como un conjunto de actuadores para la interacción con los usuarios, siendo tanto la red de sensores, como la inteligencia que controla a los diferentes agentes, imperceptible para el usuario.

Las aplicaciones de los espacios inteligentes son numerosas y se encuentran en auge en la actualidad, abarcando diferentes ámbitos tales como la robótica de servicios, tareas de vigilancia automática, ayudas a personas con discapacidad o los servicios domóticos.

Iberdiscap

En este trabajo, se denomina espacio inteligente a un área física dotada de sensores que son controlados por un sistema de supervisión dotado de capacidad de análisis y toma de decisiones. El espacio inteligente dispone además de un conjunto de actuadores que permiten la interacción con los usuarios, entre los que destacan los robots móviles controlados por el sistema de supervisión. Los sensores utilizados pueden ser de diferentes tipos: ultrasonidos, micrófonos, etc. En el caso bajo estudio, el sistema sensorial está formado por un array de cámaras calibradas.

Una de las tareas esenciales en los espacios inteligentes, cuando la actuación se realiza mediante robots móviles o sillas de ruedas, es la localización e identificación de los mismos, así como de los posibles obstáculos y usuarios dentro del espacio inteligente. En este trabajo se presenta una solución para la detección, identificación y posicionamiento de un número variable de robots móviles en un espacio inteligente, pero se puede aplicar a cualquier otro elemento móvil que pudiera ser controlado por el entorno, como, por ejemplo, las sillas de ruedas. La solución propuesta está basada en la minimización de una función objetivo [2] definida en función de la información adquirida por las cámaras disponibles.

A continuación, en el apartado 2 se presenta el espacio inteligente considerado en este trabajo para, en el apartado 3, describir la solución propuesta para la segmentación, identificación y posicionamiento de múltiples robots móviles. En el apartado 4 se presentan los resultados de algunas de las pruebas experimentales realizadas para la validación de la solución propuesta, finalizando con las principales conclusiones y posibles trabajos futuros.

2. Espacio inteligente

En el espacio inteligente considerado en este trabajo, que denominamos ISPACE-UAH, el sistema sensorial está formado por un conjunto de n_c cámaras calibradas, ubicadas en posiciones fijas del entorno. Todas las cámaras se encuentran conectadas a una red de comunicaciones que permite que la adquisición de las mismas se realice de forma sincronizada, siendo controlada por el sistema de supervisión del espacio inteligente.

El sistema de supervisión del espacio inteligente controla además los actuadores (en este caso robots móviles) que le permiten interactuar con los usuarios. Estos robots se conectan con el espacio inteligente a través de una red inalámbrica (Wi-fi).

Respecto a la arquitectura software del ISPACE-UAH, se basa en un sistema cliente-servidor que usa conexiones TCP/IP. Tanto los nodos de procesamiento como los PCs embebidos en los robots móviles actúan como servidores. Cada uno de los nodos se encarga de pre-procesar las imágenes y enviar los resultados a un cliente. Los PCs de los robots permiten recibir los comandos de control de un cliente, así como enviar las lecturas de sus sensores odométricos. Por otro lado, el cliente es el encargado de procesar, en conjunto, la información recibida de los nodos de procesamiento y los robots móviles para llevar a cabo una determinada tarea (que en este caso es la segmentación, identificación y posicionamiento de los robots móviles).

3. Solución propuesta

Como ya se ha comentado en la introducción, la solución propuesta para la segmentación de movimiento y el posicionamiento 3D de múltiples robots móviles en un espacio inteligente está basada en la minimización de una función objetivo para múltiples cámaras. La expresión de dicha función se muestra en (1):

Inerdiscap

$$E\left[\left\{\gamma_{ki}\right\}_{k=1,\ldots,N-1}^{i=1,\ldots,n_c},\left\{\mathbf{v}_{wk}\right\}_{k=1}^{N},\left\{\boldsymbol{\omega}_{wk}\right\}_{k=1}^{N},\left\{Z_{ci}\right\}_{i=1}^{n_c}\right]=$$

$$\sum_{k=1}^{N}\sum_{i=1}^{n_{ck}}\left[\int_{\Omega_{ki}}\psi_{ki}^{2}(\mathbf{x})d\mathbf{x}+\mu\int_{\Omega_{ki}}g\left(\left\|\nabla Z_{ci}\right\|\right)d\mathbf{x}\right]+\sum_{k=1}^{N-1}\sum_{i=1}^{n_{ck}}\lambda\oint_{\gamma_{ki}}ds \qquad \lambda,\ \mu\in\Re \text{ y } \lambda,\ \mu\succ 0 \tag{1}$$

lización de variables

ón de la función objetivo:

tación de movimiento y

ión de los robots móviles

La función objetivo (1), propuesta en [2], depende de tres grupos de variables: los contornos $\left\{\gamma_{ki}\right\}_{k=1,\ldots,N-1}^{i=1,\ldots,n_c}$ que definen la segmentación sobre el plano imagen de cada cámara, las componentes de velocidad 3D, lineal y angular de cada robot móvil $\left\{\mathbf{v}_{wk},\boldsymbol{\omega}_{wk}\right\}_{k=1}^{N}$ y la distancia del cada punto perteneciente a un robot móvil a cada una de las cámaras $\left\{Z_{ci}\right\}_{i=1}^{n_c}$. La minimización de ésta función se lleva a cabo mediante un algoritmo *greedy*, e iterativo en tres etapas. En cada una de estas etapas, dos de los grupos de variables se suponen fijos y conocidos, y se minimiza la función objetivo para el grupo de variables restante.

El algoritmo de minimización utilizado requiere la inicialización de un conjunto de curvas que dividen el plano imagen de cada una de las cámaras en *N* regiones (correspondientes a *N*-1 objetos móviles y el fondo) y de la profundidad de cada punto perteneciente a los robots móviles. Debido a que existe una fuerte dependencia entre los valores iniciales de las variables y los resultados de la minimización, se ha prestado especial atención a la etapa de inicialización. La solución propuesta para la inicialización en caso de tener un número variable de robots móviles se describe en el apartado 3.1.

Por otro lado, tras la segmentación de movimiento, es posible realizar la identificación de los robots móviles tal como se expone en el apartado 3.2.

Las diferentes etapas de la solución propuesta se muestran en el diagrama de bloques de la Figura 1.

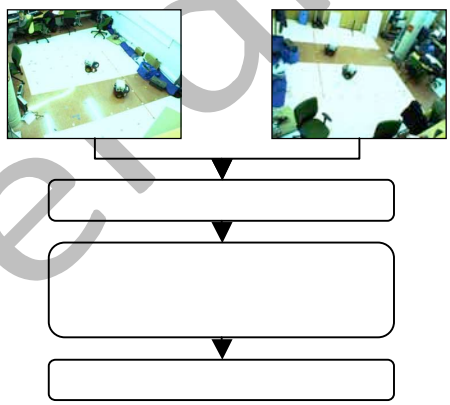


Figura 1. Diagrama de bloques general de la solución propuesta

3.1. Inicialización de variables

La inicialización de las curvas se realiza sobre el plano imagen de cada una de las cámaras. Dado que las cámaras están ubicadas en posiciones fijas, para la obtención de las curvas iniciales se compara cada imagen de entrada con un modelo de fondo obtenido previamente para cada una. Tanto para el modelado del fondo, como para la comparación de cada imagen de entrada con el citado modelo se utiliza una versión generalizada del análisis de componentes principales [3] (GPCA).

Iberdiscap

Para la obtención de las curvas iniciales, es necesario establecer un umbral, que permite determinar qué píxeles de la imagen son candidatos a pertenecer a robots móviles, y cuáles pertenecen al fondo. El valor de este umbral es muy importante, ya que determina la calidad de las curvas iniciales. En el caso de este trabajo, se utiliza un umbral adaptativo definido en [4] que permite obtener resultados adecuados, incluso si existen cambios importantes en la iluminación de la escena.

Las curvas iniciales obtenidas sobre el plano imagen de cada cámara mediante GPCA se combinan utilizando la técnica Visual Hull 3D, propuesta inicialmente por Laurentini [5]. El resultado del Visual Hull 3D es una rejilla de ocupación 3D del espacio inteligente. Mediante la proyección de las coordenadas de las posiciones ocupadas al sistema de referencia de cada una de las cámaras se obtiene una buena estimación de la profundidad inicial para cada punto perteneciente a un robot móvil. Las diferentes etapas del proceso de inicialización de la profundidad mediante Visual Hull 3D se muestran en el diagrama de bloques de la Figura 2.

Además de las curvas y la profundidad iniciales, la solución propuesta para la segmentación y el posicionamiento de los robots móviles requiere conocimiento a priori del número de robots. Debido a que en el caso bajo estudio este número es variable, es necesario incluir una última etapa en la inicialización de variables en la que se estima este valor. Para llevar a cabo esta tarea se utiliza un algoritmo de agrupación (*clustering*), en concreto, una versión extendida del algoritmo k-medias [6].

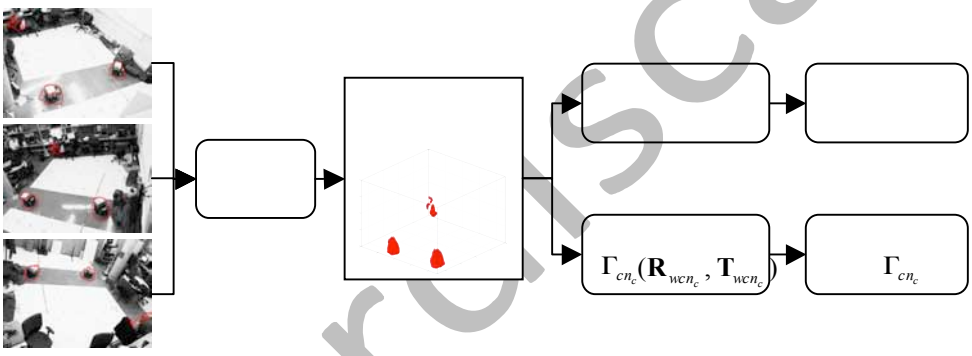


Figura 2. Diagrama de bloques general de la solución propuesta para la inicialización de la profundidad a partir de las curvas iniciales.

Dado que en este caso, el espacio en que se tiene el conjunto de medidas es el espacio cartesiano 3D, parece evidente que los vectores de características deben incluir las tres coordenadas de cada medida en Γ_w. Sin embargo, teniendo en cuenta la aplicación bajo estudio (los robots móviles se desplazan en un plano) la posición de los mismos puede determinarse utilizando únicamente las coordenadas de su centroide en el plano XY. Por este motivo, el proceso de *clustering* se realiza sobre la proyección del conjunto de muestras 3D sobre el plano del suelo del espacio inteligente. De esta forma, tanto las medidas, como los centroides de las diferentes clases serán vectores 2D. Respecto a la medida de distancia, en este caso se emplea la distancia euclídea ya que permite conseguir resultados adecuados y su obtención es sencilla. En la Figura 3 se muestran las diferentes etapas para la estimación del número de robots mediante una versión extendida del algoritmo k-medias.

Uberoiscan

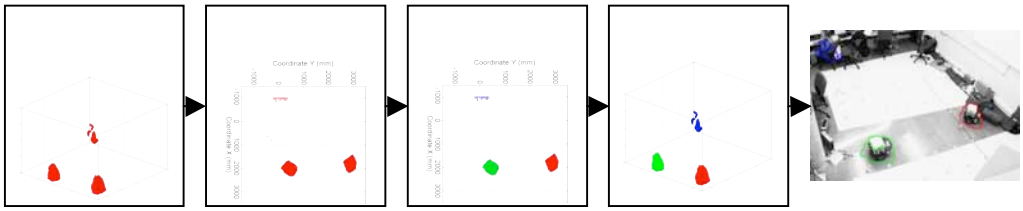


Figura 3. Estimación del número de robots y división de las curvas iniciales mediante una versión extendida del algoritmo k-medias

Como resultado del proceso de clustering se obtiene un conjunto de muestras clasificadas en función del objeto al que pertenecen, así como una estimación del número de objetos móviles presentes en la imagen (que coincide con el número de clases).

Además, a partir del resultado de la clasificación, es posible separar las curvas iniciales sobre el plano imagen de cada cámara, así como identificar qué curvas se corresponden con cada uno de los objetos móviles.

Como ya se ha comentado al inicio de este apartado, tras la inicialización de variables, tanto la segmentación de movimiento como la estimación de la posición 3D se obtienen mediante la minimización de la función objetivo para múltiples cámaras (1).

3.2. Identificación de los robots móviles

Tras la minimización de la función objetivo (1) se tiene un conjunto de puntos 3D que pertenecen a cada uno de los objetos detectados, que pueden ser tanto elementos móviles controlados,(robots o sillas de ruedas, por ejemplo), como usuarios u obstáculos móviles, así como una estimación de las componentes de velocidades lineal y angular de dichos objetos.

En la etapa de identificación se clasifican las diferentes muestras 3D en función del robot al que pertenecen. En esta etapa, además de identificar los diferentes robots móviles, también es posible diferenciar entre los agentes controlados y los posibles obstáculos y usuarios del espacio inteligente. Esto es posible debido a que los robots son agentes controlados por el espacio inteligente, y las medidas de los sensores odométricos a bordo de los mismos están disponibles.

La identificación de los robots móviles se lleva a cabo mediante la comparación de las velocidades estimadas, tras la segmentación de movimiento, con las medidas a partir de los sensores odométricos ubicados a bordo de cada robot móvil. Teniendo en cuenta que en el espacio inteligente tanto los robots como los usuarios se desplazan por un plano (y se pueden considerar objetos rígidos), únicamente se comparan las componentes de velocidad lineal en X e Y, ya que la velocidad a lo largo del eje Z es cero en todos los casos.

Se parte de un conjunto de n_r medidas de velocidad $\left\{\mathbf{v}_m^i = \left(v_{mx}^i, v_{my}^i, v_{mz}^i\right)\right\}_{i=1}^{n_r}$ obtenidas de los sensores odométricos de los robots, y de un conjunto de N-1 velocidades estimadas $\left\{\mathbf{v}_e^j = \left(v_{ex}^j, v_{ey}^j, v_{ez}^j\right)\right\}_{j=1}^{N-1}$ para cada uno de los N-1 grupos de puntos 3D obtenidos tras la minimización de la función objetivo. Por cada uno de los agentes controlados se identifica el grupo de puntos $\left\{\mathbf{G}_j\right\}_{j=1}^{N-1}$ que le corresponde como aquél para el que la diferencia entre las componentes de velocidad lineal medidas por los sensores odométricos del robot$_i$ y las estimadas por el algoritmo es mínimo, tal como se expresa en la ecuación (2).

ibarrdiscap

$$\mathbf{G}_j \in Robot_i \Leftrightarrow j = \underset{j=1,2,\ldots,N-1}{\arg\min}\left\{\sqrt{\left(v_{mx}^i - v_{ex}^j\right)^2 + \left(v_{my}^i - v_{ey}^j\right)^2}\right\} \quad i = 1,2,\ldots,n_r \tag{2}$$

De esta forma es posible identificar qué grupo de puntos se corresponde con cada uno de los robots móviles, y cuáles corresponden con posibles obstáculos o potenciales usuarios del espacio inteligente.

4. Resultados experimentales

Con objeto de validar las diferentes propuestas presentadas, se han realizado múltiples pruebas experimentales.En este artículo se presentan los resultados obtenidos utilizando dos secuencias de imágenes, adquiridas por tres cámaras, en el ISPACE-UAH. A modo de ejemplo, en la Figura 4 se muestra una imagen perteneciente a cada una de las secuencias consideradas. Tal como se puede observar, las imágenes pertenecientes a la secuencia 1 (Figura 4(a)) contienen 2 robots móviles mientras que la secuencia 2 (Figura 4(b)) es más compleja que las anteriores ya que, además de un robot móvil, incluye a una persona que va depositando obstáculos (papeleras) en el suelo del espacio inteligente. Estos obstáculos deben ser detectados, incrementándose el número de objetos a segmentar.

(a) (b)

Figura 4. Imágenes pertenecientes a las secuencias utilizadas en las pruebas experimentales (a) Secuencia 1. (b) Secuencia 2.

Para comenzar, enla Figura 5 se muestra el resultado de la segmentación de movimiento para tres imágenes pertenecientes a la secuencia 1 (Figura 4(a)). La curva que define la segmentación se muestra en diferente color para cada uno de los dos robots. Además, se ha representado la trayectoria estimada (en el mismo color que la curva correspondiente a cada robot) y la trayectoria medida por los sensores odométricos, en línea negra discontinua. En todas las imágenes se puede observar cómo tanto el resultado de la segmentación, como la posición estimada se encuentran próximos a los valores reales.

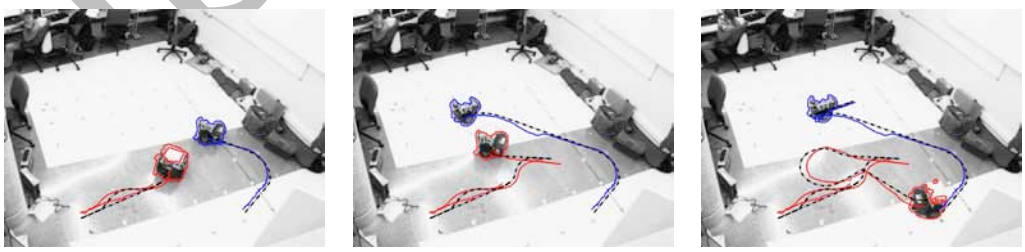


Figura 5. Resultado de la segmentación de movimiento para tres imágenes pertenecientes a la secuencia 1 (Figura 4.(a)), trayectoria estimada (en rojo para el robot 1, y en azul para el robot 2) y trayectoria medida por los sensores odométricos de los robots (en línea negra discontinua).

En el caso de la secuencia 2 (Figura 4(b)), en la Figura 6 se presenta el resultado de la segmentación para dos imágenes pertenecientes a la citada secuencia. En estas imágenes se puede observar cómo los diferentes obstáculos que se han ido colocando sobre el suelo del espacio inteligente han sido detectados de forma correcta.

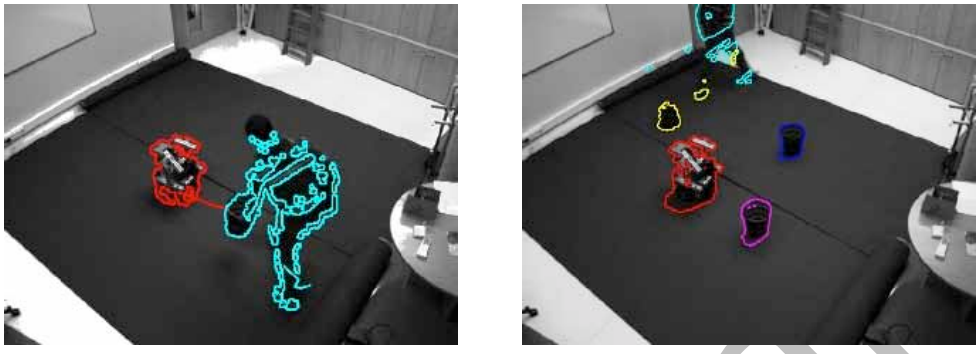


Figura 6. Resultado de la segmentación de movimiento para dos imágenes pertenecientes a la secuencia 2 (Figura 4.(b)). El contorno de cada uno de los objetos segmentados se representa en un color diferente.

La incorporación de la información de múltiples cámaras permite además obtener una reconstrucción 3D aproximada de los objetos segmentados. Esto se obtiene aplicando Visual Hull 3D [5] sobre las curvas obtenidas como resultado de la segmentación. A continuación, en la Figura 8 se muestra el resultado de la reconstrucción para las imágenes mostradas en la Figura 5, mientras que en la Figura 8 se presenta la reconstrucción obtenida para las imágenes de la Figura 6.

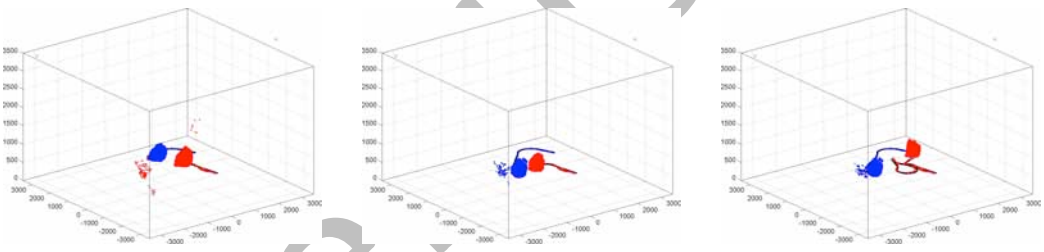


Figura 7. Reconstrucción 3D de los objetos segmentados obtenida a partir de las curvas obtenidas como resultado de la segmentación de movimiento para las imágenes mostradas en la Figura 5. Se incluyen además las trayectorias estimadas de los robots y las obtenidas a partir de la odometría.

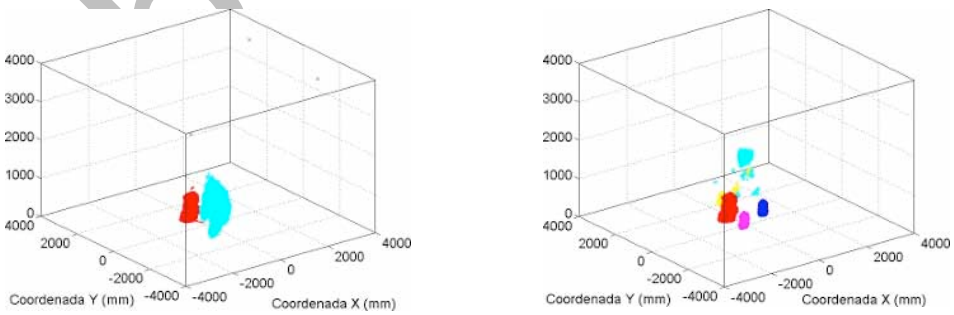


Figura 8. Reconstrucción 3D de los objetos segmentados obtenida a partir de las curvas obtenidas como resultado de la segmentación de movimiento.

5. Conclusiones

En este trabajo se presenta una solución para la segmentación, identificación y posicionamiento de un número variable de elementos móviles controlados, en un espacio inteligente, a partir de las imágenes captadas por un conjunto de cámaras fijas. Tanto la segmentación como el posicionamiento se obtienen mediante la minimización de una función objetivo en la que se incorpora la información de todas las cámaras disponibles. De forma previa a la minimización es necesario inicializar un conjunto de curvas que definen los contornos de la segmentación sobre el plano imagen de cada cámara así como la profundidad (distancia a la cámara) de cada punto perteneciente a cada uno de los objetos móviles. Además, se requiere conocimiento a priori del número de objetos móviles a segmentar (robots, sillas de ruedas, obstáculos y posibles usuarios). Debido a que este número es variable, es necesario estimarlo durante la etapa de inicialización. En este sentido, se ha propuesto el uso de una versión extendida del algoritmo k-medias sobre la rejilla de ocupación obtenida mediante Visual Hull 3D. Por otro lado, tras la segmentación, la identificación de los objetos móviles se lleva a cabo comparando las componentes de velocidad estimadas por el algoritmo y las medidas de los sensores odométricos a bordo de los mismos. Esto es posible porque los elementos móviles son agentes controlados por el sistema de supervisión del espacio inteligente. Las diferentes propuestas realizadas han sido validadas mediante múltiples pruebas experimentales realizadas en el ISPACE-UAH utilizando robots móviles, pero serían fácilmente aplicables a sillas de ruedas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia e Innovacción (MICINN) a través del proyecto VISNÚ (REF-TIN2009-08984).

Referencias

[1] Weiser, M. The computer for the twenty-first century. Scientific American, Vol. 265. Issue. 3 pp. 94–104. 1991.

[2] Losada, C.; Mazo, M.; Palazuelos, S.; Pizarro, D.; Marron, M.; Redondo, F.; 3D motion segmentation and 3D localization of mobile robots using an array of static cameras and objective function minimization. Proc. of the IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, 2009. WISP 2009. pp.299-304. 2009

[3] Jieping, Y; Janardan, R; Li Q. (2004) GPCA: an efficient dimension reduction scheme for image compression and retrieval. Proc. 10th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. 354-363

[4] Losada, C.; Mazo, M.; Palazuelos, S.; Redondo, F. Adaptive threshold for robust segmentation of mobile robots from visual information of their own movement. Proc. of the IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, 2009. WISP 2009. pp.299-304. 2009

[5] Laurentini, A. The Visual Hull: a new tool for contour-based image understanding. In Proc. of 7th Scandinavian Conference on Image Processing, pp. 993-1002. 2001.

[6] Kanungo,T.; Mount, D.; Netanyahu, N.; Piatko, C.; Silverman, R.; Wu, A. An Efficient k-Means Clustering Algorithm: Analysis and Implementation. IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Int. 2002, 24, 881-892.

Iberdiscap

Herramienta de Evaluación para Terapias de Rehabilitación en Marcha Subacuática

L. Rodríguez[1], J. G. Ortiz[2], C. Cifuentes[3], J. M. Sabater[4]

[1,3]Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería: Autopista Norte Km 13, Bogotá, Colombia,luis.rodriguez@escuelaing.edu.co, carlos.cifuentes@escuelaing.edu.co

[2]Universidad de la Sabana: Bogotá, Colombia, juan.ortiz1@unisabana.edu.co

[4]Universidad Miguel Hernández: Avda Universidad, Elche (Alicante), España, j.sabater@umh.es

Resumen.

El siguiente trabajo consiste en la implementación de una herramienta computacional desarrollada para la evaluación del proceso de rehabilitación de marcha subacuática. El sistema realiza una estimación de parámetros cinemáticos angulares a través de la adquisición de secuencias de imágenes de marcha humana. El trabajo está enmarcado dentro del proyecto de investigación colaborativo entre la Escuela Colombiana de Ingeniería y la Clínica Universitaria Teletón cuyo objetivo final es determinar la bondad y la eficacia de la marcha subacuática como terapia de rehabilitación.

Palabras clave: Procesamiento de secuencia de imágenes, rehabilitación, marcha subacuática

1. Introducción y contenidos

La aquaterapia ha sido utilizada en el proceso de rehabilitación de personas con patologías de marcha, sin embargo existe poca documentación enfocada a la evaluación objetiva de la eficacia que este tipo de terapias tiene en la recuperación de los pacientes. Para la evaluación del proceso de rehabilitación de marcha, se hace necesaria la determinación de variables cinemáticas lineales y angulares que permitan establecer la evolución del paciente [1].

El presente trabajo se basa en el cálculo del ángulo de la rodilla que constituye una de las tres variables cinemáticas angulares de más alta importancia. Éstas variables se definen a partir de los tres segmentos corporales inferiores y las articulaciones que los unen [2]. El ángulo de la rodilla corresponde al formado por el muslo y la pantorrilla conectados por ésta articulación y su cálculo provee información sobre el proceso de flexo-extensión en el paciente.

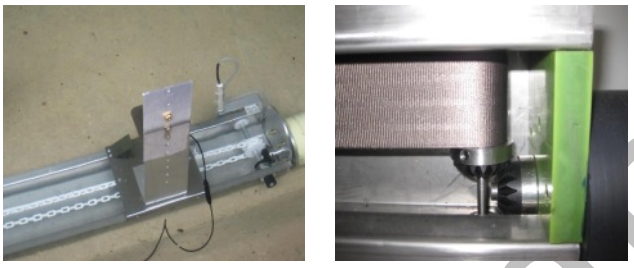
El análisis visual del proceso de marcha es utilizado por los especialistas en ortopedia, fisiatría y fisioterapia para determinar la evolución de los pacientes en rehabilitación junto con otras técnicas como los métodos de medición con goniómetros, plataformas de fuerza, acelerómetros y electromiografía [3]. El análisis visual, a diferencias de las otras técnicas, proporciona información no solo del movimiento de los segmentos corporales individuales sino que además provee información del ambiente en el que se produce el movimiento, de la postura completa del paciente e información del movimiento relativo de un segmento respecto al otro [4].

2. Metodología

La herramienta desarrollada está constituida por un eje robótico que permite el movimiento horizontal y vertical de una cámara subacuatica acoplada a él; el sistema realiza el seguimiento de la persona durante

Iberdiscap

su marcha dentro del tanque de aquaterapia, realizando la adquisición de la secuencia de imágenes que posteriormente será procesada para obtener el cálculo del ángulo de la rodilla, así como su variación en el tiempo. El sistema mecánico del eje robótico está compuesto por un actuador (motor), un sistema de transmisión por engranaje – cadena y una plataforma movible en el piso del tanque que ajusta la posición final de la cámara subacuática. En la figura 1 se puede observar el tanque de marcha subacuática (a) y el eje robótico (b).



(a) (b)

Fig. 1. (a) Sistema de transmisión cadena -engranaje (b) Eje robótico mejorado

En la figura 2, se muestra el tanque de rehabilitación y el prototipo del robot, que se sumerge dentro de la piscina de rehabilitación en la clínica TELETON.

(a) (b)

Fig. 2. (a) Tanque de marcha subacuática (b) Eje robótico

2.1 Adquisición de la secuencia de imágenes

Se define un protocolo de adquisición en el cual el paciente tiene un traje sumergible oscuro con tres marcadores pasivos a lo largo del eje central de una de sus piernas, uno de los cuales se encuentra referenciado a la posición de la rodilla [11].

2.2 Procesamiento del video y cálculo del ángulo de la rodilla

2.2.1 Algoritmo de procesamiento para el primer protocolo de adquisición

Este algoritmo se basa en un método automático para el cálculo de la variación del ángulo de la rodilla. Consiste en una etapa de preprocesamiento de la secuencia de imágenes, otra de segmentación de los marcadores pasivos del eje central de la pierna, seguido del procesamiento basado en morfología matemática, y finalmente la etapa de cálculo del ángulo.

2.2.1.1 Preprocesamiento de la secuencia de imágenes

El video a trabajar (S) está compuesto por imágenes a color (Ik) espaciadas temporalmente por un delta de tiempo (1/30s):

$$S = \{I_0, I_1, ..., I_{k-1}, I_k\} \quad (1)$$

La imagen (Ik) de la secuencia se define como una función bidimensional de la siguiente manera:

$$I_k = f_k(x, y) = f_k(\mathbf{u}) = \langle R_x, G_x, B_x \rangle \quad (2)$$

Donde u es el vector de posición de cada píxel en la imagen Ik y fk(u) su valor en cada una de las tres componentes que hacen parte del modelo del color RGB (Rojo-Verde-Azul). Los procesos que forman parte del algoritmo son aplicados por separado a cada una de las imágenes Ik que forman parte de la secuencia de imágenes.

El método propuesto realiza una transformación de los píxeles que forman parte de cada imagen Ik del modelo de color RGB al HSL (Matiz-Saturación-Luminancia) [14].

2.2.1.2 Segmentación de marcadores pasivos en cada imagen

Para cada plano que forma parte del modelo HSL de la imagen Ik, se aplica una umbralización multinivel [5] de la siguiente manera:

$$b_{plano}(\vec{u}) = \begin{cases} 255 \ \ si \ z_1 \le f_k(\vec{u}) \le z_2 \\ 0 \ \ si \ de \ otra \ manera \end{cases} \quad (3)$$

Donde el conjunto de los píxeles transformados bplano(u), en la posición determinada por el vector u, constituyen una imagen umbralizada en las matrices H, S y L, y la combinación de los tres resultados genera una imagen binaria Bk que contiene la segmentación de un color determinado [5]. El proceso se repite tres veces puesto que los marcadores pasivos seleccionados son de colores diferentes. Los umbrales z1 y z2 de la transformación de cada plano son seleccionados experimentalmente.

2.2.1.3 Procesamiento basado en morfología matemática

Cada imagen entrada Bk a esta etapa del algoritmo contiene ruido y los marcadores segmentados no están definidos. Se aplican operaciones morfológicas para mejorar esta condición. Inicialmente se realiza un proceso de erosión o adelgazamiento de áreas blancas a cada imagen binaria Bk, a continuación se realiza un relleno de regiones y finalmente se aplica el operador de convex hull, el cual realza las convexidades de los marcadores [5][6]. La imagen resultado de la aplicación de esta etapa Bmk se puede observar en la figura 3.

Fig. 3. Definición de los marcadores segmentados por operaciones de morfología

ubeardiscap

El siguiente paso consiste en determinar puntos de referencia en los marcadores segmentados a través de la extracción de sus centroides. La teoría de los momentos de una masa u objeto blanco en cada imagen Bmk está definida por la ecuación discreta:

$$m_{ij} = \sum_{x \in v_1} \sum_{y \in v_1} x^i y^j f(\vec{u}) \tag{4}$$

Donde i y j corresponden al orden del momento, x y y son las componentes del vector posición del píxel de la región determinada por vi (que en este caso específico corresponde a toda la imagen Bmk) y f(u) es el valor del pixel.

Los momentos de orden cero y uno determinan la localización del centroide:

$$x_{c_i} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \qquad y_{c_i} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \tag{5}$$

Es así como se generan tres puntos cada uno con coordenadas (xci , yci) que corresponden a los centroides de cada marcador [7]. En la figura 4 se observan los centroides extraídos.

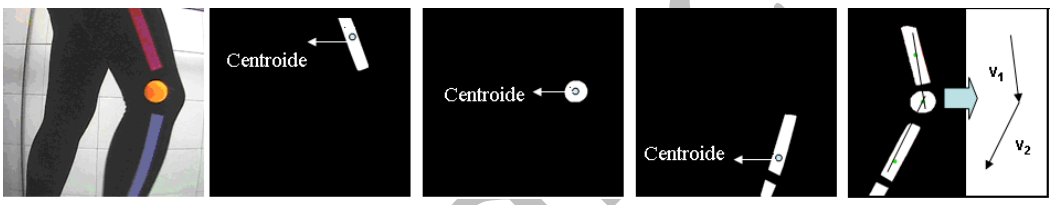


Fig. 4. Localización de centroides en los marcadores pasivos

Con base en las coordenadas de los centroides extraídos se calcula el vector axial v1 que va desde el muslo hasta la rodilla, y v2 que va desde el mismo centroide de la rodilla hasta la pantorrilla (figura 3). Por medio de geometría se determina el ángulo que forman v1 y v2 [8]. De esta manera se calcula el ángulo que forma la rodilla, el muslo y la pantorrilla del paciente durante su proceso de marcha.

La selección de la forma rectangular de los marcadores del muslo y la pantorrilla se ha hecho con el fin de eliminar posibles errores durante el cálculo de los centroides en una segmentación no muy eficaz de los marcadores. En la figura 3 es posible observar una segmentación discontinua del marcador de la pantorrilla sin embargo, se visualiza una extracción del centroide que permanece colineal al eje central del marcador.

3. Resultados y discusión

Las mediciones obtenidas del ángulo de la rodilla están definidas con una precisión de un grado. Esta especificación se basa en las necesidades de los ortopedistas de la Clínica Universitaria Teletón de mejorar el sistema actual de medición, que se basa casi en su totalidad en un criterio visual y por lo tanto subjetivo, y que tiene una precisión limitada a cinco grados [11].

3.1 Validación de la herramienta

Para la validación de la herramienta, se hizo la comparación entre una serie de ángulos determinados por un observador externo usando un goniómetro como instrumento de medición (patrón de oro), y las estimaciones realizadas basados a través de la herramienta. Se utilizó el método Bland-Altman [9] para determinar la concordancia entre los dos métodos de medición.

Iberoamcap

Según las gráficas de Bland-Altman, el promedio de la diferencia entre las mediciones aplicando los dos métodos (patrón de oro y herramienta) es muy cercana a cero. Además, todos los valores de las diferencias se encuentran dentro y sobre los límites del 95% de confianza, indicando concordancia entre los dos métodos de medición.

3.2 Análisis estadístico de resultados

Para determinar la confiabilidad de la herramienta, se realizó un análisis ANOVA [10] para estimar la variación de la media de los ángulos obtenidos dentro de una misma prueba para diferentes pasos.

Se hizo una clasificación de pasos dentro de cada secuencia de imágenes, encontrando así los datos de ángulos correspondientes a cada paso individual, luego se escogió una lista de datos que corresponden a ángulos entre flexión máxima y extensión máxima. Se realizó una prueba ANOVA unilateral. La prueba fue realizada para 4 secuencias de imágenes que corresponden a 4 pruebas diferentes.

Utilizando como herramienta las tablas ANOVA fue posible determinar que en dos de las secuencias de imágenes la hipótesis nula fue aceptada puesto que el estadístico de prueba ($F=1{,}24$) fue menor que el estadístico crítico ($F(\square,9,\infty)=2{,}11$), con un nivel de confiabilidad del 95%.

El método presentado es aplicable únicamente al análisis cinemático angular para la articulación de la rodilla, pero forma parte del estudio de variables cinemáticas angulares de miembro inferior como soporte al estudio de marcha humana y por lo tanto a la evaluación de las bondades de la terapia subacuática en procesos de rehabilitación.

4. Conclusiones y trabajos futuros

Todos los resultados obtenidos han sido realizados en las instalaciones de la Clínica Universitaria Teletón, con el objetivo de realizar pruebas sobre el sistema en el ambiente para el cual fue diseñado. Por lo tanto, la herramienta cuenta con el aval del grupo de especialistas que serán los usuarios finales del sistema.

Actualmente el eje robótico tiene un sistema de control de lazo abierto que realiza el seguimiento del paciente, sin embargo, posteriormente se implementará un control de lazo cerrado para realizar el seguimiento automático de la persona.

El análisis ANOVA de los datos de flexión y extensión obtenidos a partir de la herramienta produjo resultados poco concluyentes en relación con la igualdad de medias entre los ángulos de los diferentes pasos. Un posible factor que conlleva a rechazar la hipótesis nula es la falta de la supervisión de la marcha por parte de un especialista que dirija el movimiento de los sujetos en estudio. Se requiere entonces de la obtención de datos a través de un proceso guiado [11].

Los resultados positivos de la validación de la herramienta llevan a mejorar el método actual de medición de éste tipo de variables por parte de los fisioterapeutas y/o fisiatras, aumentando la precisión de los datos y disminuyendo la subjetividad de las mediciones.

Los resultados muestran que el sistema desarrollado es fácilmente replicable e implementable, y se adapta a las condiciones físicas y ambientales del tanque de marcha. Adicionalmente, el proceso de extracción de información es simple y no afecta el proceso de marcha, puesto que el sistema no tiene contacto con el sujeto de estudio.

En una siguiente etapa, la herramienta será utilizada para evaluar las bondades del tratamiento de aquaterapia en una muestra significativa de pacientes con patología en su marcha, pues la herramienta solo ha sido probada en sujetos de estudio sanos.

Iberdiscap

Para que la herramienta proporcione resultados adecuados para realizar una análisis de cinemática angular completo, será necesario acoplar una nueva cámara subacuática al eje robótico. Sin embargo la estructura fue diseñada teniendo en cuenta estas necesidades futuras.

Referencias

[1] Rodríguez L, Ortiz J, Cancino S, Rodríguez M, González D. Uso del tanque de marcha en pacientes en proceso de rehabilitación en la clínica universitaria teletón como herramienta de evaluación de resultados. Memorias IBERDISCAP, Colombia (2008).

[2] Vaughan C.L., Davis B.L., O'Connor J.C., "Dynamics of Human Gait" (2nd ed.) Ed. Kiboho Publishers. Howard Cape, Western Cape 1999. Chap. 4, p. 16.

[3] Lee G.,Pollo F.,Technology overview: The Gait Analysis Laboratory. Peer Review.

[4] Patla E.A.,How is human gaitcontrolled by vision. University of Waterloo, Ontario).

[5] Gonzalez R., Woods R., "Digital Image Processing", (2nd ed.) Ed. Prentice Hall , 2002. Chap. 3, p.75, Chap.9, p.519, Chap. 10, p.567.

[6] Pratt W., "Digital Image Processing", (3rd ed.) Ed. John Wiley & Sons Inc. 2001. Chap. 10, p.243, Chap.14, p.401, Chap.15, p.443.

[7] Hernández Hoyos M., Orowski P., Pitkowska-Janko E., Bogorodski P., Orkisz M., Vascular centerline extraction in 3D MR angiograms for phase contrast MRI blood flow measurement, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2006, 1(1): 51-61.

[8] Kolman B., Hill D., "Introductory Linear Algebra: An Applied Course" (8th Ed.) Ed. Prentice Hall, 2004. Chap. 3, p. 123.

[9] Bland JM, Altman DG, Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet: 307-310, (1986).

[10] Wayne W. D., Bioestadística Base para el análisis de Ciencias de la Salud. Ed. Limusa 2004, p.298-312.

[11] Borda D, Gónzalez D, Estupiñán E, Rodríguez M, Cancino S. Sistema de Visión Artificial para el cálculo de variables cinemáticas durante el proceso de marcha subacuática. Memorias XXXV Latin American Informatics Conference, Brasil (2009).

Iberdiscap

Revisão e Classificação de Dispositivos de Treino e Reabilitação da Marcha Humana

M. Martins[1], A. Frizera[2], C. Santos[1], R. Ceres[3]

[1]Universidade do Minho, Gualtar, Braga, Portugal. martins.m.marie@gmail.com, cristina@dei.uminho.pt

[2]Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – ES, Brasil. anselmo@ele.ufes.br

[3]Grupo de Bioingeniería, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Crta Campo Real km 0,200. Arganda del Rey, Madrid – España

ceres@iai.csic.es

Sumário.

O treino de marcha convencional recorre a uma passadeira. Este tipo de treino comporta custos consideráveis, para além de exigir o constante envolvimento e esforço de dois ou três terapeutas. De modo a reduzir este esforço, inúmeros grupos de investigação têm desenvolvido uma série de alternativas a este método através da ajuda de dispositivos robóticos que realizam a assistência de pacientes na passadeira. Para além destes, têm surgido outros dispositivos que permitem um treino mais alargado dos pacientes no sentido em que permitem ao paciente executar a sua marcha no solo, bem como a repetição de movimentos de subida, descida e de tropeçar.

Palavras chave: locomoção, reabilitação da marcha, ortóteses, robótica.

1. Introdução

O número de pessoas que possuem capacidades de locomoção reduzidas cresce de ano para ano. A redução das capacidades aparece nas pessoas que sofreram de lesões da medula espinal, tiveram um AVC e como consequência sofrem de hemiparesia, foram sujeitos a cirurgias de substituição, ou que possuem já uma idade avançada. Esta diminuição da mobilidade é um factor que influencia a qualidade de vida e a dependência destas pessoas de terceiros no seu dia-a-dia.

Torna-se assim necessário encontrar formas e ferramentas que melhorem a mobilidade das pessoas, ajudando-as a reaprender a andar com segurança e com eficiência, de modo a recuperar todos os movimentos necessários para uma caminhada normal e independente no dia-a-dia.

Os treinos mais tradicionais usam uma passadeira com um sistema de suporte de peso do paciente. Este treino baseia-se no princípio da repetição física de todos os movimentos de uma marcha. Este tipo de treino tem demonstrado produzir muitos bons resultados a nível de reabilitação dos pacientes. No entanto, esta terapia requer o envolvimento de dois ou três terapeutas que ajudem o paciente na caminhada, segurando nos seus membros inferiores de modo a controlar os movimentos. Desta forma, é exigido um grande envolvimento e esforço por parte dos terapeutas (1).

iberdiscap

A robótica aparece então aplicada à reabilitação, recorrendo ao uso de robôs para o treino da marcha de pacientes desabilitados. O objectivo do recurso a robôs é ampliar o trabalho dos terapeutas para que cada paciente possa receber terapia suficiente de modo a atingir uma recuperação óptima. A elevada pesquisa nesta problemática conduziu à existência de robôs capazes de fornecer aos terapeutas a assistência necessária para permitir que o paciente consiga completar determinada tarefa na locomoção, assim como motivá-lo a participar cada vez mais no treino. Este último factor é essencial para que a aprendizagem motora seja facilitada (2).

Estes robôs treinadores de marcha podem ser passivos ou activos. Por dispositivo passivo entende-se que o membro do paciente fornece a força e o dispositivo permanece passivo. Estes dispositivos não recorrem a actuadores ou motores, mas sim a sistemas de molas e juntas. Por dispositivo activo, entende-se que o dispositivo fornece a força enquanto o membro permanece passivo. Estes dispositivos recorrem a actuadores ou motores (3).

Neste trabalho é apresentada uma revisão dos vários robôs treinadores de marcha, quer os passivos como os activos.

2. Dispositivos Passivos

Os dispositivos passivos têm-se apoiado no princípio de *Gravity-Balancing* que se baseia na redução ou eliminação dos efeitos da gravidade durante a caminhada. Os projectos deste dispositivo incluem as seguintes características: é passivo, ou seja, não inclui nem motores nem actuadores, sendo composto por molas e *links;* é seguro e tem uma interface paciente-máquina simples que acomoda diversas variações da geometria e inércia dos pacientes (4) . A fig.1 apresenta um esquema do componentes básicos deste mecanismo.

Os trabalhos relacionados com estes dispositivos de equilíbrio têm-se centrado nos efeitos das máquinas de reabilitação na estabilidade da postura durante a caminhada, e qual a natureza das forças e momentos internos dos membros (4; 3).

O princípio que está por detrás deste dispositivo baseia-se num método híbrido: o centro de massa da perna do paciente é encontrado usando um mecanismo de paralelogramo; posteriormente são colocadas molas nas posições adequadas para que estas equilibrem o efeito da gravidade ao longo do movimento das pernas. Estes conceitos encontram-se descritos em detalhe em (4).

A segurança é um factor determinante na escolha de um dispositivo passivo. Normalmente, os pacientes sentem-se mais confortáveis e seguros ao colocar um dispositivo que seja passivo relativamente a um activo. Para além disso, é ajustável à geometria e à inércia de cada indivíduo de modo a que este atinja o nível de equilíbrio desejado e necessário. O dispositivo pode também aplicar forças ajustáveis de modo a ajudar no *swing* do membro e na propulsão para a frente durante a caminhada. Desta forma, a assistência ao movimento será cada vez mais pequena à medida que o paciente progride na sua reabilitação (4). Na Fig. 1 é apresentado um protótipo de dispositivo *Gravity-Balancing* criado por (4).

Iberdiscap

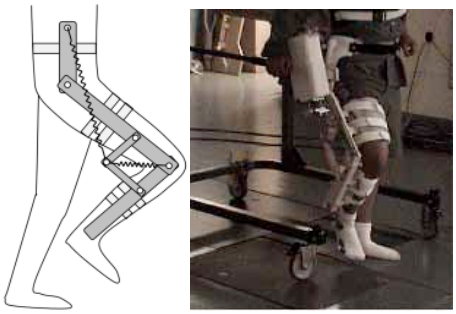


Fig. 1 À esquerda: Componentes básicos de um mecanismo de *gravity-balancing* (4). À direita: Sujeito com o dispositivo *Gravity-Balancing* vestido (4).

3. Dispositivos activos

Os dispositivos activos são normalmente distribuídos por quatro tipos de abordagens.

Uma abordagem baseia-se num treino na passadeira com um suporte que segura o paciente e reduz o seu peso. Neste treino o paciente possui vestido um dispositivo robótico que o ajuda a gerar uma trajectória de marcha ao nível do chão.

Outro tipo de abordagem prende os pés do paciente a um manipulador robótico que gera/simula vários tipos de terreno e padrões de marcha humana, como por exemplo, uma marcha plana, subir escadas e tropeçar. Neste caso o paciente é também suportado o que reduz o seu peso. Outra abordagem é o uso de dispositivos móveis, ou seja, dispositivos que são vestidos pelo paciente e que permitem que este se desloque no próprio solo sem ajuda de terceiros. Por último, têm-se realizado estudos onde os pacientes treinam a marcha deitados, que não serão abordados no presente trabalho.

De seguida, apresenta-se uma descrição mais detalhada de cada uma destas abordagens.

3.1 Treinadores na passadeira

O método mais proeminente para a reabilitação da marcha é o treino na passadeira com suporte do peso do corpo. Esta técnica surgiu através de investigação de controlo neuronal na locomoção de vertebrados (5). Experiências preliminares com gatos descerebrados conduziram com sucesso, ao treino da sua marcha na passadeira. Com base nestas observações um elevado número de equipas de investigação começou a realizar testes similares recorrendo a humanos em passadeiras.

Nos métodos convencionais, os pacientes com deficiências locomotoras usam uma armação que suporta o seu peso corporal. Dois ou três terapeutas assistem então manualmente os movimentos das pernas ao longo do movimento de marcha na passadeira, e estabilizam a postura do paciente.

Como este treino requer muito de esforço por parte dos terapeutas, os grupos de investigação têm desenvolvido dispositivos robóticos que ajudem o paciente na passadeira.

O primeiro a ser desenvolvido com este intuito foi o Lokomat®, por Hocoma (6). Este dispositivo consiste numa ortótese robótica com quatro graus de liberdade, com actuação ao nível das articulações da anca e joelho (Fig. 2). É ajustável ao comprimento dos segmentos superior e inferior da perna, e à amplitude da anca do paciente, bem como ao perímetro da perna. A actuação é realizada por motores DC e os ângulos são medidos por potenciómetros. As trajectórias de referência que são utilizadas para o controlo do movimento são trajectórias angulares fisiológicas da anca e joelho.

Iberoriscap

A estrutura do Lokomat® é fixada à passadeira através de um mecanismo de quatro barras de forma a providenciar estabilização lateral planar. As pernas do paciente são ligadas ao dispositivo por três ligações por perna, como se pode ver na Fig. 2.

O comum utilizador do dispositivo efectua um padrão de marcha fixo que é obtido por controlo de posição das trajectórias angulares das articulações. Contudo, é importante assegurar que o paciente caminhe activamente, e não que as suas pernas sejam passivamente movidas pelo Lokomat® (7). Esta ideia conduziu ao desenvolvimento de um algoritmo de adaptação do padrão de marcha automático, o que permite alguns graus de capacidade locomotora voluntária para caminhar activamente no sistema com um padrão de marcha variável. Treinar com um padrão de marcha adaptativo oferece as seguintes vantagens: 1) movimentos activos e contracções musculares *versus* movimentos/músculos passivos: 2) mais inputs sensoriais fisiológicos e variáveis para os centros do sistema nervoso central (SNC); e 3) aumento da motivação do paciente que consegue assim controlar o movimento do Lokomat (8).

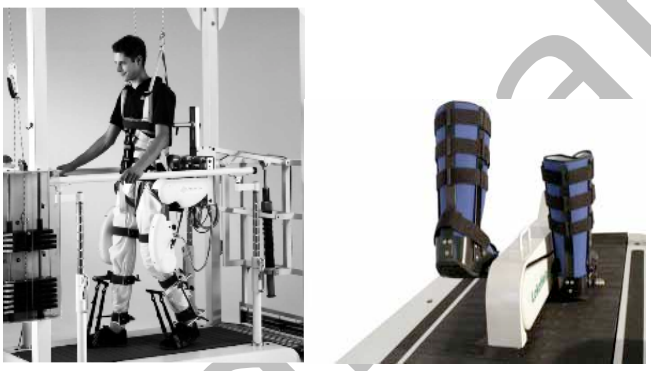


Fig. 2 À direita: Ortótese robótica Lokomat em utilização (8). À esquerda: Dispositivo LokoHelp(9)

Um sistema semelhante ao Lokomat é o LokoHelp (10), um dispositivo electromecânico colocado no meio faixa da passadeira paralelamente à direcção da marcha e fixo à frente da passadeira com um gancho simples, conforme ilustrado na Fig. 2.Com a ajuda de um mecanismo que suporta o peso o paciente, este é estabilizado e posicionado em cima da passadeira. A largura do LokoHelp é de 95 mm e encaixa-se entre as pernas do paciente. Durante a terapia, o LokoHelp guia as pernas do paciente num padrão de marcha definido. Não há derrapagem pois o LokoHelp é conduzido indirectamente pela superfície da passadeira. Este dispositivo garante uma marcha contínua e rítmica durante todo o tratamento.

Como o LokoHelp permite o treino do controlo da postura, da extensão do joelho, impacto activo da sola do pé e da extensão activa da anca, este é um dos melhores sistemas de terapia de locomoção.

Outro projecto que utiliza um treino na passadeira é o LOPES da Universidade de Twente (Holanda) (6). Trata-se de um robô do tipo exoesqueleto de modo a permitir a execução de forças ou momentos nas pernas do paciente. O robô move-se em paralelo com as pernas do paciente para que este não seja privado de nenhum tipo movimento. Como as juntas do robô correspondem às articulações humanas, é fácil impor limites de segurança nas forças e momentos aplicados. O exoesqueleto está ligado fisicamente a um suporte actuado situado à altura da pélvis (Fig. 3). Este tipo de *setup* permite a compensação do peso do exoesqueleto e a aplicação de forças correctivas externas na pélvis do paciente (3).

Relativamente ao controlo da impedância (em oposição ao controlo de admitância) foi seleccionado um *outline* de controlo da interacção básico para o exoesqueleto. Este implica que o controlo da interacção é

baseado na sensorização da posição combinada com actuação da força. Esta escolha implica que as partes móveis da construção devem ser de peso leve.

O sistema possui oito graus de liberdade (Fig. 3): dois para a translação horizontal da pélvis e três juntas rotacionais por perna. Estes são considerados suficientes. Um grau de liberdade (o movimento vertical da pélvis) foi compensado passivamente através de um mecanismo de mola ideal e foi deixado livre para se mover sem actuação dentro dos limites especificados, como mostra a Fig. 3(11).

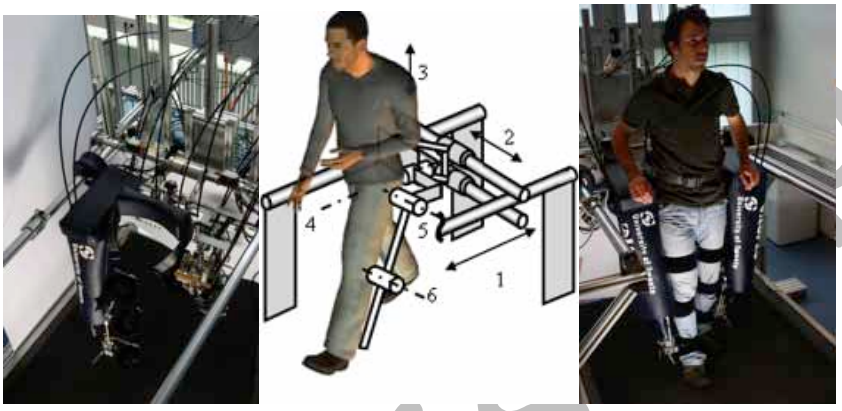


Fig. 3 Esquerda: Vista de cima que mostra o grau de liberdade que actua na pélvis; Centro: Esquema dos degraus de liberdade; Direita: Sujeito com o exosqueleto LOPES em utilização (12).

O *AutoAmbulator*(13) é um dispositivo que utiliza braços robóticos para replicar os movimentos padrão de uma marcha normal numa passadeira.

A NASA desenvolveu o G-Trainer™ (14), ilustrado na Fig.4, que se tornou no primeiro sistema que usa uma passadeira anti-gravidade e que foi aprovado pela FDA. Este sistema permite essencialmente que o paciente corra sem necessitar de suportar o seu corporal. Desta maneira não força as suas articulações, ligamentos, tendões e músculos. Para tal, foi criada uma câmara selada abaixo da cintura onde o paciente é colocado dentro de uns calções de neoprene que são zipados na cintura. Esta câmara é pressurizada, pelo que, o paciente é levantado através de uma pressão de ar para cima, que o suspende em cima da superfície da passadeira. É assim usada uma força de levantamento conhecida como *Advanced Differential Air Pressure Technology* (ADAPT). É através do controlo da pressão na câmara que o terapeuta pode controlar o peso do paciente.

Fig. 4 Dispositivo G-Trainer™ em utilização (14).

Um outro dispositivo é o manipulador pélvico assistido (PAM) (15) que permite que a pessoa tenha um movimento natural. Este dispositivo robótico prende-se à pélvis do paciente e manipula o movimento pélvico durante o treino de marcha na passadeira. Este manipulador consiste em dois robôs pneumáticos com três graus de liberdade. Este sistema apresenta um bom controlo de posição e força a baixo custo.

3.2 Manipuladores de Pés

Um grande problema na reabilitação e aprendizagem motora é a aprendizagem da comutação entre diferentes tipos de marcha. Isto faz com que seja necessário o treino de vários tipos de padrão de marcha, bem como várias situações que surgem no dia-a-dia, como o aparecimento de um obstáculo. Para isso surgiu o conceito de manipuladores de pés móveis, onde cada pé do paciente é posicionado num manipulador cujos movimentos são programáveis e que simulam o movimento normal do pé durante o *stance* e o *swing.* A cadência e o comprimento do passo podem ser ajustados individualmente. A ideia desta máquina é fornecer um treino de marcha guiada bilateralmente e de forma distal. Para além disso, os joelhos dos pacientes não estão fixos, para que os terapeutas possam contactar fisicamente com os pacientes, por forma a fazer alguma correcção ao joelho, caso seja necessário.

O grupo *Mechanized GaitTrainer* criou o *GaitTrainer* (16), que se baseia no conceito acima descrito, usando uma manivela e um sistema de engrenagem ligado a um manipulador, que fornece um movimento de membros similar ao que ocorre num treino elíptico (Fig. 5). Esta máquina possui apenas um grau de liberdade que guia a perna de forma a produzir um determinado padrão de marcha. Para além disso, o esforço requerido ao paciente é ajustado conforme a sua melhoria, e o centro de massa deste é controlado nas direcções vertical e horizontal.

Iberdiscap

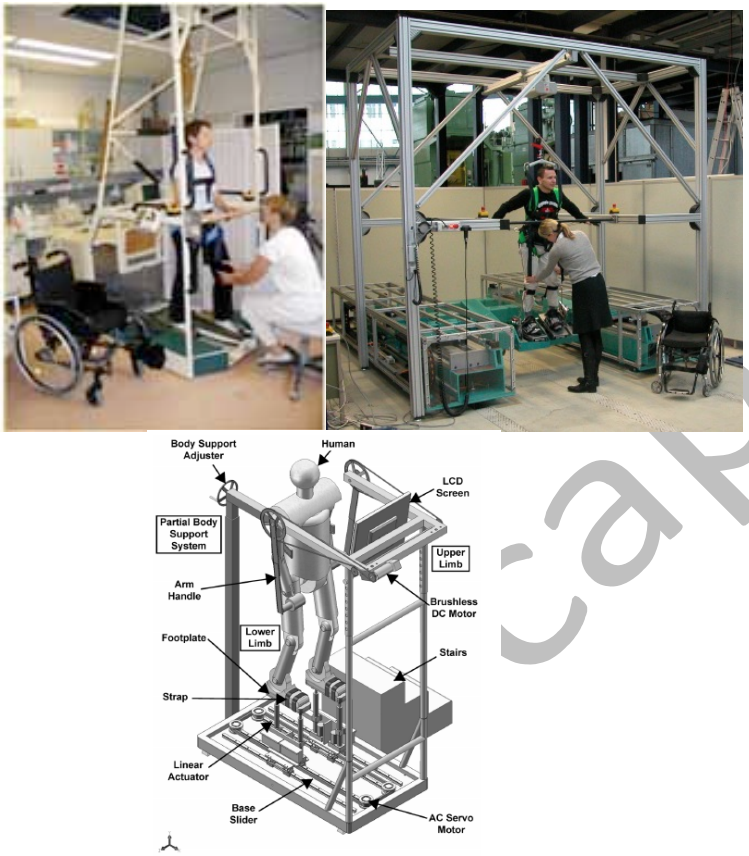


Fig. 5 À esquerda: GaitTrainer electromecânico com manipuladores de pés. (16) Ao centro: HapticWalker em utilização (16). Á direita: Esquema do robô de reabilitação com 6 DOF (1).

Posteriormente, este mesmo grupo decidiu estender o conceito de manipuladores de pés para um dispositivo onde os movimentos podem ser programados. Isto levou ao desenvolvimento do *HapticWalker* (16). O *HapticWalker* é o primeiro dispositivo com seis graus de liberdade que não se restringe ao treino de caminhar no mesmo tipo de solo e encontra-se ilustrado na Fig. 5. Ao contrário das máquinas que estão ligadas à passadeira, este dispositivo permite que o paciente treine trajectórias de marcha arbitrárias e similares às situações do dia-a-dia. A dinâmica do *HapticWalker* permite o movimento suave dos pés em caminhadas de velocidade moderada, bem como em simulações reais de caminhadas com velocidades superiores a 120 passos/min (16).

Comparado com o *GaitTrainer*, o *HapticWalker* possui algumas vantagens. As trajectórias do *HapticWalker* são programadas livremente, fazendo com que o treino não esteja restrito a caminhadas num solo plano, ou seja, o paciente pode treinar a subida de escadas, andar em terrenos inclinados, entre outros. Outra vantagem, é ter sensores debaixo dos manipuladores, que registam a força do paciente. Estes dados são posteriormente usados para realizar uma análise do treino do paciente, o que permite um rigoroso e cuidadoso acompanhamento terapêutico *à posteriori*. Podem também ser adicionadas perturbações, como tropeçar, escorregar, e já começa a ser possível a sua integração num ambiente virtual (17). Uma melhoria

deste dispositivo está na optimização dos algoritmos de controlo da força na marcha, que são baseados em dados clínicos (17).

Outro estudo que está a ser realizado (1) também implementa o ajuste da velocidade da marcha dos pacientes com o uso de manipuladores de pés e que reproduz o efeito de vários tipos de terreno. No entanto este estudo considera um novo factor, que é frequentemente desprezado na maioria dos robôs de reabilitação: a interacção dos membros inferiores com os membros superiores.

No corpo humano, existe uma coordenação motora entre os braços e as pernas. Quando os humanos andam, ambos os membros inferiores e superiores movem-se sincronizadamente. Tal coordenação parece ocorrer a um nível neuronal (18; 19). Têm sido realizados diversos estudos à volta desta sincronização que demonstraram que existe uma conexão entre a activação muscular dos braços e das pernas. Para além disto, descobriu-se que ao ser fornecido o movimento de *swing* ao braço durante um treino de locomoção, o movimento pode ser melhorado. Assim, o robô proposto em (1) e representado na Fig. 5 é composto por um manipulador de pés com três graus de liberdade no plano sagital de cada pé, dois actuadores unidos aos manipuladores através de uma junta revoluta, um dispositivo para os membros superiores, e um suporte de peso parcial. Os actuadores geram movimentos espaciais do calcanhar ao longo do eixo dos *y*. Para o movimento ao longo do eixo *x*, foi construído um mecanismo deslizante com um grau de liberdade. Os deslizadores são ligados a uma correia dentada que é controlada por um motor servo AC. Isto irá assegurar que cada movimento de um pé seja o oposto do outro. O dispositivo dos membros superiores está ligado através de uma ligação pendular com uma junta prismática aos manipuladores de pés, fazendo com que os membros estejam todos conectados através de um padrão de marcha sincronizado.

Para segurar o paciente, foi desenhado um sistema de suporte simples e ajustável ao paciente baseado num cinto ajustável ao paciente. Este sistema irá prevenir que o paciente caia para frente ou para trás, para além de o manter centrado.

3.3 Ortóteses

Os dispositivos que utilizam a passadeira ou os manipuladores destinam-se às limitações locomotoras que requerem o trabalho dos terapeutas. Não são contudo a solução universal para todos os pacientes. Estes dispositivos não permitem o treino de mudar de direcção, por exemplo. Muitos pacientes podem beneficiar deste treino intensivo de marcha, alterando a sua velocidade, mas outros podem necessitar de treinar uma maior variedade de tarefas.

Outro aspecto importante destes dispositivos de marcha é não fornecerem assistência activa ao tornozelo. Dependem também de uma assistência na anca e nos joelhos para induzir um padrão de marcha. Isto pode representar uma grande limitação a estes sistemas pois o tornozelo fornece mais energia que a anca ou o joelho durante uma marcha normal. Se os pacientes não puderem praticar os padrões de marcha com um *push-off* que utilize a energia do tornozelo, estes ficam susceptíveis à aprendizagem de uma marcha compensatória, em vez de uma marcha normal, conforme se pretendia (20).

Para contornar estas limitações, foram efectuados vários estudos (20) de forma a encontrar uma solução que requeresse menos ajuda do terapeuta e reproduzisse uma maior variedade de tarefas locomotoras. As ortóteses resultam dessa investigação, e têm como objectivo principal compensar a perda da função mecânica e trabalhar em conjunto com os movimentos do paciente.

A órtose é uma ferramenta móvel e portátil que facilita a recuperação motora, permitindo ao paciente praticar a marcha no solo. Para que este objectivo seja bem sucedido na reabilitação, a órtose terá de ser alimentada energeticamente de maneira a promover uma marcha dinâmica.

uberdisc.ab

Um grande problema de construir dispositivos móveis e portáteis é o facto de requerem actuadores e baterias que sejam leves e com grande capacidade para fornecer energia durante muitas horas de uso. Felizmente, a tecnologia tem evoluído espectacularmente, fazendo com que os processadores sejam cada vez mais rápidos: controladores mais robustos e actuadores mais leves. Sendo assim, o problema da portabilidade embora relevante, pode ser resolvido (20).

Outro problema que pode ser encontrado nestes dispositivos é a fiabilidade de controlo. As estratégias de controlo e os algoritmos para os dispositivos portáteis devem ser robustos e seguros para a interacção humana. Para além disto, as ortóteses têm sido alvo de discussão relativamente ao facto de poderem ter um problema de recrutamento neuromuscular, promovendo a passividade do paciente ao longo do treino (20).

Alguns dos primeiros trabalhos relacionados com ortóteses alimentadas energeticamente datam dos anos 70. Miomir Vukobratovic, da Jugoslávia, criou um dos modelos mais avançados daquela altura (21). Este dispositivo usava actuadores pneumáticos na anca, joelho e tornozelo, de maneira a fornecer assistência nos planos frontal e sagital. Na mesma altura, Ali Seireg na Universidade de Wincosin desenvolveu uma ortótese hidráulica com um eixo duplo na anca e no tornozelo e um único eixo nos joelhos (22). Através de vários testes, foi comprovado que este dispositivo era confortável e que era capaz de assistir a uma marcha lenta. Com o aparecimento de actuadores, sensores e processadores cada vez mais pequenos, as ortóteses começaram a ser uma realidade clínica.

O Director Yoshiyuki Sankai e os seus colegas do *Cybernics Laboratory* da Universidade de Tsukuba no Japão, desenvolveram uma ortótese alimentada electro-mecanicamente designada por HAL (*Hybrid Assistive Limb*) (23) e encontra-se ilustrado na Fig. 6.

A estrutura da perna do HAL potencia a flexão/extensão das juntas da anca e do joelho através de um motor DC com uma unidade harmónica colocada directamente sobre as articulações. Os graus de liberdade da extensão e flexão do tornozelo são passivos. A interface do dispositivo com o paciente possui os seguintes componentes: um sapato especial com sensores de força para medir a reacção do solo, uma espécie de armadura ao longo da perna até à coxa, e um cinto largo na cintura.

O sistema HAL recorre a uma série de componentes sensoriais para o controlo motor: eléctrodos de superfície EMG colocados abaixo da anca e acima do joelho, potenciómetros para medir o ângulo das articulações, sensores de força, um giroscópio e um acelerómetro para estimar a postura do paciente. Estes sensores constituem as entradas de dois sistemas de controlo: sistema EMG e sistema de marcha. Os dois juntos determinam a intenção do paciente e realizam o processo de marcha.

Quando o paciente tenta mover-se, são enviados sinais nervosos do cérebro para os músculos através de neurónios motores, movendo o conjunto músculo-esquelético. Neste instante, podem ser detectados sinais muito pequenos na superfície da pele. O HAL detecta esses sinais através dos sensores EMG. De acordo com estes sinais, uma junta é controlada de forma a se mover com o torque necessário e adequado em conjunto com o músculo do paciente. O movimento resulta assim, da intenção do paciente. O HAL é o primeiro robô controlado por este sistema híbrido, ou seja, é controlado pelo sistema motor e neuronal (23). A calibração de um HAL para um operador em específico demora aproximadamente dois meses, conforme apresentado em (23). O HAL está neste momento a ser comercializado no Japão pela *Cyberdyne Tsukuba* (24) e está a ser constantemente actualizado. Neste momento contém baterias com uma duração de aproximadamente 160 min., uma fonte de alimentação compacta e uma estrutura já bastante estética. O peso total do dispositivo é de 23 kg.

iberdiscap

Fig. 6Na imagem da esquerda: Dispositivo HAL comercializado pela Cyberdyne Tsukuba (24). Na imagem do centro encontra-se o dispositivo ReWalk™ (25). Na imagem da direita encontra-se o protótipo da ortótese RoboWalker desenvolvido pela Yobotics (26).

Uma companhia que também tem vindo a comercializar um dispositivo deste tipo é a *Argo Medical Techonologies*. O ReWalk™(25) é um dispositivo que permite às pessoas que andam em cadeiras de rodas que se levantem, andem e subam escadas. Possibilita também a participação dos braços com ajuda de muletas. Este dispositivo está ilustrado na Fig. 6.

Outra companhia que tem vindo apostar nesta tecnologia é a *Yobotics*, Inc que desenvolveu um protótipo de ortótese designada por RoboWalker (26). Este ainda não se encontra, contudo, comercialmente disponível (Fig. 6).

Na Universidade de Michigan, o *Human Neuromechanics Laboratory*, desenvolveu uma ortótese alimentada pneumaticamente e que recorre a músculos artificiais pneumático (27) . Esta possui dobradiças de aço nas juntas que permitem o movimento no plano sagital enquanto os músculos pneumáticos fornecem o torque de flexão e extensão. Os músculos pneumáticos artificiais de borracha têm a vantagem de ter um ganho elevado à saída e um actuador leve.

Outro tipo de ortótese está a ser desenvolvido pelo grupo de biomecânica do MIT e consiste numa ortótese de tornozelo-pé (AFO) (23) e está ilustrado na Fig 7. Esta ortótese está a ser desenvolvida para substituição do Otto BockC-Leg que é actualmente comercializado pela Ossur. O Otto Bock C-Leg (28) caracteriza-se como um dispositivo passivo.

Esta ortótese do grupo do MIT tem como objectivo ajudar as pessoas que não conseguem controlar correctamente o movimento do pé durante a marcha, deixando-o simplesmente cair. O dispositivo consiste numa ortótese com uma série de actuadores elásticos (SEA) sendo controlada através da força do solo e da informação sensorial dada pelo ângulo do tornozelo. Usando os SEA, o dispositivo controla a impedância do tornozelo, variando-a durante a flexão no *stance* e ajuda na extensão durante a fase de *swing* da marcha. Em estudos clínicos, a AFO mostrou ser capaz de aumentar a velocidade da marcha, reduzindo o mau controlo do pé. Este dispositivo é compacto e consome pouca energia (cerca de 100W)(23).

Hperdiscap

Fig. 7 À esquerda: Ortótese de tornozelo-pé (AFO) desenvolvida no MIT (23). Á direita: SmartStep™ desenvolvido pela *Andante Medical Devices, Ltd.* (29).

Uma companhia *spin-off* do MIT, a *iWalk*, está neste momento a desenvolver um dispositivo que pretende ser energeticamente autónomo e portátil.

Uma companhia de Israel, *Andante Medical Devices, Ltd.,* reportou em 2005 o lançamento do *SmartStep™* (29), um sistema de treino de marcha ilustrado na Fig. 7. O *SmartStep™* é composto por três componentes principais: uma palmilha que contem um sensor de força, um microprocessador para unidade de controlo, e um software de armazenamento e análise de dados para o estudo do desempenho e evolução do paciente.

A palmilha deste dispositivo mede a força aplicada no calcanhar e no antepé do membro afectado. Os dados são recebidos e analisados pelo microprocessador que é usado em redor do tornozelo. Os dados são enviados para um computador recorrendo ao software *SmartStep*, que utiliza os registos médicos dos pacientes como uma ferramenta de avaliação e terapia. A unidade de controlo pode ser programada para fornecer ao paciente, em tempo real e através de indicações auditivas, o seu desempenho na marcha correcta ou incorrecta de acordo com o programa previsto para cada paciente.

4. Conclusão

Presentemente não existem evidências suficientes e claras para se poder concluir acerca da eficácia dos treinos assistidos por robôs nas pessoas com lesões na medula espinal. Tal deve-se a um baixo número de amostras, de falhas metodológicas, e procedimentos de treinos heterogéneos. Parece claro contudo, que um treino intensivo e correcto poderá conduzir a melhoria efectivas e também, que apenas os robôs poderão acompanhar exaustivamente e continuamente os pacientes no seu dia-a-dia. Por tudo isto, sem dúvida que a reabilitação robótica é um campo fértil que se deve investir e que existe ainda um longo caminho a percorrer até se alcançar a flexibilidade, fiabilidade e portabilidade necessárias.

Referências

1. B. Novandy, J. Yoon and A. Manurung. Interaction Control of a programmable Footpad-Type Gait Rehabilitation Robot for Active Walking on Various Terrains. *IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics. Kyoto International Conference Center.* pp. 23-26,2009.
2. R.Cooper, B.E. Dicianno, B. Brewer, E. LoPresti, D. Ding, R.Simpson, G.Grindle, H. Wang. A perspective on intelligent devices and enviroments in medical rehabilitation. *Medical Engineering & Physics 30.* pp. 1387–1398, 2008.
3. S.Banala, S. Agrawal. Gait Rehabilitation with an active leg orthosis. *Proceedings of IDETC/CIE.* pp.24-28,2005.
4. S.Banala, S.Agrawal, A. Fattah, V.Krishnamoorthy,W. Hsu, J.Scholz and K. Rudolph. Gravity-Balancing Leg Orthosis and Its Performance Evaluation. *IEEE Transactions on robotics.* Vol. 22, no. 6, pp. 1128-1239, December 2006.
5. B.Dobkin, S.Harkema, P.Requejo, V. Edgerton. Modulation of locomotor-like EMG activity in subjects with complete and incomplete spinal cord injury. *Journal of NeurolEngineering and Rehabilitation.* pp. 183-190,1995.
6. G.Colombo. Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. *Journal of Rehabilitation Research and Development.* Vol. 37 (6), pp. 693-700, 2000.
7. M.Bernhardt, et al. Hybrid force-position control yields cooperative behaviour of the rehabilitation robot LOKOMAT. *ICORR2005 9th Internacional Conference on Rehabilitation Robotics.*pp. 536-539,2005

Ibeardisap

8. S.Jezernik, G. Colombo and M.Morari. Automatic Gait Patern Adaptation Algoritms for Rehabilitation with a 4-DOF Robotic Orthosis. *IEEE Transactions on Robotics and Automation.* Vol. 20 (3), 2004.
9. E.Swinnen, S. Duerinck, J.Baeyens, R.Meeusen, E. Kerckhofs. Effectiveness of robot-assisted gait training in persons with spinal cord injury: a systematic review. *Journal of Rehabilitation Medicine 42. pp.1-7,* 2010.
10. J.Veneman, et al. Design and Evaluation of the LOPES Exoskeleton Robot for Interactive Gait Rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering.* Vol. 15 (3), pp. 379-386, 2007.
11. University of Twente. *http://www.bw.ctw.utwente.nl/research/projects/lopes.doc/index.html.* [Online]
12. Autoambulator. *Available: http://www.autoambulator.com.* [Online]
13. Woodway. *http://www.woodway.com/medicaltreadmills/g-trainermed.html.* [Online]
14. W.Ichinosel, D.Reinkensmeyerl, D.Aoyagi, J.Lin, K. Ngai. A robotic device for measuring and controlling pelvic motion during locomotor rehabilitation. *Proceedings of the 25" Annual Inlcmalional Conferenceof the IEEE EMBS.* pp.17-21,September 2003.
15. UCIrvine. *http://gram.eng.uci.edu/~dreinken/Biolab/biolab.htm.* [Online]
16. H.Schmidt, C.Werner, R.Bernhardt, S. Hessen and J.Kruger. Gait rehabilitation machines based on progammable footplates. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* . 2007.
17. S.Hesse, H. Schmidt, C.Werner. Machines to support motor rehabilitation after stroke: 10 years of experience in Berlin. Vol. 43 no.5, pp. 671-678, 2006.
18. D. P. Ferris, H. J. Huang, and P.C. Kao. Moving The Arms To Activate The Legs. *Exercise and Sport Sciences Reviews.* Vol. 34 no.3, pp. 113-120, 2006.
19. D.Ferris, H. J. Huang. Neural coupling between upper and lower limbs during recumbent stepping. *Journal of Applied Physiology.* Vol. 97, pp. 1299-1308, 2004.
20. D.Ferris, G.Sawicki, A.Domingo. Powered lower limb orthoses for gait rehabilitation. *Top Spinal Cord Injury Rehab.* pp. 34-49, 2005.
21. M.Vukobratovic, D. Hristic, Z. Stojiljkovic. Development of active anthropomorphic exoskeletons. *Medical and Biological Engineering and Computing.* pp. 66-80, 1974.
22. A.Seireg, J.G. Grundman. Design of a multitask exoskeletal walking device for paraplegics. [autor do livro] Marcel Dekker. in D.N .Ghista. *Biomechanics of Medical Devices.* pp. 569-639, 1991.
23. H.Her. Exoskeletons and orthoses: classification, design challenges and future directions. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation.* 2009.
24. Cyberdyne Tsukuba. *http://www.cyberdyne.jp/english/robotsuithal/index.html.* [Online]
25. ARGO, Medical Tecnologies Ltd. *http://www.argomedtec.com/products.asp.* [Online]
26. Yobotics. *http://yobotics.com/robowalker/robowalker.html.* [Online]
27. D.Ferris, J.Czerniecki, B.Hannaford. An ankle-foot orthosis powered by artificial pneumatic muscles. *Journal of Applied Biomechanics.* vol.21 (2), pp. 189-197, 2005.
28. Otto Bock. *http://www.ottobock.com/cps/rde/xchg/ob_com_en/hs.xsl/4300.html.* [Online]
29. Smart Step System. *http://www.medgadget.com/archives/2005/06/the_smartstep_g.html.*[Online]

Iberdiscap

Propuesta de control en trayectoria de un actuador de rodilla para la compensación funcional de la marcha en lesionados medulares.

Antonio J. del-Ama[1], Juan C. Moreno[2], Anselmo Frizera[2], Ángel Gil-Agudo[1], José L. Pons[2]

[1]Hospital Nacional de Parapléjicos: Finca La Peraleda SN, Toledo, España, +34-925247779, {ajdela;amgila}@sescam.jccm.es

[2]Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Crtra. Arganda-La Poveda Km 0,200, La Poveda, España, +34-918711900, {moreno;frizera;jlpons}@iai.csic.es

Resumen.

La restauración de la función de marcha es una de las acciones prioritarias durante la rehabilitación de la lesión medular. Las ortesis pasivas de marcha habitualmente prescritas en la clínica demandan un elevado esfuerzo para los sujetos que las utilizan para realizar marcha, lo que finalmente conlleva a su abandono. Los exoesqueletos mecatrónicos permiten realizar un control de la trayectoria de las articulaciones, aportando la energía necesaria durante las fases de la marcha, mediante el adecuado diseño de los actuadores y sus sistemas de control. En este trabajo se presenta la metodología y los resultados obtenidos durante el diseño y sintonización de un controlador proporcional-integral-diferencial de un actuador mecatrónico cuyo objetivo es realizar el control de la trayectoria de la rodilla de un exoesqueleto, dentro del proceso de diseño de un exoesqueleto para la compensación de la marcha en lesionados medulares.

Palabras clave: Controlador, marcha, exoesqueleto, PID.

1. Introducción

La mayor parte de las personas que sufren una lesión medular padecen, entre otras consecuencias, la alteración de la capacidad motora y sensitiva, cuyo grado de severidad está condicionado por el nivel de lesión y las características de la misma [1]. Como resultado, la afectación de la capacidad de marcha es una de las secuelas más discapacitantes que sufren los sujetos que padecen una lesión medular, que en función de las características de la lesión puede incluso derivar en la pérdida total de la capacidad de movimiento voluntario sobre los miembros inferiores, con lo que estos sujetos se ven confinados en una silla de ruedas para conseguir la movilidad [2]. La restauración de la función de marcha es uno de los objetivos de mayor importancia tanto para los lesionados medulares como para el personal clínico involucrado en la rehabilitación [2].

La restauración de la capacidad de marcha se realiza tradicionalmente mediante el uso de ortesis mecánicas, aportando el soporte necesario para evitar el colapso articular durante el apoyo [4, 5]. La marcha realizada con estos dispositivos exige un elevado gasto energético [6,7], lo que ha sido identificado como un motivo de abandono de su uso [8, 9]. En las últimas décadas ha habido un creciente interés en el desarrollo de exoesqueletos robóticos que sean vestidos por el usuario y que compensen la marcha [10]. Estos exoesqueletos robóticos son capaces de aportar par y modular las trayectorias articulares. El trabajo

Iberdiscap

pionero realizado por Vukobratovic en el instituto Mihailo Pupin de Belgrado es uno de los más completos realizados hasta la fecha, cuyo exoesqueleto incorporaba actuadores neumáticos para realizar la flexión/extensión de la cadera, la rodilla y el tobillo, así como la abducción/aducción de la cadera [11,12].

Las arquitecturas y algoritmos de control implementados en cada dispositivo para compensar la marcha en lesionados medulares, son diferentes. Una reciente revisión ha identificado las principales estrategias de control utilizadas para sistemas de entrenamiento de la marcha [13], también aplicadas en los sistemas de compensación de la marcha. El control de la trayectoria articular del exoesqueleto mediante un controlador proporcional-integral-derivativo (PID) es utilizado en varios de los sistemas de compensación de la marcha [10, 11, 14, 15]. MotionMaker incorpora un control PID de las trayectorias articulares en lazo cerrado como complemento al movimiento generado por estimulación eléctrica funcional [14]. Recientemente Veneva ha propuesto un exoesqueleto para el control de la trayectoria de la articulación del tobillo [15].

Dentro de nuestro objetivo global de desarrollar un exoesqueleto para la compensación funcional de la marcha, el objetivo del presente trabajo es presentar el ajuste de un controlador proporcional, integral y derivativo de un actuador de rodilla para la compensación de la trayectoria durante la marcha en lesionados medulares.

2. Metodología

El controlador aquí mostrado forma parte de un sistema para la compensación funcional de la marcha que comprende el control de las articulaciones del tobillo y la rodilla, a través de la interacción física entre un exoesqueleto de miembro inferior y la pierna del sujeto. Para ello, el controlador del actuador de rodilla desarrollado en este trabajo será incorporado a un sistema más complejo que realizará la compensación funcional de la marcha mediante la acción conjunta del actuador y un sistema de estimulación eléctrica funcional que movilizará la pierna a través de la estimulación muscular.

El diseño y selección del actuador del exoesqueleto se ha basado en la identificación de las las características de par y potencia de la articulación de rodilla durante la marcha no patológica a velocidad normal, siendo 0,6 N·m/kg, 1 W/kg, para una velocidad angular del orden de 10 rpm [16]. Particularizando estos valores para un sujeto cuyo peso no exceda de 80 kg, se ha diseñado un actuador de rodilla que forma parte de un exoesqueleto destinado a la compensación funcional de la marcha [17]. El actuador está formado por un motor plano sin escobillas Maxon EC90 de 90 W de potencia y 0,49 Nm de par nominal máximo. Para adecuar las características de velocidad y par requeridas, se ha incorporado un reductor plano HarmonicDrive con ratio de transmisión 1:100. Para controlar la posición de la rodilla, se monitoriza el movimiento de la rodilla a través de un potenciómetro Vishay, 1 vuelta y 10 Kohm por vuelta, a través de una transmisión por cable y polea (Figura1). La arquitectura de control se ha implementado en Simulink, embebiendo el controlador en un computador basado en el estándar PC/104.

Iberoticap

Figura1. Actuador de rodilla.

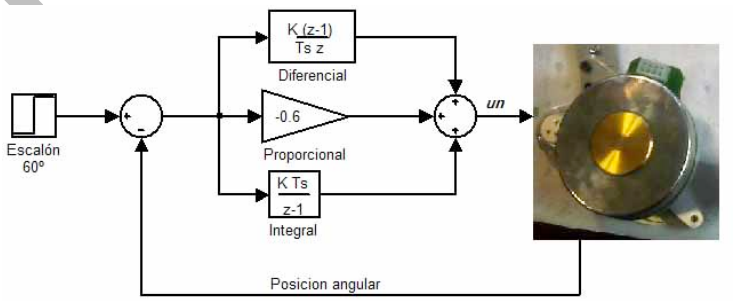
La interacción del exoesqueleto con la pierna del sujeto debe ser suave, evitando acciones bruscas sobre la pierna que puedan originar disconfort en las zonas de interacción o movimientos que proporcionen al usuario sensaciones de inestabilidad, por lo que el controlador deberá evitar sobreoscilaciones en la trayectoria que puedan ocasionar estas situaciones. Este comportamiento puede lograrse a través de la adecuada sintonización de un control PID, basado en el cálculo de la referencia que se ha de suministrar al motor, dado el error de la posición de la rodilla, *e*, según la siguiente expresión [18]:

$$u = K_p\left(e + \frac{1}{T_i}\int_0^t e \cdot d\tau + \frac{1}{T_i}\cdot\frac{de}{dt}\right)$$

Esta relación se ha de aproximar mediante funciones discretas, en función del tiempo de muestreo Ts, que en este caso es 1 kHz. Entonces se tiene que la referencia a proporcionar al motor es:

$$u_n = K_p\left(e_n + \frac{1}{T_i}\sum_{j=1}^{n} e_n \cdot T_s + T_d \cdot \frac{e_n - e_{n-1}}{T_s}\right)$$

El ajuste del controlador se refiere al cálculo de las constantes Kp, Ti y Td. El método utilizado en este trabajo ha consistido en el ajuste mediante las reglas de Ziegler-Nichols, seguido de una corrección manual en función de la sobreoscilación y el error estacionario, frente a una entrada escalón al sistema. Este procedimiento está basado en el ajuste de la ganancia proporcional y los tiempos característicos integral y derivativo a partir del comportamiento críticamente estable del sistema, obtenido mediante un control únicamente proporcional.



Iberdisap

Figura2. Arquitectura de control en Simulink.

3. Resultados

3.1. Ajuste Ziegler-Nichols

El ajuste del controlador se ha realizado utilizando una función escalón como referencia al sistema. La magnitud de esta función escalón se ha establecido en 60º, correspondiente a la máxima flexión de rodilla durante la marcha normal, alcanzada en el momento del despegue de dedos previo a la oscilación [19]

Las reglas de Ziegler-Nichols para un controlador PID se presentan en la Tabla 1. Los valores para la ganancia proporcional y los tiempos característicos integral y derivativo son calculados a partir de Ku y Tu. El procedimiento para obtener estos dos valores ha sido el siguiente. Anulando las acciones derivativas e integral de la ecuación Ec.2 (Ti infinito y Td cero) se comienza a aumentar la ganancia proporcional Kp hasta que el sistema comienza a oscilar alrededor de la referencia. Esta ganancia proporcional es Ku, mientras que Tu se obtiene mediante la lectura del la frecuencia de sobreoscilación alrededor de la referencia. Comenzando desde Kp =0.5, el valor de Ku para el cual el sistema comienza a oscilar es Ku=1. En la figura 3 se muestra la respuesta del sistema, así como las características principales.

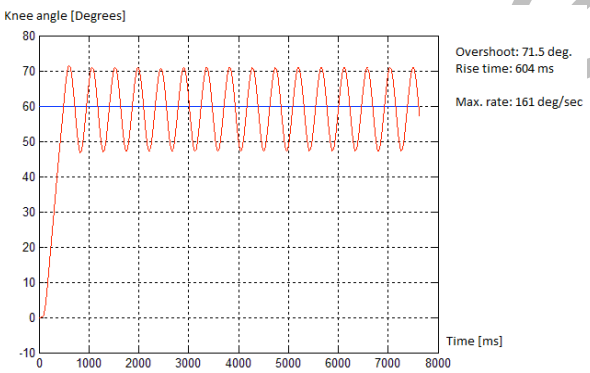


Figura3. Respuesta del sistema con Kp=1

Los valores obtenidos se recogen en la Tabla 1.

	Kp	Ti	Td
Reglas Ziegler-Nichols	0.6 ·Ku	Tu/2	Tu/8
Valores experimentales	0.60	0.23	0.057

Tabla 1. Reglas Ziegler-Nichols para el ajuste de un controlador PID

La respuesta del sistema al incorporar estos valores obtenidos según la recomendación de Ziegler-Nichols, se muestra en la figura 4:

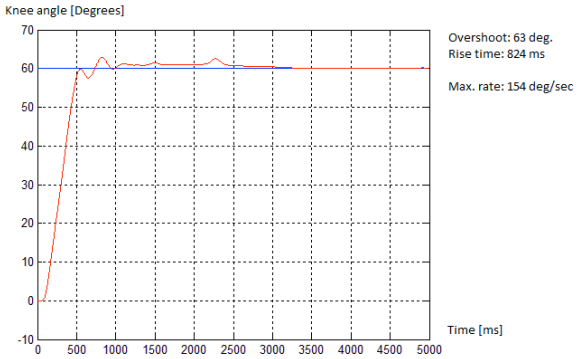


Figura4. Respuesta del sistema frente a una entrada escalón. Kp=0.60, 1/Ti=0.23, Td=0.057

3.1. Ajuste manual

El ajuste del controlador de rodilla realizado mediante las reglas de Ziegler-Nichols, constituye el punto de partida para realizar el ajuste final del controlador. Como se aprecia en la figura 3, la respuesta del sistema presenta una sobreoscilación de 3º. Esta sobreoscilación, aunque es relativamente reducida, resulta inadmisible en un sistema que está en estrecha interacción física con un sujeto, con lo que resulta necesario realizar un ajuste manual de los parámetros Kp, 1/Ti y Td del controlador PID.

Acción	Tiempo de respuesta	Sobreoscilación	Estabilidad
Aumentar Kp	Más rápido	Aumenta	Empeora
Aumentar Td	Más lento	Disminuye	Mejora
Aumentar 1/Ti	Más rápido	Aumenta	Empeora

Tabla 2. Influencia general de los parámetros de un controlador PID

El ajuste manual se basa en un método iterativo en el que a partir de los valores obtenidos mediante las reglas de Ziegler-Nichols, se ha incrementado la constante de tiempo correspondiente al controlador derivativo Td, hasta lograr eliminar la sobreoscilación. Una vez lograda la respuesta del sistema sin sobreoscilación, se ha aumentado la constante de tiempo integral 1/Ti, a la vez que se ha disminuido la constante proporcional hasta lograr eliminar el 'offset' en los primeros 1000ms. La influencia de la ganancia proporcional, así como la de las constantes de tiempo integral y diferencial, está ampliamente estudiada, y se recoge de manera esquemática en la tabla 2. El resultado de este ajuste manual se muestra en la siguiente figura:

Iberdiscap

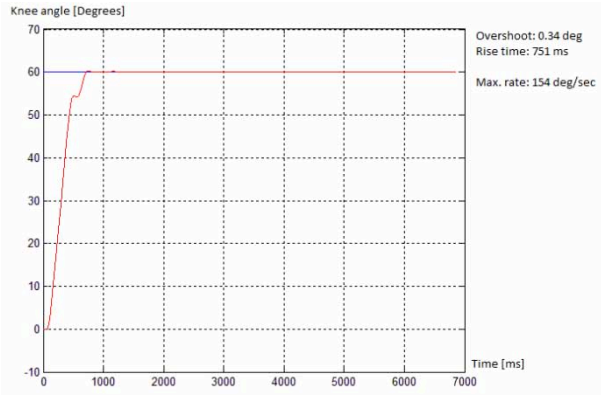


Figura5. Respuesta del sistema frente a una entrada escalón. Kp=0.50, 1/Ti=0.05, Td=0.05

La sobreoscilación presente en el sistema es ahora casi despreciable, 0.34 grados, disminuyendo a 0.15 grados 1200 ms tras el inicio del escalón. Esta mejora en la sobreoscilación, teniendo en cuenta los requerimientos de uso del sistema, ha implicado un empeoramiento en el tiempo de establecimiento, que ahora es 147 milisegundos mayor, y en la tasa de crecimiento, que ha disminuido 7 grados/segundo.

4. Conclusiones

Hemos presentado una metodología de ajuste de un controlador PID de un actuador de rodilla integrado en un exoesqueleto para la compensación de marcha de lesionados medulares. La metodología seguida se ha basado en las recomendaciones de Ziegler-Nichols para ajustar un controlador PID a partir del ajuste de la ganancia proporcional. Debido a las características de la aplicación, el controlador ha de minimizar la sobreoscilación en la respuesta, dado que esta sobreoscilación puede resultar en una interacción molesta, e incluso dolorosa, con el miembro del sujeto. Por este motivo se ha llevado a cabo un ajuste manual iterativo de las constantes proporcional y de tiempo integral y derivativo del controlador PID. Se ha obtenido un sistema con una sobreoscilación muy pequeña, 0.6% y en el que las respuestas temporales del sistema no han empeorado significativamente.

A partir del diseño y ajuste del controlador PID realizado en este trabajo, se realizará un análisis de la robustez del sistema frente a perturbaciones externas, así como la respuesta del controlador durante la interacción con la pierna del sujeto. Este análisis de la interacción se complementará con el análisis del comportamiento del controlador durante el funcionamiento en paralelo con el sistema de estimulación eléctrica funcional, monitorizando el par máximo generado por el motor, así como el consumo energético. Este análisis llevará a la futura validación del controlador PID para su utilización en el exoesqueleto de compensación funcional de la marcha para lesionados medulares.

Referencias

[1] Burke DC. Pain in paraplegia. Paraplegia. 1973;10:297–313

[2] Cooper R. Rehabilitation engineering applied to mobility and manipulation. IOP Publishing. 1995

[3] Ditunno J, Scivoletto G. Clinical relevance of gait research applied to clinical trials in spinal cord injury. Brain Research Bulletin. 2009;78(1):35-42

Iberaiscap

[4] Beckman J. The LouisianaStateUniversity reciprocating gait orthosis. Physiotherapy 1987;73:386-392

[5] Kirtley C. Principles and practice of paraplegic locomotion: experience with the Walkaboutr Walking System. Aust. Orthot. Prosthet. Magazine 1992;7(2):4-7

[6] Massucci M, Brunetti G, Piperno R, Betti L, Franceschini M. Walking with the advanced reciprocating orthosis (ARGO) in thoracic paraplegic patients: energy expenditure and cardiorespiratory performance. Spinal Cord. 1998;36:223-227

[7] Harvey LA, Davis GM, Smith MB, Engel S. Energy expenditure during gait using the walkabout and isocentric reciprocal gait orthoses in persons with paraplegia. Arc. Phys. Med. Rehabil. 1998;79:945-949

[8] Plassat R. Perrouin-Verbe B, Stéphan A, Rome J, Brunel P, Richard I, Mathe JF. Gait orthosis in patients with complete thoracic paraplegia. Review of 43 patients. Ann. Readapt. Med. Phys. 2005;48

[9] Franceschini M, Baratta S, Zampolinio M, Loria D, Lottas S. Reciprocating gait orthoses: a multicenter study if their use by spinal cord injured patients. Arch. Phys. Med. Rehabil. 1997;78:582-586

[10] Mohammed S, Amirat Y. Towards intelligent lower limb wearable robots: challenges and perspectives – State of the art. Proc. Int. Conf on Robotics and Biomimetics. 2009:312-317

[11] Vukobratovic M, Hristic D, Stojiljkovic Z. Development of activeanthropomorphic exoskeletons.Med. Biol. Eng. 1974:12(1):66-80

[12]Hristic D, Vukobratovic M. Timotijevic M. New model of autonomous 'active suit' for distrophic patients. Proc. Int. Symp. External Control Hum. Extremities. 1981:33-42

[13] Marchal-Crespo L, Reinkensmeyer DJ. Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury. Jour. Neuroeng. And Rehabil. 2009;6(20)

[14] Schmitt C, Métrailler P, Al-Khodairy A, Brodard R, Fournier J, Bouri M, Clavel R. The Motion Maker: a rehabilitation system combining and orthosis with closed-loop electrical muscle estimulation. Proc. 8 Int. Workshop on Functional electrical Stimulation. 2004

[15] Veneva I. Design and implementation of device for control of active ankle-foot orthosis. Proc. 11 Congress on Theoretical and Applied Mechanics. 2009

[16] DA Winter. Biomechanics and motor control of human motion. Second ed, University of Waterloo, 1991

[17] del Ama-Espinosa AJ, Palazón-García R, Gil-Agudo A, Moreno JC. A design to compensate gait. . Proc. 12 Int. Congress on new actuators and drive systems. P131. 2010

[18] Ogata K., Ingeniería de control moderna. Prentice Hall. 1999.

[19] Sánchez-Lacuesta J, Prat J, Hoyos JV, Viosca E, Soler C, Comin M, Lafuente R, Cortés A, Vera P. Biomecánica de la marcha humana normal y patológica. Valencia. IBV. 1993

Iberdiscap

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al proyecto coordinado del plan nacional de I+D, titulado “Sistemas avanzados EEF y UMI para el desarrollo de soft-robots en el ámbito de la robótica de rehabilitación”. Ministerio de Educación y Ciencia (DPI2008-06772-C03-01)

Iberdiscap

Análisis Biomecánico de la Cadena Cinemática de Miembro Inferior con Tecnología Zigbee

C. Cifuentes[1], L. Rodríguez[2], J. M. Sabater[3]

[1,2]Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería: Autopista Norte Km 13, Bogotá, Colombia,luis.rodriguez@escuelaing.edu.co, carlos.cifuentes@escuelaing.edu.co

[3]Universidad Miguel Hernández: Avda Universidad, Elche (Alicante), España, j.sabater@umh.es

Resumen.

Este trabajo propone el desarrollo de una plataforma que permite interconectar múltiples dispositivos inalámbricos individuales, para transmitir señales biomecánicas basadas en acelerómetros de tres ejes, con el fin de integrarse al vestido del paciente y permitirla evaluación del proceso de rehabilitación de marcha, de igual manera se pretende integrar a sistemas de rehabilitación robótica. La plataforma Zigbee para análisis biomecánico fue realizado en tres etapas: (A) Diseño de Hardware (B) Evaluación del dispositivo, (C) Implementación de la Red ZHC para monitoreo biomecánico, se obtuvieron índices de pérdidas de paquetes en comunicación continua y el índice de LQI (Link Quality Indicator) del dispositivo inalámbrico desarrollado, basados en la transmisión continua de paquetes de datos, finalmente se realizó una prueba con una persona, para observar la respuesta del sistema de adquisición de la aceleración en las tres articulaciones de una pierna.

Palabras clave: Análisis de Marcha, Rehabilitación, Zigbee, Acelerometría

1. Introducción y contenidos

Sistemas con múltiples sensores para rehabilitación física se caracterizan por tener cables difíciles de manejar entre los electrodos y el sistema de monitoreo. Estos pueden limitar la actividad del paciente y el nivel de confort influenciando negativamente y alterando la medición de los resultados. Un dispositivo de monitoreo parámetros fisiológicos del tipo "vestible" (comúnmente referidos en ingles como "wearable") sobre una red inalámbrica de sensores biomédicos puede ser integrado dentro de la vestimenta del usuario [2]. Recientes avances tecnológicos en redes inalámbricas orientados a instrumentación [1], junto con fabricación miniaturizada [3] y la integración de sensores biomédicos con microcontroladores e interfaces de radio embebidas en un solo chip [4], promete una nueva generación de sensores biomédicos inalámbricos dispuestos para el desarrollo de múltiples aplicaciones médicas.

Para la evaluación del proceso de rehabilitación de marcha, se hace necesaria la determinación de variables cinemáticas lineales y angulares que permitan establecer la evolución del paciente [5].El análisis visual del proceso de marcha es utilizado por los especialistas en ortopedia, fisiatría y fisioterapia para determinar la evolución de los pacientes en rehabilitación junto con otras técnicas como los métodos de medición con goniómetros, plataformas de fuerza, acelerómetros y electromiografía [6]. El análisis visual, a diferencias de las otras técnicas, proporciona información no solo del movimiento de los segmentos corporales individuales sino que además provee información del ambiente en el que se produce el movimiento, de la postura completa del paciente e información del movimiento relativo de un segmento respecto al otro [7].Este trabajo propone el desarrollo de una plataforma que permite interconectar múltiples dispositivos inalámbricos individuales, para transmitir señales biomecánicas basadas en acelerómetros de tres ejes, con el fin de integrarse al vestido del paciente (tipo exoesqueleto), con el objeto de afectar en lo

Iberdisca

mínimo la comodidad y el diario vivir, con el objetivo de desarrollar un dispositivo de reducido tamaño, bajo consumo de energía y bajo costo.

La comunidad científica esta cada vez más interesada en el campo de la rehabilitación robótica. Los robots rehabilitadores tienen el objetivo de restaurar o reemplazar algunas funciones humanas. Sobre la última década, la introducción de tecnologías robóticas en el escenario de la rehabilitación ha evolucionado del concepto a la realidad. Numerosos estudios han demostrado la eficacia y las ventajas de la rehabilitación robótica para evaluar y procesar daños motores en extremidades de miembro superior e inferior [8] - [11].Muchos procesos fisiológicos pueden ser monitoreados por aplicaciones de Biofeedback, los cuales son muy usados en servicios de rehabilitación. Biofeeback es una manera de ganar control sobre los procesos del cuerpo humano para incrementar la relajación, aliviar dolor y desarrollar buena salud, con el fin de obtener patrones de vida más cómodos [12]. Por otro lado, la propuesta desarrollada pretende integrarse a sistemas de rehabilitación robótica basado en el desarrollo de una red inalámbrica de sensores biomédicos de área corporal, donde los nodos son sensores con la habilidad de procesado en línea de la información, buscando una interacción efectiva con el usuario (biofeedback), dotando los componentes robóticos con capacidad de aprendizaje para obtener la adaptación del entorno al individuo, y no a la inversa [13]. El uso de técnicas biofeedback ha incrementado la atención entre los investigadores en los campos de la física médica y la tele-rehabilitación [14].

IEEE 802.15.4 es un estándar que define la capa física (PHY) y MAC para redes inalámbricas de baja velocidad de transmisión, para aplicación en dispositivos portables. La tecnología Zigbee define la red, seguridad y la plataforma de aplicación para sistemas basados en IEEE 802.15.4. Lo cual permite habilitar una red con miles de dispositivos en una simple red inalámbrica. La alianza Zigbee ha dirigido esfuerzos en el cuidado de la salud y ha desarrollado un perfil de aplicación publico Zigbee para este dominio (ZHC), esto ha sido diseñado para la asistencia de dispositivos para aplicación en cuidado de la salud no invasivo: ZHC provee un amplio estándar para intercambio de datos entre dispositivos Zigbee médicos y de cualquier otro perfil de aplicación [15]. El dominio de aplicaciones y casos de usos atendidos del ZHC son: Tratamiento de enfermedades, Monitoreo del estado físico personal y Monitoreo del bienestar personal, en ambientes residenciales, comunidades de jubilados, servicios de asilencia medica (solo en aspectos de baja gravedad) y centros de entrenamiento.

2. Metodología

La plataforma Zigbee para análisis biomecánico fue realizado en tres etapas: (A) Diseño de Hardware, comprende la construcción del dispositivo IEEE 802.15.4/Zigbee y la integración de sensores. (B) Evaluación del dispositivo, con el fin de definir las especificaciones de la comunicación inalámbrica. (C) Implementación de la Red ZHC para monitoreo biomecánico.

2.1.Desarrollo de Hardware

Actualmente, hay una gran oferta de proveedores de chips de soluciones IEEE 802.15.4/Zigbee. La compañía Freescale desde los inicios de Zigbee ha ido evolucionando sus soluciones de hardware, la familia MC1321x es una de las más competitivas por proveer una plataforma en un chip; la cual esta compuesta de un microcontrolador de 8 bits HCS08 (9S08GT60) de última generación y un transceiver de Zigbee (MC13192). Adicionalmente, es necesario integrar algunos componentes fundamentales para realizar la comunicación inalámbrica, se uso un circuito simple para el acople a la antena, el cual usa un solo balun (Acoplador de impedancias) para transmisión y recepción, usando un conmutador interno para intercambiar estas funciones, este circuito tiene una reducción de componentes pero es sensible al ruido [16], el prototipo final se observa en la figura 1a. Se hizo necesario implementar un modulo de nodo red con el fin de poder evaluar el funcionamiento del dispositivo desarrollado (Fig. 2b), la cual además debe incluir la alimentación del circuito, cuenta con conectores, periféricos y sensores de aceleración, presión,

Iberdiscap

temperatura y un puerto para comunicación con el computador o para conexión de un módulo OEM de señal biomédica.

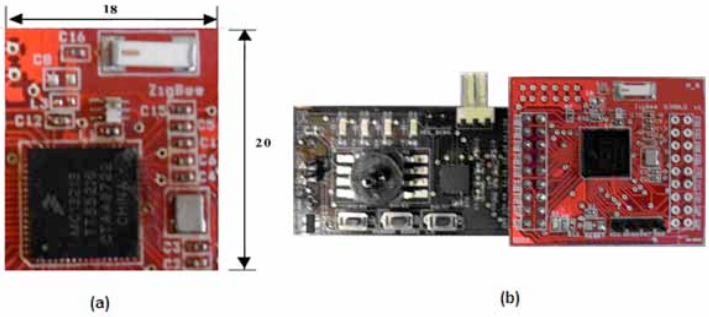


Figura 1. (a) Dispositivo IEEE 802.15.4 (b) Modulo de nodo de red.

2.2 Evaluación Dispositivo

La evaluación de la operación del módulo se realizó por medio de un firmware embebido en el microcontrolador, desarrollado sobre la capa MAC (Media Access Control) de la pila Zigbee, con lo cual se propusieron experimentos para evaluar la calidad de la transmisión de las señales biomédicas dentro del ambiente del paciente; basados en la transmisión continua de paquetes de datos, donde se trabajo con parámetros como: potencia de transmisión y distancia entre dispositivos, se obtuvieron índices de pérdidas de paquetes en comunicación continua y el índice de LQI (Link Quality Indicator).

Se hicieron medidas a diferentes potencias de transmisión, así: baja -8.0 dBm (0.154 mW), media 0.0 dBm (1.0 mW) y alta 3.6 dBm (2.29 mW), y en cada una de estas potencias de transmisión se hicieron medidas en diferentes distancias entre dispositivos (transmisor y receptor), entre 0 m y 100 m, con pasos de 10 m. Se usaron dos módulos de plataforma de red de sensores (Fig. 2): uno con perfil de transmisor y otro con perfil de receptor, para iniciar la medida, el transmisor transmite 1000 paquetes al receptor de forma continua, el receptor transmite cada paquete recibido con el correspondiente LQI a un computador para posterior análisis, al final de cada medida se totalizan los paquetes perdidos de los 1000 enviados, y se promedia el LQI de los paquetes recibidos.

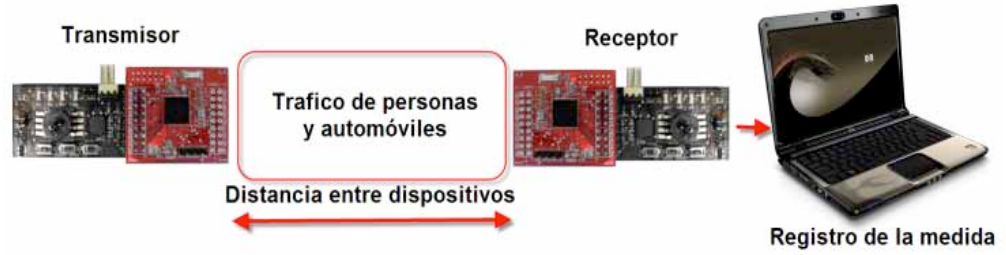


Figura2. Montaje de dispositivo receptor y transmisor para evaluación de parámetros de comunicación.

2.3 Implementación de la red ZHCpara análisis biomecánico

Con las especificaciones obtenidas en la evaluación se definieron los parámetros de las comunicaciones, se implementó la red ZHC para análisis biomecánico. La aplicación que propone este trabajo está cubierta por la categoría de monitoreo del estado físico personal,

específicamente como un monitor de actividad física (MAF) definido por el ID 0x102b en el ZHC, orientado a medidas cinemáticas como aceleración, velocidad, posición y orientación [17]. Se realizó el montaje observado en la figura 3, se usaron tres nodos de red definidos como ZED (Dispositivo Final Zigbee) y un ZC (Coordinador Zigbee), los ZED se distribuyeron en la cadera, rodilla y tobillo del paciente, se realizó una secuencia de caminata de cinco pasos, cada dispositivo transmitía la datos de la aceleración en los tres ejes cada 70 mS a el nodo ZC. Durante la prueba el paciente no se alejo más de 10 metros del ZC.

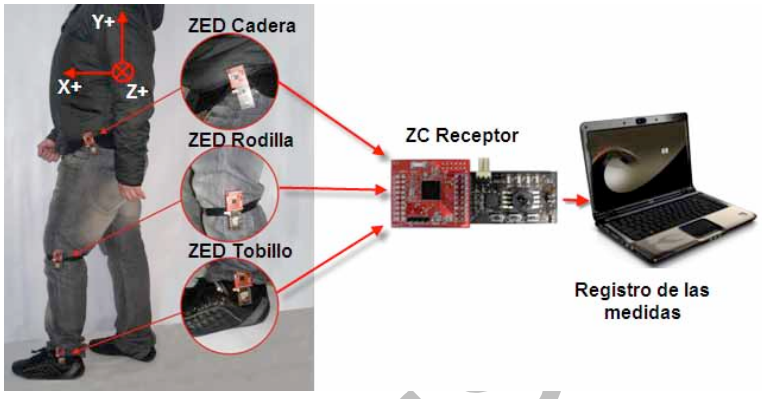


Figura3. Montaje de tres dispositivos ZED en articulaciones de tobillo, rodilla y cadera para adquisición de acelerometría de tres ejes.

3. Resultados y discusión

Las medidas de LQI se observan en la figura 4.a, el cual es una caracterización de intensidad y/o calidad del paquete recibido. El LQI es una estimación de la relación señal a ruido, no tiene que ver con la potencia de la señal y es realizado a cada paquete recibido [16]. Los típicos valores de LQI después de recibir un paquete esta desde -95dBm hasta -18dBm [18]. La medida de paquetes perdidos en la secuencia de experimentación se observa en la figura 4.b, esta medida determina los niveles de potencia que se deben seleccionar según el rango de distancia de la aplicación. Con potencia baja se recibieron paquetes de datos en el receptor de hasta 20 m, en adelante se perdieron todos los datos, para potencia media se obtuvieron paquetes de datos hasta 50 m y con potencia alta se recibieron paquetes a mas de 100 m.

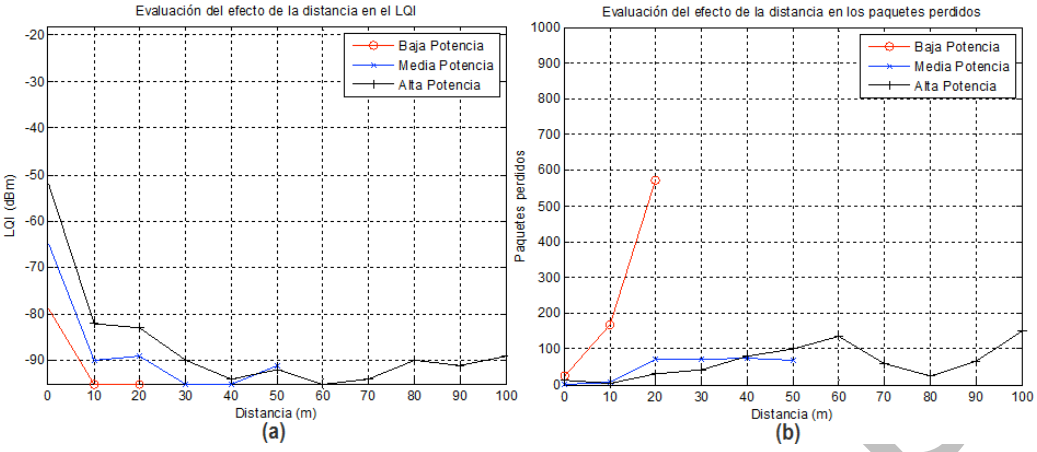


Figura4. Medidas de obtenidas de la evaluación del dispositivo IEEE 802.15.4 / Zigbee. a) Efecto de la distancia de comunicación sobre el LQI. b) Efecto de la distancia de comunicación sobre los paquetes perdidos.

Se efectuó pruebas con humanos, para observar la respuesta del sistema de adquisición de la aceleración en las tres articulaciones de una pierna (Fig. 5), de estas graficas se concluye que en la cadera la componente de mayor oscilación ocurre en el eje Z, pero no se nota de forma clara los cincos pasos como si ocurre en los ejes X y Y. Esta respuesta se repite en las articulaciones de rodilla y tobillo. La experiencia de médicos rehabilitadores y ortopedistas del Hospital Universitario de TELETON, hace pensar que la respuesta dinámica del cuerpo humano para estabilizar la posición erguida del cuerpo produce fuerzas en contra de la gravedad, además de las fuerzas voluntarias de desplazamientos al caminar o marchar.

Iberdrscat

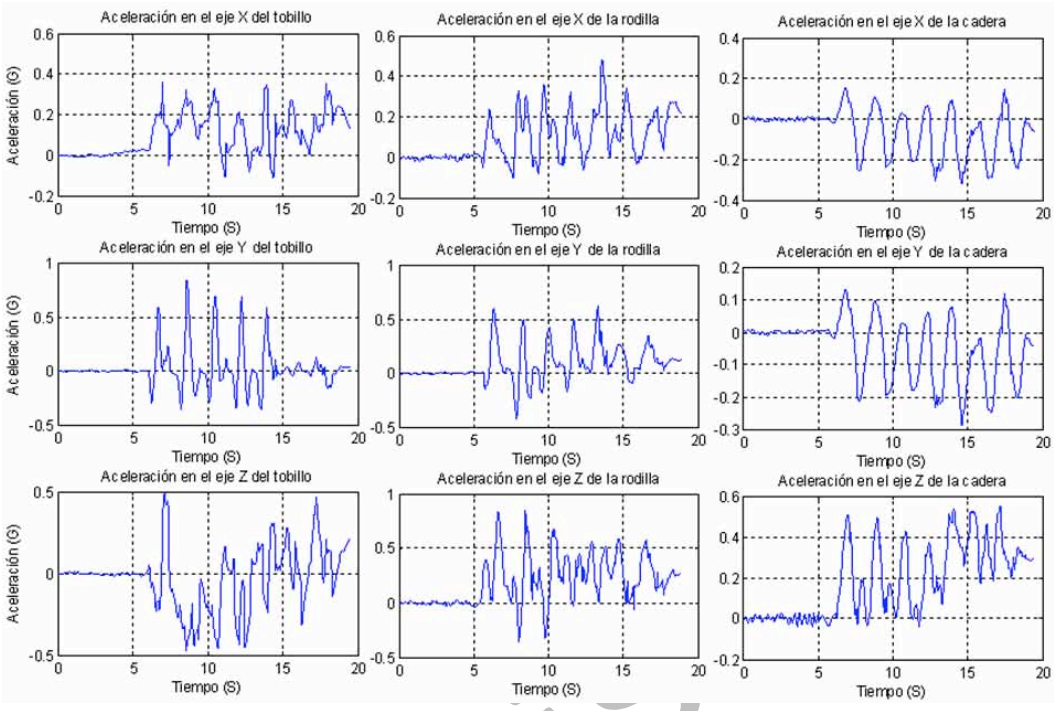


Figura5. Medidas de aceleración de tres ejes en articulaciones de tobillo, rodilla y cadera de miembro inferior para una secuencia de 5 pasos de marcha.

4. Conclusiones y trabajo futuro

El LQI disminuye con las distancia como era de esperarse o con la presencia de obstáculos en la comunicación, con potencia alta el LQI se mantiene cerca del valor mínimo (-95 dBM), pero permanecen las comunicaciones con un nivel bajo de perdidas.Dentro de este trabajo no se realizaron retransmisiones de los datos perdidos, con el fin de analizar la sensibilidad de los parámetros evaluados, y de seleccionar los valores óptimos con el menor número de pérdidas, con lo que se garantiza menores retrasos en comunicaciones al implementar retransmisiones e integración a redes de múltiples nodos.

Como conclusión del análisis biomecánico, podemos considerar que el sistema de adquisición y transmisión de información inalámbrica favorecerá futuros estudios de pacientes con patologías post-traumáticas, post-operadas de cualquiera articulación de piernas y brazos. En nuestro caso, y después de presentarle el sistema a médicos ortopedistas y rehabilitadores, se ha pensado hacia el futuro, organizar una prueba con pacientes con trauma y extraer información relevante en ambiente clínico y en ambiente de la vida diaria del hogar y laboral.

Para aprovechar los recursos de sistema de adquisición y transmisión, se ha extraído la información cruda y se procesado en un ambiente software (Matlab), esto no quiere decir que para esta aplicación y otras, este procesado no se pueda hacer en el microcontrolador. Como trabajo futuro, pero en un tiempo muy

corto, el grupo de investigación, trabajará en experimentación con la adquisición de otras señales como son ángulo biomecánico y energía muscular a partir de señales EMG.

Referencias

[1] S.Park, S. Jayaraman. Enhancing the Quality of Life Through Wearable Technology. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. Vol. 22, no.3, pp. 41-48,2003.

[2] BP. Otis,JM. Rabaey. A 300-W 1.9-GHz CMOS Oscillator Utilizing Micromachined Resonators. IEEE Journal of Solid-State Circuits.Vol. 38 no. 7: pp. 1271-1274.2003.

[3] M. Ghovanloo, K.Najafi. BiCMOS Wireless Stimulator Chip for Micromachined Stimulating Microprobes. Proceedings of the Second Joint EMBS/BMES Conference. pp. 2113-2114, 2002.

[4] Center for Wireless Integrated Microsystems (WIMS). http://www.wimserc.org/. 2010.

[5] L. Rodríguez, J. Ortiz Cancino, S. Rodríguez,D. González. Uso del tanque de marcha enpacientes en proceso de rehabilitación en la clínica universitaria teletón como herramienta de evaluación de resultados. Memorias IBERDISCAP, Colombia, 2008.

[6] G.Lee,F.Pollo,Technology overview: The Gait Analysis Laboratory. Peer Review, 2001.

[7] E.A.Patla,How is human gaitcontrolled by vision. University of Waterloo, Ontario, 2009.

[8] S. Hesse, H. Schmidt, C. Werner, and A. Bardeleben, Upper and lower extremity robotic devices for rehabilitation and for studying motor control. trauma and rehabilitation. Current Opinion in Neurology, vol. 16, no. 6, pp. 705-710, 2003.

[9] B. Freriks, F. Thorsteinsson, J.Snchez, and J.L.Pons, Intelligent knee-ankle-foot orthosis: The gait project approach, Rehabilitation Sciences in the New Millenium - Challenge for Multidisciplinary Research, pp. 271-274, 2004.

[10] E. Rocon, A. Ruiz, J.L.Pons, J. Belda-Lois, and J. Sanchez-Lacuesta. Rehabilitation robotics: a wearable exo-skeleton for tremor assessment and suppression. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 2283-2288,2005.

[11] B. Volpe, H. Krebs, N. Hogan, L. Edelstein, C. Diels, M. Aisen. A novel approach to stroke rehabilitation robot-aided sensorimotor. stimulation, Neurology, Vol. 54, pp. 1938-1944, 2000.

[12] Ch. Xuhui, Ma. Chaolin, H. Jiping, X. Zhihui. Networking Telemedicine in Portable Rehabilitation Robot Monitor System.CBMS. Vol 3, no 1, 2007.

[13] C. Angulo, J. Minguez, Marta Díaz, J. Cabestany. Investigación en Curso de Sistemas Asistenciales Inteligentes Adaptativos para Personas Dependientes en Movimiento Autónomo. www.discapnet.es, 2007.

[14]JM. Winters, Y. Wang,J. Winters Wearable Sensors and Telerehabilitation. Integrating Intelligent Telerehabilitation Assistants With a Model for Optimizing Home Therapy. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. Vol 22, no. 3, pp.56-65. 2003.

[15] Zigbee Alliance, ZigBee Wireless Sensor Applications forHealth,Wellness and Fitness.http://www.zigbee.org/Markets/ZigBeeHealthCare/Overview.aspx, 2009.

Iberdiscap

[16] Freescale Inc. Simple Media Access Controller(SMAC) User's Guide Rev. 1.5. (2008). pp 37. http://www.freescale.com/files/rf_if/doc/user_guide/SMACRM.pdf, 2010.

[17] Zigbee Alliance, ZigBee Health CareTM Profile Specification,ZigBee Profile: 0x0108, Revision 15, Version 1.0. http://www.zigbee.org/Markets/ZigBeeHealthCare/download.aspx, 2010.

[18] Freescale Inc. MC13192 2.4 GHz Low Power Transceiver for the IEEE® 802.15.4 Standard Reference Manual Document Number: MC13192RM, Rev. 1.6,pp 106, 2008.

Iberdiscap

Desarrollo de aplicaciones de navegación autónoma sobre sillas de ruedas robotizadas

Alejandro Durán[1*], Juan C. García[2**], Armando O. López[1], Alejandro R. García[3], David Gualda[2]

[1]Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales (IMRE), Universidad de La Habana: Zapata y G s/n 10400, La Habana, Cuba, *duran@imre.oc.uh.cu

[2]Departamento de Electrónica, Universidad de Alcalá de Henares: Campus de la Escuela Politécnica, 28871, Madrid, España, **jcarlos@depeca.uah.es

[3]Departamento de Engenharia de Computação, Universidade do Vale de Itajaí: Rodovia SC 407, Km 4, CEP 88120-000, São José, SC, Brazil, ramirez@sj.univali.br

Resumen.

La aplicación de técnicas estándares a la robótica móvil en aplicaciones en el área de la ayuda a la movilidad constituye un campo de investigaciónde gran potencial. Sin embargo, las especiales características electromecánicas de las sillas de ruedas disponibles, dificultan la transición entre ambos campos de investigación. En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de ciertas estrategias de navegación semi-autónoma sobre una silla de ruedas robotizada, utilizando para la evaluación de su comportamiento la plataforma software Player/Stage bajo la distribución Ubuntu 9.10 en Linux. Se muestran los recursos necesarios para preparar el entorno de simulación, y los resultados obtenidos en tales pruebas. La utilización de estos recursos de simulación permite evaluar rápidamente las estrategias de navegación más adecuadas y otros parámetros, como el número y ubicación de los sensores a bordo del vehículo; tales evaluaciones son mucho más costosasde realizar, tanto en tiempo como en materiales, sobre un prototipo real.

Palabras clave: Asistencia a la movilidad, Robot móvil, Navegación autónoma, Player/Stage, Silla de ruedas robotizada.

1. Introducción

Las personas con discapacidad física o sensorial pueden ver afectada su motricidad, constituyendo el uso de las sillas de ruedas una alternativa frecuente para atenuar este problema. Esta afectación, si es severa, pudiera llegar a impedir el manejo de un *joystick*convencional. En este sentido, la mejora de la autonomía en las sillas de ruedas, constituye una de las líneas de investigación actuales [1]. Este requisito impone mayores requerimientos a nivel de *hardware* (sensores, procesadores, interfaz hombre-máquina, etc.) y también de *software* (aplicación a nivel de usuario, procesamiento de la señal, algoritmos computacionales, etc.) que deben adaptarse a las particularidades del usuario.

Se han reportado [2,3] numerosos proyectos de investigación que abordan el tema de las llamadas “sillas inteligentes”, entre los que pueden citarse la silla SmartWheelchair que se comercializa actualmente a través la compañía Smile Rehab LTD [4]. La propuesta se basa en una silla motorizada convencional a la que se añaden ciertos módulos y es destinada para personas con discapacidades sensoriales severas. El controlador se conecta mediante una interfaz de *joystick* y admite comandos desde un ordenador. La silla

Iberdiscap

incluye prestaciones de *software* para implementar comportamientos robóticos simples preprogramados y también el seguimiento de líneas en el suelo.

El proyecto Wheeley (Laboratorio de Robótica de la University Massachusetts Lowell, Boston)consiste en una silla para personas incapaces de manejar el*joystick* convencional. Se incorpora la generación de mapas (SLAM) para realizar la navegación en entornos desconocidos, a partir de herramientas de visión artificial utilizando cámaras estereoscópicas. La silla cuenta con un ordenador Pentium 4 /2.8GHz - Mini-ITX PC ejecutando Linux-Debian y módulos para interfaces, con los sensores, desarrollados a la medida [5].

La base inteligente TAO-7 de la compañía Applied AI Systems Inc. [6] (Canadá) incorpora un microcontrolador Motorola MC68332 de 32-bits y un procesador de visión V3 (TMS320C6202GJL-200 de Texas Instruments). Esta silla permite la programación en lenguaje C de diferentes comportamientos. Incluye además un grupo de comportamientos básicos para la navegación y evasión de obstáculos a partir de las entradas de sensores ultrasónicos e infrarrojos.

Por último, puede mencionarse el Robotic Chariot de la compañía MobileRobots Inc. [7] basado en la silla Jazzy 1120 que incluye capacidades de mapeo, mediante láser, y navegación. El *hardware* incluye un láser de tipo SICK LMS200 y permite adicionar hasta dos ordenadores empotrados PC104+ además del microcontrolador Hitachi H8, presente en los robots de MobileRobots. El *software* es compatible con la plataforma ARIA y permite comportamientos como: andar, manejo mediante *joystick*, planificación de trayectorias con navegación en base a gradientes, localización mediante láser y simulación de comportamientos *off-line*.

Dentro de la línea de proyectos sobre asistencia a la movilidad realizados en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá[1] se ha desarrollado recientemente un nuevo prototipo de silla de ruedas robotizada [8,9] que ofrece diversas alternativas de conducción mediante Interfaces Humano-Máquina apropiadas para personas con alto grado de discapacidad. Este prototipo permitela carga*on-line* del mapa de un entorno inteligente, seleccionar sobre dicho mapa el destino deseado y obtener un plan de ruta apropiado, incluso en edificios nunca visitados anteriormente.

En este trabajo se presenta la depuración de algoritmos de navegación semi-autónoma mediante la simulación de la estructura dinámica y sensorial de la silla sobre la plataforma de desarrollo robótica, basada en Linux, Player/Stage/Gazebo (PSG).El trabajo se divide en cinco secciones, la sección 2 presenta las ventajas del uso de técnicas comunes en la robótica móvil en las tecnologías de ayuda a la movilidad. En la sección 3 se presentan los recursos de *hardware* y *software*necesarios para el desarrollo de un prototipo de silla de ruedas robotizada. La sección 4 muestra los resultados de las simulaciones y su discusión. Finalmente, en el apartado 5, se abordan las conclusiones.

2. Tecnologías de apoyo y robótica móvil

El desarrollo de una silla de ruedas con prestaciones avanzadas de navegación autónoma, necesita resolver varias cuestiones fundamentales: garantizar la seguridad del usuario;proporcionar medios para la entrada de comandos mediante diversos modos en función de las necesidades del usuario; y realizaruna detección del entorno (mediante la apropiada estructura sensorial) para poder realizar las tareas fundamentales de seguridad, auto-localización y navegación autónoma.

Aunque hay trabajos que reportan el empleo de plataformas móviles estándar, la mayoría de los sistemas son desarrollados a la medida [1] o bien requieren de un notable esfuerzo de adaptación. Esto es igualmente cierto tanto para la estructura física (*hardware*) como para la estructura de control(*software*). Mientras que para la estructura física, cierto grado de 'diseño a medida' sigue siendo necesario, los esfuerzos de desarrollo *software* se reducen si se hace uso del máximo de elementos estándar.

libreriscap

En general, el *software* para robótica necesita de: un sistema operativo, una plataforma de desarrollo y un conjunto de aplicaciones al uso. El sistema operativo Linux gana cada vez más partidarios por sus ventajas en este tipo de aplicaciones;se trata de un sistema robusto, libre ycon diversas herramientas útiles para el desarrollo de aplicaciones: el soporte de *sockets*, la posibilidad de manejo de interfaces gráficas y la capacidad multitarea. Aunque Linux no es un sistema de tiempo real, sus prestaciones resultan aceptablespara aplicaciones robóticas con restricciones temporales no muy exigentes, como las existentes en la nuestro caso.

Por otro lado, el desarrollo de los sistemas robóticos convencionales se ha basado en un esquema a menudo cerrado, donde cada aplicación se construye prácticamente desde cero para cada robot concreto:*hardware* a medida y programas desarrollados empleando directamente los *drivers* (soportados por el sistema operativo del fabricante) para acceder a los dispositivos. Hoy día tiene cada vez mayor difusión el uso de plataformas de desarrollo robóticas que facilitan el acceso a los *drivers* mediante las llamadas capas de abstracción del *hardware*(*Hardware Abstraction Layer*, HAL) Estas plataformas suelen incluir un modelo de programación que facilita la estructuración del *software* e incluyen interfaces gráficas de usuario y simuladores, entre otras herramientas.

El uso de plataformas modulares estándares, tanto a nivel de *hardware* como de *software*, disminuye el coste del desarrollo. A nivel *hardware*, esto se puede lograrmediante el uso de módulos en las diferentes etapas del sistema robótico (control de potencia, adquisición de señales, procesadores, etc.) interconectados mediante puertos estándares como I2C, serie, USB, etc. Y lo mismo ocurre en el *software*, mediante la interconexión lógica de algoritmos de evasión de obstáculos y localización, controladores genéricos para los dispositivos comunes a robots (cámaras, sonares, láseres, etc.) y el empleo de plataformas abiertas a nivel de sistema operativo y las aplicaciones, que posibiliten la reutilización de código, la integración y la colaboración entre los investigadores y desarrolladores de estos equipos.

En cuanto a las plataformas de desarrollo, es común que los fabricantes de robots las incluyan para simplificar la programación de sus robots, tal es el caso de ARIA de MobileRobots o Mobility de iRobot. Otras plataformas se han desarrollado en grupos de investigación, como el caso de CARMEN (Carnegie Mellon University), o Player/Stage/Gazebo (PSG) y en su mayoría son distribuidas como *software* libre.

3. Estructura de la Silla de Ruedas Avanzada: SRA

3.1. Hardware

En la figura 1 se muestra una imagen del prototipo de la SRA y un diagrama esquemático de la arquitectura que se emplea en esta Silla de Ruedas Avanzada.

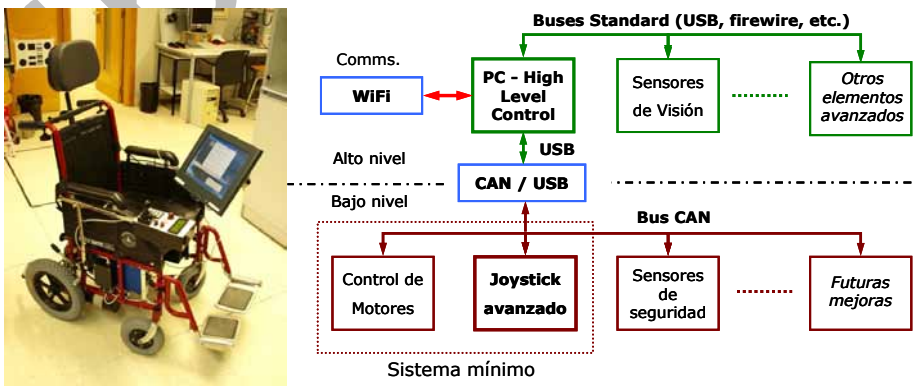


Figura 1. Vista del prototipo de silla de ruedas avanzada y arquitectura *hardware* de la misma.

La arquitectura se divide en dos capas de *hardware*: bajo y alto nivel. En el bajo nivel se implementan tres nodos, de propósito específico, basados en placas que soportan el microcontrolador ARM LPC2194 (NXP Semiconductors). El nodo para control de los motores recibe los comandos de movimiento a través del bus CAN y envía las órdenes para el movimiento de los motores a una tarjeta de potencia por medio de un puerto serie. El nodo para la lectura de los sensores maneja los sensores ultrasónicos que garantizan la seguridad durante la navegación y las señales de un acelerómetro que detiene el movimiento de la silla en caso de choque. Un tercer nodo se utiliza para recibir los comandos de la interfaz avanzada de *joystick*.

Para realizar las tareas de alto nivel se utiliza un ordenador de a bordo del tipo empotrado (P4-VIA). El ordenador incorpora una pantalla sensible al tacto, conexión inalámbrica a Internet vía WiFi y permite la conexión de un dispositivo GPS o una cámara de video, para realizar tareas de localización e interactuar con espacios inteligentes. Además se implementa una interfaz avanzada que maneja el puntero del ratón con la cabeza del usuario mediante acelerómetros.

Para realizar la transferencia de los datos, los nodos se interconectan mediante un bus de tipo CAN (Control Area Network) y con el ordenador a través de un convertidor CAN-USB enchufado a un puerto disponible. La silla permite el control en modos manual a través de las interfaces hombre-máquina y en modo automático, dirigida por el ordenador [9].

3.2. Software

La plataforma PSG [10] empleada, proporciona las herramientas para simular y controlar un robot móvil basado en un diseño cliente-servidor. Para manejar la silla de ruedas desde el entorno PSG fueron desarrollados los *drivers* (tipo *plugin*) que permiten la comunicación de los diferentes módulos de *hardware* con el ordenador de a bordo mediante el bus CAN.

Player permite crear una interfaz (*driver*) entre el servidor (usualmente Player) y el cliente (robot real o simulado) que se comunican entre sí mediante el protocolo TCP/IP. Player se ejecuta en el robot (sistema Linux-Ubuntu 9.10) y sirve de interfaz para los diferentes sensores y actuadores, presenta una arquitectura modular y soporta varias plataformas de robots comerciales como Pioneer y Roomba. En él se definen tres conceptos: **interfaz**, que especifica como se interactúa con una familia de sensores/actuadores/algoritmos; **driver**, software que se comunica directamente con el hardware "escondido" en Player para adaptarse a una interfaz; y el **dispositivo**, formado por el tipo de *driver* con una dirección, más la interfaz estándar [11].

En PSG los sensores y actuadores se tratan como si fueran ficheros, flujos y dispositivos al estilo de Linux y por ello se manipulan a través de cinco operaciones básicas: abrir, cerrar, leer, escribir y configurar [12]. Player requiere de un fichero de configuración (texto con extensión .cfg) con determinados parámetros donde se direccionan los dispositivos y se vinculan al *hardware* real o al simulador.

Por último, Player puede considerarse como un repositorio de algoritmos clásicos [13] con los que se crean *drivers* abstractos, pues guardan la estructura de un *driver* y cumplen con una o varias interfaces. Estos utilizan los resultados de otros *drivers* (a través de interfaces) como entrada, y a su vez entregan datos (*outputs*). Entre ellos se encuentran el AMCL (*Adaptive Monte-Carlo Localization*) para localización, así como ND, *Nearness Diagram Navigation* [14], y VFH, *Vector Field Histogram* [15], para la evasión de obstáculos.

Para estudiar el comportamiento del robot se emplea el programa Playerprint, disponible en la plataforma, que captura los datos de los sonares (distancias al obstáculo) y la posición del robot (coordenadas x, y, ángulo, velocidad lineal y velocidad angular) y los almacena en un fichero de texto. A partir de estos datos se obtienen los gráficos de velocidades lineal, angular y posición "y" vs. "x".

iberdiscap

Stage [10] constituye el simulador 2D para el robot y su ambiente. Permite simular múltiples robots, sensores y objetos en un entorno bidimensional definido en un fichero de gráficos (png o bitmap). Los dispositivos de Stage se controlan a través de las interfaces estándar del servidor Player, de esa manera puede utilizarse la misma aplicación cliente con *hardware* real o simulado sin realizar modificaciones.

Stage se configura como un *driver* más en el fichero de configuración de Player, por lo que al ejecutar Player con dicho fichero, se lanza también el simulador. Stage requiere de un fichero llamado mundo (extensión .world) donde se describen todos los robots, objetos, sensores y actuadores que componen el entorno de la simulación.

4. Resultados y discusión

Para realizar la simulación mediante el programa Stage, el primer paso consiste en construir un modelo a partir de las dimensiones reales de la silla, su masa, el tipo de tracción (diferencial) y la posición y alcance de los sensores (sonares). Estos datos se almacenan en el fichero de modelo llamado *ply3_wheelchair.inc* La figura 2 los modelos en 2D y 3D diseñados para el simulador Stage, que reflejan los volúmenes aproximados de la silla y permite visualizar más cómodamente la ubicación de sensores y el comportamiento del vehículo. Como pequeñas marcas rojas en la vista 2D, se muestran los nueve sensores de ultrasonidos ubicados alrededor de la SRA: tres al frente y dos en cada uno de los otros lados.

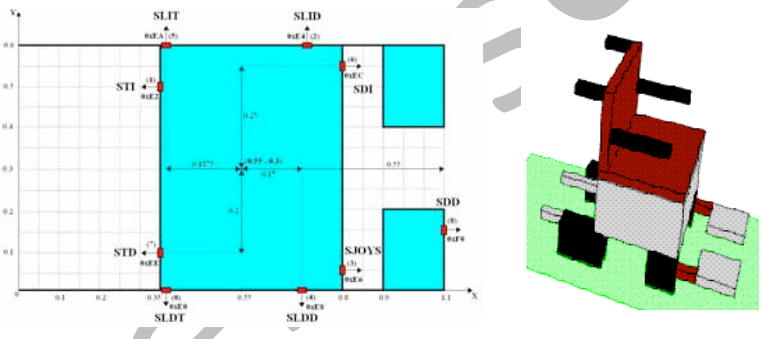


Figura2. Modelos en 2D y 3D de la silla de ruedas robotizada.

En la figura 3 se representa una sección del mundo en 2D incluyendo la silla. Aunque la vista se representa en 2D,la simulación tiene en cuenta la altura de la silla, los sensores y los obstáculos, lo que amplía la veracidad de la simulación durante la navegación.

El siguiente paso consiste en elaborar el fichero de configuración de Player que contiene los *drivers* y se añade un algoritmo para realizar la evasión de obstáculos. Para ello se utiliza la información de los sonares y la odometría y se configuran los parámetros del algoritmo.

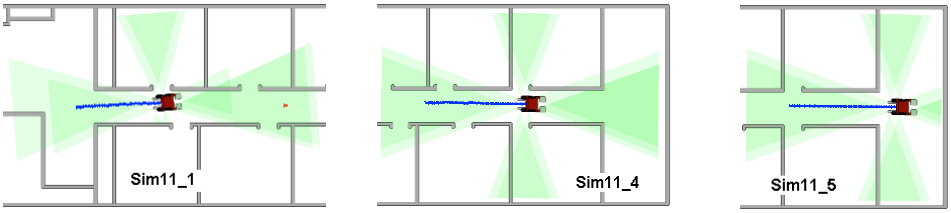
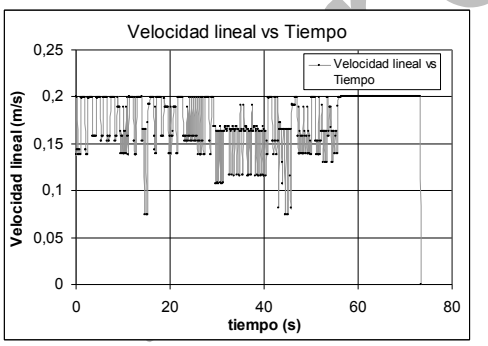


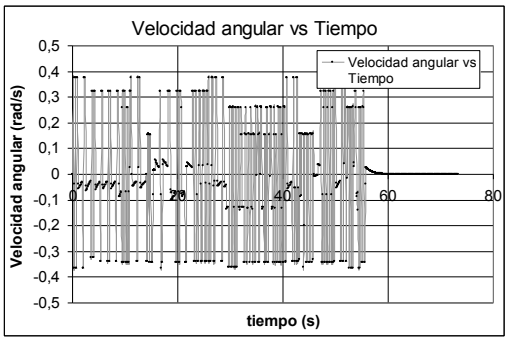
Figura3. Ejemplo de secuencia de mundo simulado con la silla en movimiento ejecutando el algoritmo ND.

Se probaron los algoritmos ND [14] y VFH [15], disponibles en Player, obteniéndose en los test preliminares los mejores resultados con el algoritmo ND. En la literatura se reporta que una desventaja del algoritmo VFH es su difícil sintonización, lo que ocurrió en nuestro caso, y ciertas ventajas del ND en ambientes interiores como el propuesto.

En la figura 3 se representa una secuencia de simulación capturada, con la silla moviéndose desde la izquierda, coordenadas (x, y)=(-8.5 -0.075)m, hacia la coordenada de destino, (x, y)=(12, 0)m, al final del pasillo. Las coordenadas de referencia, (x,y) = (0,0), son representadas con una pequeña marca roja, apenas visible en el centro del pasillo de la imagen Sim11_1,siendo la coordenada “y” el centro del pasillo.

Las figuras 4 y 5 representan, respectivamente, las variaciones de las velocidades lineal y angular frente al tiempo obtenidas en la secuencia de la simulación anterior. La velocidad lineal máxima permitida es de 0,2 m/s, mientras que la cota del módulo de la velocidad angular es de 11deg/s (unos 0,38rad/s).En dichas figuras se aprecian, durante el primer tramo del recorrido (t<55s), tramos cortos en los que ocurre una pequeña variación gradual de la velocidad angular, siendo la velocidad lineal más constante, y que alternan con variaciones mayores de la velocidad angular (llegando incluso al límite marcado de 0’38rad/s), lo que da lugar a cierto cabeceo (Figura 3, izquierda y centro).





Figuras4 (izquierda) y 5 (derecha). Gráficos de velocidad lineal y angular *vs.* tiempo.

Sin embargo, a partir de un determinado instante (t>55s), la silla endereza su recorrido hasta que alcanza la coordenada del destino navegando a la velocidad máxima (Figura 3 derecha). Durante las simulaciones se observó que este punto donde la silla deja de cabecear coincide cuando el destino se encuentra en el campo visual de los sonares frontales.

Estas simulaciones también fueron realizadas para el robot Pioneer2DX lo que permite realizar una comparación en el comportamiento de ambos robots, aunque difieren en cuanto a su geometría y el

número de sonares: el robot Pioneer está rodeado por un anillo de 16 sensores de ultrasonidosdistribuidos uniformemente en su perímetro, mientras que la SRA sólo posee nueve (figura 2). Con una configuración similar de los parámetros del algoritmo ND, el robot Pioneer no sufre de cabeceo y alcanza el destino independientemente de su posición de salida al inicio del pasillo.

Dado que el algoritmo ND utilizado se basa en evaluar un número definido de casos posibles, considerando la posición del robot, el destino y los obstáculos sensados, cabe deducir que la ausencia de cabeceo de la SRA al final de la ruta de prueba se debe a la conmutación interna de comportamiento que realiza el algoritmo ND al detectarse la pared del extremo final del pasillo por los sonares frontales.

Con esta información es posible tratar de mejorar el comportamiento dinámico de la SRA actuando sobre alguna de las variables relacionadas con él:

Modificando el número y ubicación de los sensores ultrasónicos, o

Modificando el algoritmo ND para adaptarlo a la estructura sensorial actual.

Es de destacar que el número y ubicación de los sonares en la silla está limitado debido a la propia geometría del vehículo. Por todo ello, poder probar diversas alternativas sobre un vehículo simulado es una potente herramienta para acelerar el desarrollo y disminuir el coste, en tiempo y materiales, de este proceso.

5. Conclusiones

A pesar del inconveniente relativo de que la plataforma PSG se encuentre en permanente desarrollo y evolución, el hecho de ser *software* libre representa una ventaja frente al uso de*software* propietario, no solo por el coste sino por la disponibilidad de información y su intercambio entre los desarrolladores e investigadores en la rama de la robótica móvil.

Se ha demostrado que es viable aplicar la plataforma modular PSG al desarrollo de una silla de ruedas robotizada, pues dispone de suficientes elementos de control y simulación, así como algoritmos clásicos para navegación y localización, lo cual es imprescindible durante el diseño y desarrollo de la investigación.

Partiendo de los parámetros de la SRA construida, se realizaron simulaciones para estudiar el comportamiento de la silla en un ambiente de laboratorio. Se evaluaron los algoritmos VFH y ND para la evasión de obstáculos, siendo el ND más apropiado para la navegación local de la silla en el ambiente propuesto.

En las simulaciones se comprobó que la silla experimenta variaciones en la velocidad lineal y angular durante su recorrido. Esto se debe a la conmutación interna del algoritmo ND por las carencias derivadas deuna información de entrada insuficiente, limitada por el escaso número de sonaresexistentes en el prototipo original, a causa de la propia geometría del vehículo.Los resultados de la simulación permiten modificar y obtener las mejores ubicaciones de los sonares para detectar y evadir los obstáculos de la manera más eficiente.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a la Red Piloto de Cooperación Universitaria mediante Red Multidisciplinaria con ámbito regional (08CAP2.0655) y la Universidad de Alcalá de Henares (España). Igualmente hay que agradecer al Ministerio de Educación (España) por el soporte prestado a través de los proyectos EINTA (ref. PHB2006-0077-PC) y RESELAI (ref. TIN2006-14896-C02-01).

Iberdiscap

Referencias

[1] J. C. García, "Sistema de Posicionamiento y Autolocalización para Sillas de Ruedas Autónomas", Tesis Doctoral, Departamento de Electrónica, Escuela Politécnica. Universidad de Alcalá, 2001.

[2] R. C. Simpson, "Smart wheelchairs: A literature review", Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol. 42, No. 4, July/August, pp. 423-438, 2005.

[3] R. Bostelman, J. Albus, "Survey of Patient Mobility and Lift Technologies: Toward Advancements and Standards", National Institute of Standards and Technology Internal Report, No. 7384, December 19, pp. 1-94, 2006.

[4] http://www.smilerehab.com/products.php, [en línea], consultado en Marzo 2010.

[5] http://robotics.cs.uml.edu/robots, [en línea], consultado en Marzo 2010.

[6] http://www.aai.ca/robots/tao_7.html, [en línea], consultado en Marzo 2010.

[7] http://www.activrobots.com/ROBOTS/RoboChariot.html, [en línea], consultado en Marzo 2010.

[8] P. Amaral, J. C. García, T. Bastos, M. Mazo, "Ambient Assisted Route Planner Based on XML Files with Accessibility Information", Proceedings of the 6th IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, Budapest, Hungary, 26–28 August, pp. 147-152, 2009.

[9] Juan Carlos García, Paulo F. S. Amaral, Marta Marrón, Manuel Mazo, Teodiano F. Bastos Filho. "Proposal for an Ambient Assisted Wheelchair (A2W)". Porceedings of the 2010 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, (ISIE10). ISBN: 978-1-4244-6391-6. Bari (Italy), July 4-7, pp. 2325-2330, 2010.

[10] B. P. Gerkey, R. T. Vaughan, and A. Howard, "The Player/Stage Project: Tools for Multi-Robot and Distributed Sensor Systems", Proceedings of the Intl. Conf. on Advanced Robotics (ICAR), Coimbra, Portugal, July, pp 317-323, 2003.

[11] M. E. López, M. Ocaña, "Guía Rápida de Player/Stage", Departamento de Electrónica, Escuela Politécnica. Universidad de Alcalá, 2001.

[12] J. Owen, "How to Use Player/Stage", [en línea], disponible en: http://www.ki.inf.tu-dresden.de/~wiki/Robotics/Creatures/ PlayerTutorial.pdf, consultado en Marzo 2010.

[13] http://playerstage.sourceforge.net/doc/Player-2.1.0/player/ supported_hardware.html

[14] J. Minguez, J. Osuna, L. Montano, "A Divide and Conquer Strategy based on Situations to Achieve Reactive Collision Avoidance in Troublesome Scenarios", Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, New Orleans, USA, 2004.

[15] J. Borenstein, and Y. Koren. The Vector Field Histogram - Fast obstacle avoidance for mobile robots. *IEEE Journal of Robotics and Automation* Vol 7, No 3, June 1991, pp. 278-288.

Iberdrscap

Asistencia para la Navegación en Interiores: aplicación a una Silla de Ruedas Avanzada

Juan C. García[1], Paulo Amaral[2], Marta Marrón[1], TeodianoBastos[2], David Gualda[1], Samuel Fernández[1]

[1]Departamento de Electrónica, Universidad de Alcalá: Edificio Politécnico, Campus Universitario, 28805-Alcalá de Henares, España, Tel. +34.91.885.6540, Fax. +34.91.885.6591, jcarlos@depeca.uah.es

[2]Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo: Av. Fernando Ferrari 514, Campus de Goiabeiras, 29075-910, Vitória, ES, Brasil. teodiano@ele.ufes.br

Resumen.

Este trabajo presenta una propuesta parala Navegación por Interiores de una Silla de Ruedas Avanzada con capacidad de comunicarse inalámbricamente con el entorno y recibir información del mismo. Dos redes diferentes se complementan en esta propuesta:una red Wi-Fi que permitela conexión a Internet y a los necesarios servicios de información, y una red de sensores específicos capaces de proporcionar la localización en interiores. El núcleo del trabajo reside en la creación de un Servicio Web de Información de Accesibilidad de Edificios (*Buildings Accessibility Service* - BASE) que tiene el objetivo de proporcionar la información necesaria para las tareas de planificación de rutas en ambientes interiores. La redde sensores consta de un conjunto de nodos inalámbricos con dispositivos de ZigBeeque se utilizan para calcular una ubicación aproximada en 2D5 (X, Y más número de planta) que refuerza el posicionamiento del vehículo dentro de los edificios.

Palabras clave: Entornos Inteligentes, Planificación de rutas, Navegación en interiores, Asistencia a la movilidad.

1. Introducción y contenidos

Para las personas con algún tipo de discapacidad motora algunas tareas y situaciones de la vida cotidiana pueden tener factores físicos a veces imposibles de superar. En este caso, las sillas de ruedas manuales o de motor son dispositivos estándar que ayudan a mejorar su capacidad de locomoción y calidad de vida.Pero en ocasiones le es muy difícil a un usuario de silla de ruedas el realizar un plan para moverse en un lugar nunca antes visitado. Estas dificultades se deben principalmente a la falta de información sobre la accesibilidad a los recintos en el interior del edificio[1], información necesaria para asegurar que hay una ruta posible para una silla de ruedas entre un punto de entrada dado yel destino deseado.

En el caso de la navegación al aire libre, una solución común [2, 3, y 4] es el uso de sistemas posicionamiento de alta precisión y bases de datos como el GPS (*Global Positioning System*) y los GIS (*Geographic Information System*).Sin embargo, los ambientes interiores no son apropiados para el uso de sistemas GPS. Varias trabajos en la literatura científica usan sensores (cámaras de vídeo, telémetros de rayos láser) y técnicas avanzadas de proceso con el fin de determinar la ubicación del vehículo e incluso la creación de mapas del entorno utilizando técnicas de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), pero esto no es un enfoque adecuado para resolver el problema de accesibilidad descrito anteriormente.

Iberdiscap

Otras líneas de investigación proponen el desarrollo de espacios inteligentes [5, 6], en el que algunos de los sistemas de detección y procesamiento se han instalado sobre el propio entorno, haciendo más fácil las tareas de planificación de rutas y la navegación dentro de él. En [6] se presenta un método de navegación para robots de servicio en entornos interiores que utiliza XML (eXtensible Markup Language) mapas semánticos y sensores colocados en un espacio inteligente para la localización del robot. Los mapas simplifican las tareas de enrutamiento, describiendo las características de sus elementos, sus puntos de conexión y la ubicación de los sensores en cada uno de ellos.

En [7] se propone un sistema de navegación en el que el modelo del entorno reside en un árbol jerárquicamente estructurado con las características arquitectónicas del edificio. En dicho trabajo, la calibración de la posición de la silla de ruedas se basa en cámaras de video y señales visuales colocadas en puertas y pasillos. La referencia [8] propone un sistema de navegación utilizando tecnologías aplicadas a los AGV (Automatic Guided Vehicles) y mapas descargados de un servidor local. El sistema de ubicación de la silla de ruedas se basa en un sistema de radio externo y el algoritmo de planificación de rutas se deja al servidor local.

El trabajo presentado aquí es parte de un proyecto de investigación que tiene como objetivo desarrollar una herramienta eficaz para recuperar información de accesibilidad de edificios públicos o privados (hospitales, centros comerciales, aeropuertos, etc.); el propósito de este proyecto es el de ayudar a la navegaciónen este tipo de ambientes interiores, entre otras posibilidades, a una silla de ruedas avanzada.

En la siguiente sección se da una perspectiva general de la arquitectura del sistema y sus componentes. Las secciones tres y cuatro se centrarán en aquellos componentes que deben ser proporcionados por el entorno: la información de accesibilidad de los edificios y el subsistema de localización en interiores. La sección cinco presentará el prototipo de silla de ruedas avanzada (SRA) y algunos detalles de las aplicaciones de software diseñadas. Una sección de conclusiones cerrará eldocumento.

2. Componentes del Sistema

La figura 1 muestra los principales componentes y funciones del sistema de ayuda a la navegación por entonos interiores, con la naturaleza y ubicación de cada uno de ellos. En la parte inferior se muestra la silla de ruedas. Este vehículo está equipado con un conjunto de interfaces y dispositivos de computación comunicación con dos funciones principales: una primera es la adaptación del vehículoal usuario (interfaces persona-máquina, HMI); la segunda es el aprovechar las capacidades de intercambio de información entre la silla y los recursos del entorno (mediante la red WiFi y/o la*Wireless Sensor Network*).

Iberdrcap

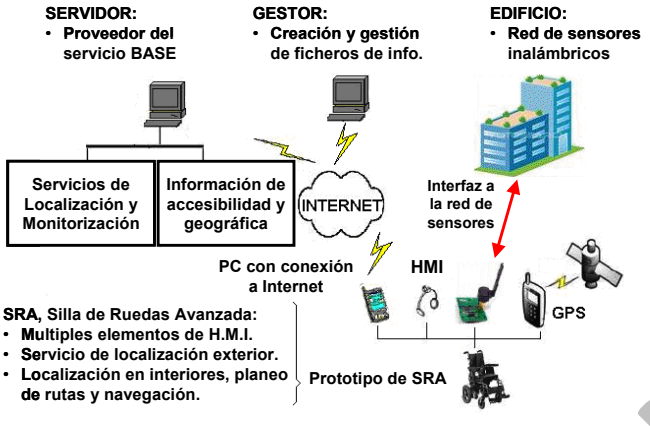


Figura 1. Principales componentes del sistema de ayuda a la navegación por entonos interiores.

En la parte superior de la figura 1 se ven tres componentes externos: el servidor de información, el servicio de gestión, y el propio edificio, equipado con una red de sensores inalámbricos (*Sensor Network*, SN). Todos menos la SN se conectan a través de servicios de Internet estándar; la SN usadispositivos ZigBee, con el fin de construir un Sistema de de Localización en Interiores (*Indoor Location System* - ILS) utilizando información RSSI (*Received Signal Strength Indication*, intensidad de campo recibido).

El Servicio de Información de Accesibilidad de Edificios (BASE) proporciona la información requerida sobre la accesibilidad a un edificio o un lugar público. Los administradores o los responsables del edificio habrían de almacenar en los servidores BASE la información de accesibilidad requerida en forma de archivos XML;estos archivos han de contener la descripción de mapas de cada planta, los puntos de acceso, los lugares de interés y las rutas óptimas para moverse dentro del edificio.

Cuando una silla de ruedas avanzada trate de seguir una ruta dada su posición real y la ruta seguida pueden ser corregidas por medio de sistemas de posicionamiento adicional, si están disponibles. Dos de estos sistemas han sido especificados en este proyecto: un sistema de visión artificial, basada en *landmarks* (marcas artificiales) colocadas en lugares específicos, y un sistema de localización basado en RSSI, utilizando la información de la SN.

3. Servicio de Información de Accesibilidad de Edificios (BASE)

El servicio BASE en principio está diseñado como una ayuda a la movilidad para ser utilizado por sillas de ruedas avanzadas, aunque puede ser también adecuado para otros sistemas e incluso peatones.

Desde el punto de vista de la silla de ruedas avanzada, el comportamiento de BASE es el siguiente: al acercarse a un determinado lugar de interés, el controlador de la silla de ruedas envía al servidor de Internet su posición geográfica (obtenida a partir de un GPS) utilizando un teléfono móvil o cualquier dispositivo similar, por lo que obtiene información sobre de los edificios cercanos provistos del servicio BASE. A continuación, el usuarioselecciona el edificio deseado y consigue los archivos con toda la información necesaria para ser utilizada por el sistema de navegación.La selección de la ubicación que va a visitar se realiza mediante el adecuado Interfaz Hombre-Máquina (HMI), en función del perfil de usuario.

3.1. Mapas e información de accesibilidad en XML

Los mapas de edificios y la información de accesibilidad incluyen las ubicaciones disponibles para ser visitadas, los mejores puntos de entrada y el mejor camino para ir al lugar deseado. Esta información se

Iberdrisap

incluye en un conjunto de archivos XML de descripción del edificio. Estos archivos describen las formas de acceso, la posición y tipo de las entradas, y el mapa de cada planta con la ubicación de ascensores, puertas y lugares de acceso público. También se definen una serie de puntos de referencia o de control para la calibración de posición (en su caso) y un conjunto de rutas óptimas, libres de barreras físicas.

En la arquitectura propuesta el edificio se considera formado por una planta baja (acceso a nivel de calle), *n* pisos y *k* sótanos. El formato de los archivos XML de descripción se detalla en las siguientes subsecciones.

A. Fichero *building.xml*

Este archivo (Fig. 2) define el número de pisos y sótanos del edificio, la posición en coordenadas UTM del mapa de acceso al mismo; la ubicación y orientación de la planta baja del mapa de acceso y los límites de la planta baja (o de acceso). En el archivo también se definen los ascensores existentes y su conectividad (a qué pisos se puede llegar con ellos).

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Building Floor="3" Underground="0">
  <Position Latitude="4484900.73" Longitude="470228.70"/>
  <Orientation X="14170" Y="3080" Tilt="0.8605253" />
  <AcessLimits X="0" Y="0" Width="27347" Height="27347"/>
  <Limits X="357" Y="85" Width="12716" Height="13447"/>
  <Lift Name="ELEV1" Floors="All"/>
        : : :
  <Lift Name="ELEV7" Floors="0,1,2"/>
</Building>
```

Figura 2. Fichero XML con los parámetros básicos del edificio.

B. Fichero *floor.xml*

Este archivodefine el mapa de cada piso con las puertas y las *landmarks* (o puntos de referencia) para las rutas a realizar por la silla de ruedas. Si un edificio tiene *n* pisos y *k* sótanos tenemos un total de (n + k + 2) archivos con esta estructura. Un archivo para cada planta y el sótano, un archivo de la planta baja y un archivo para el mapa de acceso al edificio. La figura 3 muestra los principales campos y etiquetas de los archivos XML de piso.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Floor0>
  <Rectangle X="3774" Y="255" Width="2533" Height="2380" Color="-1"/>
    : : :
  <Rectangle X="3774" Y="2669" Width="2516" Height="374" Color="-1"/>
  <Line X1="2975" Y1="13430" X2="340" Y2="13430" />
    : : :
  <Ellipse X="11730" Y="8024" Width="986" Height="1037" Color="-1"/>
  <Polygon NVertices="4" X0="580" Y0="4842" X1="1303" Y1="3917"
    X2="2546" Y2="5329" X3="1353" Y3="6489" Color="-1" />
  <Landmark Name="CIR01" Tipo="Circulation" X1="3120" Y1="7331"
    X2="3320" Y2="7531" Xo1="3220" Yo1="7331" Xo2="3220" Yo2="7531"/>
    : : :
  <Landmark Name="ELEV1" Tipo="Lift" X1="3505" Y1="7206"
    X2="3705" Y2="7406" Xo1="3505" Yo1="7306" Xo2="3705" Yo2="7306" />
  <Door Name="DOOR1" X1="4803" Y1="11256" X2="4803" Y2="11427"/>
    : : :
  <Door Name="DOOR2" X1="4799" Y1="12036" X2="4799" Y2="12204"/>
</Floor0>
```

Figura 3. Fichero XML de descripción de los elementos de un piso concreto.

En este archivo un primer conjunto de líneas representa el mapa vectorial de la planta, definido por figuras geométricas como líneas, rectángulos, elipses y polígonos. Las siguientes líneas codificanlas puertas en los pasillos y las habitaciones. Las últimas líneas de archivo representan posiciones y orientaciones de los puntos de calibración (*landmarks*); estos puntos tienen asociados comportamientos diferentes según su tipo: de circulación, de acceso y ascensores.

C. Fichero *InfoFloor.xml*

Para cada archivo XML de piso hay otro archivo asociado con la información de accesibilidad del mismo; el formato de sus campos se muestra en la figura 4. Este archivo define todos los sectores del piso (etiqueta `<Sector>`) y las habitaciones o locales que pueden ser visitados en cada uno de los sectores.

Para cada uno de los locales definidos hay uno o más orígenes (*sources*) que conectan estos recintos a los puntos de referencia (*landmarks*). El camino desde un punto de referencia a una habitación se puede definir como una secuencia de líneas rectas o puntos de transición asociados a corredores. Estos caminos están delimitados con la etiqueta`<Route>`.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<InfoFloor0>
  <Sector Name="DEPARTAMENTO 1">
    <Local Name="XEROX">
      <Source Name="CIR07" Distance="3114">
        <Segment Name="Landmark" NameLandmark="CIR07"/>
                    : : :
        <Segment Name="Line" X1="8413" Y1="1715" X2="9220" Y2="1732" Angle="0"/>
      </Source>
    </Local>
    <Local Name="SECRETARIA">
      <Source Name="CIR202" Distance="0">
        <Segment Name="Door" NamePorta="DOOR1" NameCorridor="CORR1"/>
      </Source>
    </Local>
  </Sector>
  <Route Begin="CIR02" End="ENT01" Distance="2862">
    <Segment Name="Line" X1="3084" Y1="6471" X2="3051" Y2="6943" Angle="0"/>
    <Segment Name="Line" X1="3051" Y1="6943" X2="663" Y2="6893" Angle="0"/>
  </Route>
                    : : :
```

Figura 4. Fichero XML de descripción de rutas accesibles entre recintos.

3.2. Planificación de rutas

La figura 5 muestra un diagrama de la estructura interna de la información de accesibilidad descrita en los archivos XML definidos. Los lugares de interés se almacenan en sectores. Cada sector puede tener varios locales y los locales pueden tener acceso a una serie de fuentes, que son marcas de navegación, representados por círculos en la figura 5. Las líneas que conectan los círculos representan las rutas almacenadas.El algoritmo para planificar la mejor ruta es una variación, con jerarquías, del algoritmo de Dijkstra [9];este algoritmo obtiene la ruta de menor longitud de entre todas las existentes.

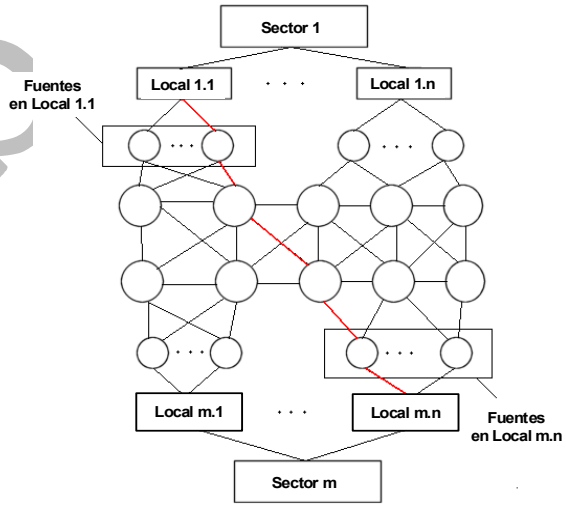


Figura 5. Planificación de rutas: árbol de sectores, locales y puntos de referencia.

Una vez que la ruta ha sido definida, el programa de control de la silla de ruedas sigue una serie tramos definidos por segmentos rectos y circulares. La posición relativa de la silla de ruedas se determina por estimación entre *landmarks* sucesivas. Cuando la silla de ruedas llega a una *landmark*, puede recuperarse la posición absoluta y la orientación a partir de ellas [7] utilizando una cámara de video. La figura 6 muestra uno de estos puntos de referencia; la información geométrica se deriva del modelo cuadrado a la izquierda, mientras que las barras laterales dan tanto el código de identificación como la orientación.

M = nodo móvil
C = coordinador
B = balizas

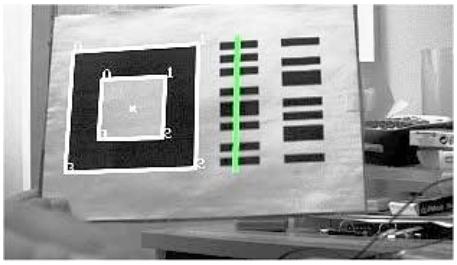


Figura 6. *Landmark*, siendo detectada y decodificada por el subsistema de visión.

La navegación autónoma se puede modificar en cualquier momento, bien por acciones directas del usuario (es decir, con el joystick) o por la detección de un obstáculo en el camino.

4. Subsistema de posicionamiento en interiores

El subsistema de localización en interiores necesita una adecuada red de sensores inalámbricos (SN) desplegados en el interior del edificio. Con el fin de optimizar la SN, otras funciones como HVAC (ventilación de calor aire acondicionado) o de seguridad pueden ser asignados a los nodos de sensores. Los autores proponen una red de dispositivos ZigBee [10] para esta tarea.

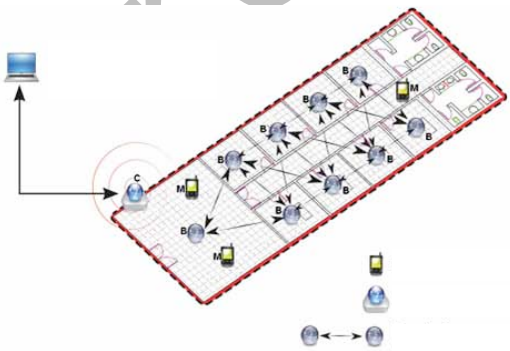


Figura7. Red de sensores ZigBee, como sistema de localización en interiores (ILS)

La figura 7 muestra un diagrama básico de la infraestructura del sistema de localización. La red cuenta con tres diferentes tipos de nodos:

- Dispositivos móviles (M), ubicados en lugares desconocidos inicialmente.
- Balizas (B), situadas en ubicaciones fijas dentro del área de cobertura. Los nodos baliza reciben comandos específicos de los dispositivos móviles y responder con lecturas de campo (RSSI), que sirven para calcular la ubicación absoluta.

- Coordinador (C), que vincula la red de sensores con la estación de administración.

En el Departamento de Electrónica de la UAH una pequeña sección del edificio (la que se muestra en la figura 7) ha sido equipada con dicha estructura de localización. Los dispositivos utilizados para ello son los circuitos CC2430 y CC2431 de Texas Instruments [11]. Ambos dispositivos están equipados con un procesador embebido y una etapa de RF según la especificación ZigBee.

Los nodos de tipo B y C son chips CC2430, pero los nodos de tipo M se han construido con el CC2431. Esta versión tiene un módulo IP (intellectual property) que calcula la localización 2D directamente usando hasta 16 informaciones de RSSI procedente de las balizas del sistema. La posición proporcionada por el sistema actual adolece de mayores variaciones de lo deseable. Eso es inherente a los sistemas basados en la localización RSSI por el elevado número de variables presentes en ambientes no controlados, como el mostrado aquí. Sin embargo, esta información se puede fusionar fácilmente con otras fuentes a bordo de la silla (la odometría y las correcciones derivadas de las *landmarks*).

5. Resultados

Este trabajo está bajo desarrollo en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá (España), y han estado encuadrados dentro del proyecto de investigación EINTA (Espacios Inteligente en Tecnologías de Apoyo) soportado por la CAPES (Brasil) y el Ministerio de Educación (España).

5.1. Prototipo desilla de ruedas avanzada

Se ha construido un prototipo de silla de ruedas (figura 8) equipado con una arquitectura distribuida de control inteligente. Tiene un conjunto de nodos interconectados por un bus CAN (Control Area Network), formados por varios microcontroladores ARM LPC2194 (NXP Semiconductors) y un PC empotrado.

La figura 8 muestra además un esquema de bloques de la arquitectura de control de la silla de ruedas. La computadora de a bordo tiene una pantalla táctil y conexión inalámbrica a Internet. También se encarga de controlar otros dispositivos como un GPS, una cámara de vídeo para el procesado de *landmarks* y diversos HMI avanzados.Los procesadores ARM implementan varias funciones en un concepto modular: el comportamiento del sistema depende del número y naturaleza de los nodos instalados.

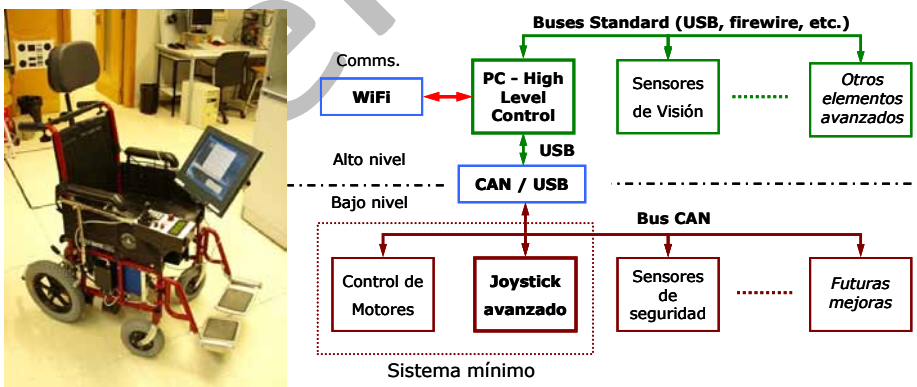


Figura 8. Vista del prototipo de silla de ruedas avanzada y esquema de bloques de su arquitectura de procesadores.

Un sistema mínimo (fig. 8) requiere sólo dos nodos: e control de motores, y un dispositivo de entrada, como un joystick avanzado con distintos comportamientos. En modo manualhay tres formas de controlar la silla:

- Joystick (convencional o avanzado).

- Unidad de soplo: utilizando un sensor de flujo de aire lineal para controlar la velocidad y la dirección de la silla de ruedas.
- Un ratón sobre la cabeza, basado en acelerómetros, que implementa funciones de joystick.

En los modos automáticos, el dispositivo HMI se puede utilizar para hacer correcciones puntuales de ruta y otras cuestiones relacionadas con la seguridad. El prototipo mostrado en la figura 8 tiene también un nodo a cargo de los dispositivos de seguridad como sensores ultrasónicos y acelerómetros para detectar obstáculos y colisiones.

5.2. Componentes software

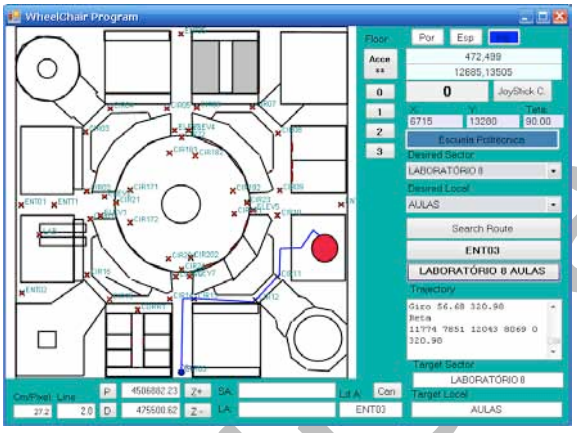


Figura9. Aplicación a bordo: seguimiento del plan de ruta.

La figura 9 muestra la pantalla del programa instalado a bordo de la silla de ruedas. El lugar de destino deseado se puede elegir al tocar la pantalla o mediante el uso de selectores. También se permite el cambio del piso del edificio para realizar la navegación entre puntos situados en diferentes plantas. A continuación, el ordenador a bordo genera un plan de navegación y el programa de control ejecuta las rutas marcadas hacia el destino previsto utilizando segmentos de líneas y pasos por los puntos de control.

6. Conclusiones

Este trabajo ha presentado un sistema capaz de interactuar con varios subsistemas instalados *ad hoc* en edificios inteligentes, con el fin de proporcionar servicios de navegación y de localización por interiores. Este sistema está concebido inicialmente para guiar sillas de ruedas avanzadas, aunque su campo de aplicación es fácilmente extensible a otros escenarios.

El prototipo de silla de ruedas avanzada tiene un concepto modular para permitir futuras actualizaciones y adaptarse mejor a las necesidades del usuario, gracias a dispositivos HMI específicos. El sensor de soplado y el ratón de cabeza permiten una utilización completa del sistema, incluso a personas con graves restricciones de movilidad.

La información de accesibilidad a edificios se basa en un conjunto de archivos XML almacenados en un servidor de Internet creado específicamente para este fin (BASE). Los componentes de software requeridos (editores y aplicaciones fuera y a bordo del vehículo) también se han presentado.

A diferencia de otros trabajos, el sistema propuesto no necesita de equipos de alto costo en el edificio. Sólo la colocación de las *landmarks* visuales en el techo, en los puntos especificados es suficiente para permitir

Iberdisap

la navegación en interiores de la silla de ruedas. En consecuencia, los equipos necesarios para la navegación autónoma no son complejos y la mayoría de ellos ya están disponibles.

Agradecimientos

Este trabajo tuvo el apoyo financiero de: CAPES / Brasil bajo el número BEX1142/08-9, y del Ministerio de Educación del Gobierno español a través del proyecto EINTA (ref. PHB2006-0077-PC).

Referencias

[1] D. Ding, B. Parmanto, H.A. Karimi, D. Roongpiboonsopit, G. Pramana, T. Conahan, and P. Kasemsuppakorn, "Design Considerations for a Personalized Wheelchair Navigation System,"*Engineering in Medicine and Biology Society*, *EMBS 2007, 29th Annual International Conference of the IEEE,* pp. 4790 – 4793.

[2] M. Kurihara, H. Nonaka, and T. Yoshikawa, "Use of highly accurate GPS in network-based barrier-free street map creation system," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 2, pp.1169 – 1173. 2004.

[3] O. Matsumoto, K. Komoriya, T. Hatase, H. Nishimura, H. Tsutomu and N. Hideki, "Autonomous Traveling Control of the TAO Intelligent Wheelchair,"*IEEE/RSJ Interna-tional Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 4322 – 4327. 2006.

[4] W. Yi-Hui, L. Bing-Yuh, C. Heng-Yin, O. Yao, L. Jin-shin, K. Te-Son and C. Fok-Ching, "The Development of M3S-Based GPS Navchair and Tele-Monitor System,"*IEEE-EMBS 2005, 27th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 4052 – 4055. 2005.

[5] J. C. Garcia, M. Marrón, M. Mazo, and J. Ureña, "Positioning and localization system for autonomous wheelchairs," *IECON'02 IEEE 2002 28th Annual Conference of the Industrial Electronics Society*, Vol. 2, pp. 1555 – 1560. 2002.

[6] P. Jae-Han, B. Seung-Ho, and B. Moon-Hong, "An Intelligent Navigation Method for Services Robots in the Smart Environment," *International Conference on Control, Automation and Systems*, Seoul, pp.494-497. 2007.

[7] M. Marrón, and J. C. Garcia, "Sistema de navegación autónoma en entornos interiores estructurados," *TELEC`02 International Conference*, pp.1-4. 2002.

[8] E. W. Dijkstra, "A note on two problems in conexion with graphs," *Numerische Mathematik*, pp.269-271. 1959.

[9] H. Chuan-heng, L. Ming-long, S. Yuan-Chung and L. Feipei, "A design of small-area automatic wheelchair," *IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control*, Vol. 2, pp. 1341 – 1345. 2004.

[10] http://www.zigbee.org

[11] http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc2431.html

Iberdrscan

Iberdiscap

Silla de ruedas comandada por señales mioeléctricas para discapacidades motrices graves.

M.D. Soria[1]; D.M. Soria[2]; D. Beltramone[3]

[1]Rondeau 372, Dpto.: 6º "C", Córdoba, Argentina; Tel: +54 (351) 155-334468, soriadelicia@gmail.com

[2] Rondeau 372, Dpto.: 6º "C", Córdoba, Argentina; Tel.: +54 (2652) 155-54264.

soriadanielamelisa@gmail.com,

[3]Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales / Laboratorio de Ingeniería en Rehabilitación;CC 755 Correo Central - CP 5000 - Córdoba - Córdoba – Argentina;
Tel:+54 (351) 433-4147 ext 103, dbeltramone@efn.uncor.edu

Resumen.
El proyecto se basa en el control de una silla de ruedas motorizada comandada por medio de señales mioeléctricas de cuatro músculos seleccionados según las capacidades del usuario. El desarrollo se dividió en dos etapas:

1. Adquisición y acondicionamiento de las señales mioeléctricas: La señal mioeléctrica se obtiene mediante electrodos de superficie por ser poco invasivos. Se utilizan un total de nueve electrodos: dos por cada músculo y uno como referencia.
2. Procesamiento y control de una silla de ruedas motorizada por medio de las señales mioeléctricas.

El dispositivo es controlado por medio de cuatro músculos diferentes, cada uno de los cuales maneja un movimiento determinado. Si se contrae algún músculo,un microcontrolador producirá el movimiento correspondiente: ADELANTE, ATRÁS, IZQUIERDA o DERECHA, estableciendo no sólo el umbral de amplitud que debe tener la contracción, sino también un tiempo mínimo durante el cual debe mantenerse para considerarse válida, para mayor seguridad del usuario.

Palabras clave: Señales mioeléctricas; Amplificación, Filtrado y Rectificación; Procesamiento y control; Silla de Ruedas Motorizada; Discapacidad Motriz Grave

1. Introducción y contenidos

En la Argentina, según la Ley 22.431 en su artículo 2º, podemos ver el concepto de discapacidad como:

"*… se considera discapacitada a toda persona que padezca una alteración permanente o prolongada, física o mental, que en relación a su edad y medio social implique desventajas considerables para su integración familiar, social, educacional o laboral.*"

Iberdiscap

Según las estadísticas dadas a conocer por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) aproximadamente el 10% de la población total tiene algún tipo de discapacidad. Pero la discapacidad no afecta sólo a esta población sino también a aquellas personas que cuidan de éstas, a sus familiares, a la comunidad y a todas aquellas personas que apoyen el desarrollo comunitario, teniendo de este modo una repercusión en el 25% de la población total.

El siguiente trabajo se basa en el desarrollo de una silla de ruedas comandada por señales mioeléctricas del operador de la misma. Los músculos serán cuidadosamente seleccionados según las posibilidades de movimientos voluntarios que la persona disponga. Este dispositivo está destinado a aquellas personas que sufren de una discapacidad motriz grave. Así, las personas con una mínima capacidad motora se verían beneficiadas con el uso de este dispositivo, dándole independencia en la movilidad y mejor calidad de vida.

2. Metodología

2.1 Adquisición y acondicionamiento de las señales mioeléctricas.

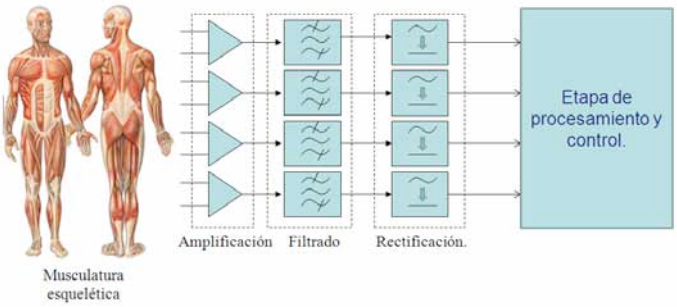


Fig. 1: Diagrama de bloques de la etapa de adquisición y acondicionamiento de la señal mioeléctrica.

En la Fig. 1 observamos que la primera instancia de este proyecto es la adquisición de la señal mioeléctrica. Para esto, se decidió utilizar electrodos de superficie debido a que realizan el sensado de la señal de manera menos invasiva que aquellos de tipo aguja.

Se eligieron electrodos de superficie desechables de plata – cloruro de plata (Ag-AgCl12), porque son fáciles de conseguir, muy económicos e higiénicos.

Se colocaron dos electrodos por cada canal, es decir por cada músculo, de manera de sensar la señal mioeléctrica de forma diferencial, utilizándose un único electrodo de referencia para todos los canales En resumen, en total son necesarios para el funcionamiento del dispositivo nueve electrodos: dos por cada canal y uno como referencia.

Las señales mioeléctricas tienen una amplitud que puede estar entre los $5\mu V_{pp}$ y los $500\mu V_{pp}$ siendo necesario llevar esa amplitud a un rango de 0 a 5V para poder ser manejada la señal por parte de un microcontrolador. De este modo, la ganancia brindada por la etapa de amplificación será de 10000.

Como las señales mioeléctricas tienen una frecuencia que varía entre los 20Hz – 30 Hz y los 400Hz – 450Hz, se utilizan dos tipos de filtros conectados en cascada (un filtro pasa alto con una frecuencia de corte de aproximadamente 20Hz y un filtro pasa bajo Chebyschev con una frecuencia de corte de aproximadamente 500Hz).

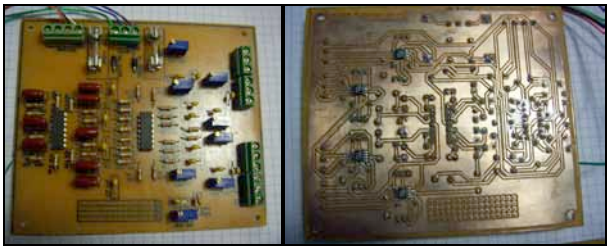


Fig. 2: Placa de acondicionamiento de las señales mioeléctricas.

La etapa de rectificación se utilizó para convertir las señales analógicas obtenidas en señales digitales, con el fin de que puedan ser controladas por un microcontrolador que tiene entrada de señales analógicas positivas entre la tensión de referencia (0 V) y 5 V. En este proyecto se trabaja con la amplitud de la señal mioeléctrica que se define como la intensidad de contracción muscular y no con la forma de onda de dicha señal, permitiendo entonces modificarla a través de la rectificación sin interferir con el correcto funcionamiento del circuito.

Para ingresar la señal mioeléctrica al microprocesador, determinando si el músculo se encuentra contraído o relajado, se decidió filtrar la señal obtenida del rectificador y convertirla en "0" lógico cuando el músculo se encuentre en reposo o en "1" lógico cuando este contraído utilizando un Schmitt Trigger o disparador de Schmitt. De este modo, se logró simular el comportamiento de un switch.

Se decidió utilizar un Schmitt Trigger por ser un prototipo de prueba inicial, con el fin corroborar el funcionamiento del dispositivo, planteándose como una mejora futura del mismo utilizar un sistema más inteligente donde se pueda manejar la sensibilidad cambiando el umbral con una resistencia variable.

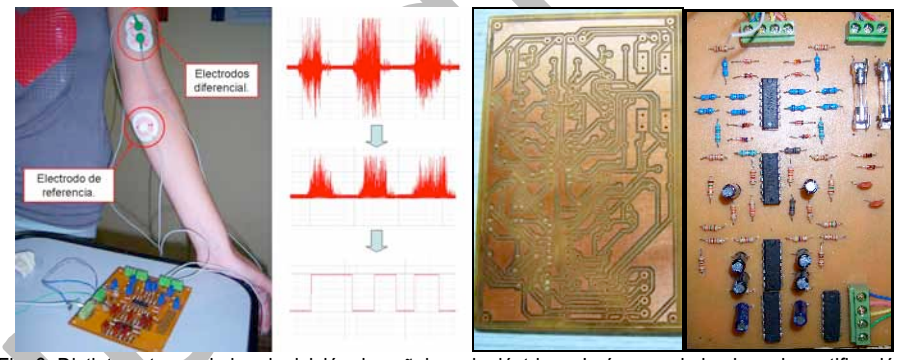


Fig. 3: Distintas etapas de la adquisición de señales mioeléctricas. Imágenes de la placa de rectificación.

2.2 Procesamiento y control de una silla de ruedas por medio de las señales mioeléctricas

Una vez realizada la adquisición y acondicionamiento de la señal, se procedió a la etapa de procesamiento y control de la misma. Para esto, se plantearos cuatro hipótesis:

1. Reemplazo de las señales emitidas por el Joystick a través del BIOPAC - MP150.
2. Reemplazo de la señal que comunica al Joystick con el control de potencia por medio de un microcontrolador PIC.
3. Reemplazo de la señal emitida por los sensores de efecto Hall del Joystick por medio de un microcontrolador PIC.
4. Control directo de los motores de la silla de ruedas.

2.2.1 Carro móvil controlado por señales mioeléctricas que emulan los movimientos de una silla de ruedas.

Se logró obtener los resultados deseados con el "Control directo de los motores de la silla de ruedas". Para desarrollar esta hipótesis se decidió construir inicialmente un dispositivo que controle, a través de las señales mioeléctricas, dos motores de corriente continua de 12V bidireccionales simulando el movimiento de una silla de ruedas. Esta situación era prácticamente idéntica a la de la silla, salvo que los motores de ésta última son de mayor potencia y el control debe tener estas características. Al controlar 2 motores de pequeña potencia, se podía tener un prototipo a pequeña escala de la silla, más práctico a la hora de realizar pruebas.

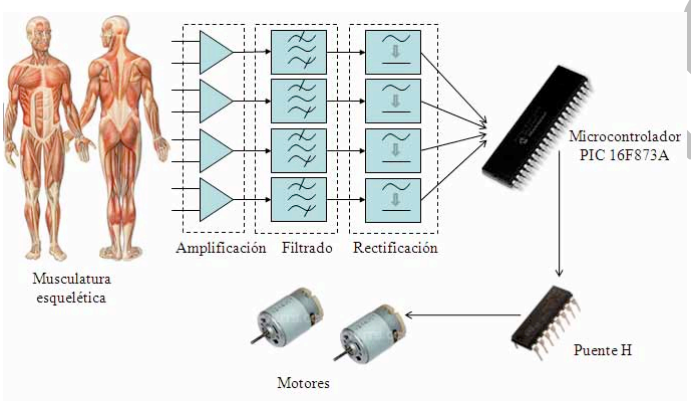


Fig. 5: Diagrama en bloques.

Como se puede observar en el diagrama de la Fig. 5, se realizó el control de dos motores a través de las señales mioeléctricas ya acondicionadas. Para esto se utilizó un carro móvil formado por dos motores bidireccionales de corriente continua de 12V que son activados por contracciones musculares. Este carro fue cedido por el Ing. Juan Cruz Bigliani, parte del Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo (LIADE).

Una vez adquirida y acondicionada la señal muscular, ingresa a un microcontrolador PIC que permite el control de estos motores por medio del circuito integrado L293D, que permite construir dos puentes H de transistores.

Los motores emulan los movimientos de una silla de ruedas, es decir, adelante, atrás, derecha e izquierda (giro corto: durante estos movimientos ambos motores giran en sentidos contrarios).

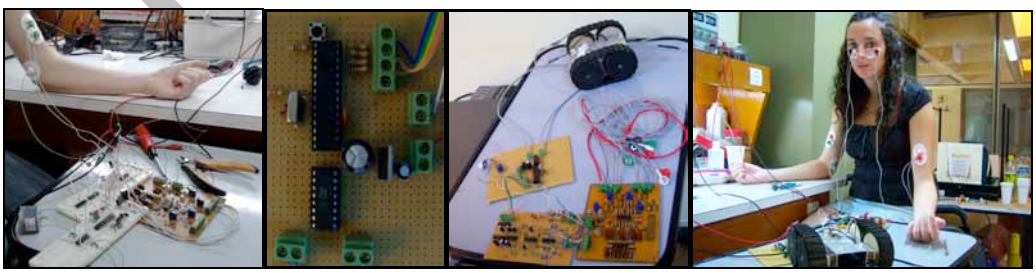


Fig. 6: Imagen del prototipo de prueba y la placa final de control del carro móvil.

Se obtuvieron los resultados esperados, logrando controlar los movimientos de los motores a partir de contracciones voluntarias de ciertos músculos.

Llegamos así a la conclusión de que el dispositivo diseñado en este proyecto para la adquisición y procesamiento de las señales mioeléctricas puede ser utilizado no sólo para el control de los motores de una silla de ruedas, sino también para el control de cualquier otro equipo electromecánico principalmente con fines terapéuticos o de rehabilitación.

2.2.2 Control directo de los motores de la silla de ruedas.

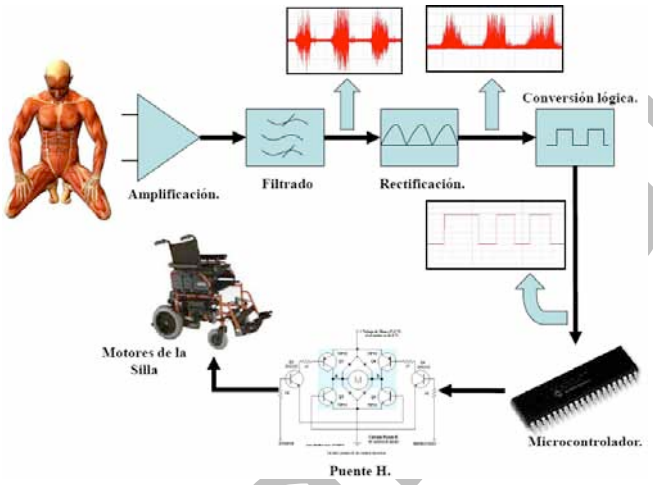


Fig. 7: Diagrama en bloques.

La silla de ruedas con la que se cuenta para el desarrollo del presente proyecto está compuesta de dos motores de corriente continua de 24V y 2500 rpm, que llega a alcanzar un consumo de corriente de alrededor de los 36A. La misma se alimenta por medio de una batería de 24V y 36A/h.

Para el control de los movimientos de los motores el dispositivo cuenta con dos frenos, uno por cada motor, los cuales se desactivan al energizar un solenoide solidario a los mismos y se utiliza como medida de seguridad. Así, cuando la silla está en una pendiente y ambos motores se encuentran apagados o fuera de funcionamiento, ésta permanece frenada y estable.

Estos motores de corriente continua son controlados a través de un puente H de transistores, la cual es una de las configuraciones más utilizadas para el control de motores de corriente continua cuando es necesario invertir el sentido de giro del motor.

Se tomó la decisión de diseñar el puente H para controlar cada motor de manera externa reemplazando la placa de control de potencias que viene con la silla.

El PIC controla directamente los Gates de los MOSFET altos del puente H, sin embargo, los Gates de los MOSFET bajos son controlados a través de compuertas NAND para otorgarle mayor seguridad al circuito, ya que de esta manera se evita que ambos MOSFET bajos de un mismo puente se accionen simultáneamente.

Se utilizó un pin del PIC como habilitación: cuando éste es un “1 lógico” se habilita el MOSFET bajo derecho y se apaga el MOSFET bajo izquierdo, lo opuesto ocurre cuando el pin de habilitación es un “0 lógico”.

El PIC maneja niveles de voltaje de 0V a 5V y los Gates de los MOSFET deben ser activados con 12V, motivo por el cual se decidió utilizar transistores 2N2222 para que actúen como switch.

Es importante aclarar que se trabaja con lógica inversa, ya que la señal es invertida luego de atravesar el transistor.

Para evitar el consumo excesivo de corriente por los MOSFET se trabajó con una señal PWM al 40%, con una frecuencia de 5KHz.

En la puesta en marcha del dispositivo se obtuvo el correcto funcionamiento de los motores de la silla de ruedas mediante contracciones mioeléctricas.

Se obtuvo un circuito electrónico que, además de lograr los objetivos propuestos en este proyecto, permite utilizarse para el accionamiento de cualquier otro dispositivo electromecánico con fines terapéuticos o de rehabilitación, como por ejemplo el control de un brazo robótico.

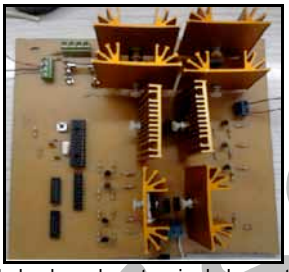


Fig. 8: Imagen de la placa de potencia de los motores terminada.

Se dejó esta alternativa como última instancia debido a que desde un principio se quiso aprovechar las etapas de control y potencia con las que cuenta la silla de ruedas.

El diseño fue pensado como un prototipo inicial en donde se manejan los movimientos a una velocidad media constante y en cuatro direcciones básicas: adelante, retroceso y giros. Debido a esto se pueden plantear varias mejorar del mismo, siendo una de éstas la posibilidad de controlar la velocidad de los motores a través de contracciones musculares de distintas intensidades.

3. Resultados y discusión

Este trabajo se dividió en dos partes principales. En la primera, que definimos como “Adquisición y acondicionamiento de las señales mioeléctricas”, se logró el objetivo general del presente trabajo: adquirir las señales mioeléctricas generadas con los músculos con capacidad de contracción voluntaria en personas que presenten una discapacidad motriz grave, para su utilización en el posterior control de una silla de ruedas. Se construyó un equipo capaz de tomar estas señales y acondicionarlas con la posibilidad de ser integrado dentro de cualquier otro sistema electromecánico con el fin de controlarlo, basándose en las señales adquiridas. En el presente trabajo se utilizó con el objetivo de generar los distintos movimientos que debe ser capaz de efectuar la silla.

Para la segunda parte de Procesamiento y control de las señales mioeléctricas se decidió construir un dispositivo que controle, a través de las señales mioeléctricas, el movimiento de dos motores bidireccionales de corriente continua de 12V, los cuales se encuentran formando parte de un carro móvil.

Este carro es controlado por cuatro señales mioeléctricas adquiridas por medio de la contracción de cuatro músculos diferentes, los cuales pueden ser elegidos según las capacidades del usuario. El mismo presenta cuatro movimientos: adelante, atrás, izquierda y derecha, simulando los desplazamientos de una silla de

Iberdiscap

ruedas con giro corto. Finalmente se aplicó lo realizado en la silla de ruedas motorizada agregando una etapa de potencia, logrando controlar todos los movimientos necesarios.

4. Conclusiones y trabajos futuros

La primera etapa de este proyecto fue la adquisición. Ya que de esta etapa dependen los resultados obtenidos posteriormente, fue imprescindible su correcto funcionamiento. Esto implicó mucho tiempo debido a la necesidad de aprendizaje sobre los diferentes softwares y dispositivos utilizados, como así también por las constantes modificaciones que se realizaron a lo largo del proyecto.

Esta etapa se concluyó de manera exitosa, obteniéndose como resultado un dispositivo que se adecua perfectamente a los requerimientos del proyecto, gracias al cual es posible hacer uso de la actividad muscular para controlar cualquier equipo electromecánico.

El circuito permite obtener una señal mioeléctrica con una amplitud lo suficientemente elevada como para manipularla a través de microcontroladores y con un nivel de ruido dentro de los rangos aceptables. El mismo se alimenta con baterías otorgándole al dispositivo no sólo portabilidad, sino también seguridad eléctrica al usuario.

En la etapa de procesamiento y control de una silla de ruedas motorizada por medio de las señales mioeléctricas se plantearon cuatro hipótesis, lográndose los resultados deseados a través del "*Control directo de los motores de la silla de ruedas".*

Se decidió construir un dispositivo que controle, a través de las señales mioeléctricas, dos motores bidireccionales de corriente continua simulando los movimientos de una silla de ruedas convencional (adelante, atrás, izquierda y derecha). Esta situación era prácticamente idéntica a la de la silla, salvo que los motores de ésta última son de mayor potencia y el control debe tener estas características. Finalmente se aplicó lo realizado a la silla, cumpliendo con los objetivos planteados inicialmente.

Llegamos así a la conclusión de que el dispositivo diseñado en este proyecto para la adquisición y procesamiento de las señales mioeléctricas puede ser utilizado no sólo para el control de los motores de una silla de ruedas, sino también para el control de cualquier otro equipo electromecánico principalmente con fines terapéuticos o de rehabilitación, como por ejemplo: brazos ortopédicos, dispositivos de entretenimiento, etc.

Además, el diseño del mismo fue pensado para lograr un equipo portátil de pequeñas dimensiones, reducido consumo energético, bajo costo económico y seguridad al usuario.

Referencias

[1] Apunte de la cátedra de Ingeniería en Rehabilitación. Bases y conceptos de la discapacidad. Año 2010. Ing. Diego Beltramone.
[2] Libro de Medicina. Tratado de fisiología medica de Guyton y Hall. McGRAW-HILL Interamericana. Décima edición. Año 2002.
[3] "Electromyography: Physiology, Engineering, and Noninvasive Applications", IEEE, 2004. Roberto Merletti & Philip A. Parker.
[4] Recomendaciones SENIAM. http://www.seniam.org/
[5] Libro de Electrónica Analógica. Manual de Laboratorio para los dispositivos electrónicos y teoría de los circuitos. Por Robert L. Boylestad.
[6] Manual para uso del BIOPAC – MP150 y el programa Acqknowledge 3.7.
[7] Manual de silla de ruedas. Cuidados, usos, manipulación y mantenimiento.

Iberoiscap

[8] Trabajo final Switch actuado por señales mioeléctricas del Ing. Daniel Alejandro Ullúa con el profesor asesor Ing. Diego Beltramone. Año 2007.
[9] Trabajo final Sistema de Biotelemetría basado en Bluetooth del Ing. Víctor Hugo Villanueva con el profesor asesor Ing. Diego Beltramone. Año 2008.
[10] Páginas webs visitadas (activas en febrero de 2011):

- http://www.discapacitados.org.es/Discapacidad/Definicion/
- http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/neuquen/690/disca10.htm
- http://www.seniam.org/
- http://www.ruv.itesm.mx/portal/promocion/qs/dgacit/reglamento/formato.htm
- http://centros.edu.xunta.es/iesbreamo/galeria/displayimage.php?album=132&pos=54
- http://histogrupo5morfo.blogspot.com/
- http://www.cienciasdelmovimiento.cl/
- http://www.dte.us.es/ing_inf/ins_elec/temario/Tema%202.%20Amplificadores%20de%20Instrumentacion.pdf
- http://lifesignals.wordpress.com/2008/06/19/vhsynth/
- http://www.lintoninst.co.uk/biopac_mp150.htm
- http://www.tiendaortopedia.com/index.php?cPath=23&&page=2
- http://www.frbb.utn.edu.ar/robotica/archivos/silla_de_ruedas.pdf
- http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/079/htm/sec_5.htm
- http://www.scribd.com/doc/24421918/Protocolo-1-Wire

Iberdiscap

iTutorials para el soporte interactivode población ancianacon discapacidad cognitiva

C.Rubio1, R.Annicchiarico2, C.Barrue1, U.Cortés1, C.Caltagirone2

[1] Knowledge Engineering and Machine Learning Group (KEMLG)

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Edificio K2M despacho 201-202, C/ Jordi Girona 1-3, Barcelona, España.

{crubio, cbarrue, ia}@lsi.upc.edu

[2]Fondazione Santa Lucia (FSL)

Via Ardeatina 306, Roma, Italia.

{r.annicchiarico, c.caltagirone}@hsantalucia.it

Resumen. Este proyecto aborda la exploración del concepto de autonomía compartida dentro del contexto de las tecnologías asistenciales, en particular el uso de un servicio de tutoriales Inteligentes (iTutorials) para el soporte en la ejecución de actividades diarias que a la vez refuercen la autonomía del usuario y liberen al cuidador de la asistencia a tiempo completo. La característica clave de este sistema de tutoría reside en su capacidad de adaptar el servicio al perfil médico del usuario y a su ubicación. El proyecto incluye al mismo tiempo el análisis de los resultados obtenidos durante el testeo de la herramienta en diversos escenarios en los que participaron de forma voluntaria ancianos que presentaban diferentes niveles de incapacidad física y/o cognitiva.

Palabras clave: Tecnologías asistenciales, sistemas multi-agentes, sistemas de tutoría inteligentes, actividades de la vida diaria, TIC salud.

1. Introducción

El cuidado y asistencia de la población anciana, en especial la de aquellos afectados por la demencia, es una obligación social y un desafío crítico a medida que la población mundial envejece de forma acelerada. La media de la esperanza de vida en la Unión Europea es una de las mayores en el mundo y continúa incrementándose hoy en día.

Por una parte, el incremento de la longevidad junto con la supervivencia a enfermedades graves conlleva un crecimiento de la preponderancia de afecciones crónicas, menguando la independencia de la población anciana y empeorando su calidad de vida [1]. Por otra parte, los servicios sociales se encuentran bajo una presión considerable dado que el internamiento en centros hospitalarios y/o geriátricos de este colectivo muchas veces no se debe a la gravedad de su condición médica sino a la necesidad de rehabilitación o soporte social. En consecuencia, el internamiento no se considera una alternativa dado su alto coste.

Iberdiscap

Teniendo en cuenta que los recursos sociales no son suficientes para asistir a toda la población anciana y que el trato humano no puede ni podrá ser reemplazado, se espera que las tecnologías asistenciales jueguen un importante papel en la mejora de la calidad de vida de este colectivo contribuyendo a la mejora in situ, ofreciendo la posibilidad a estos individuos de permanecer en su ambiente preferido durante largos períodos de tiempo con un nivel de confort y bienestar considerable al mismo tiempo que se garantiza su asistencia como persona dependiente, el soporte en sus rutinas diarias, y el acceso remoto al cuidado médico.

Este sistema de tutoriales inteligentes (iTutorials) se ha diseñado como sistema de apoyo a la realización de actividades diarias básicas (ADL)5, como podrían ser preparar café o vestirse, cuyo grado de soporte se adapta a las condiciones que los usuarios presenten. Se pretende que no sea necesaria la intervención y/o supervisión de un cuidador/a de forma que no exista una necesidad constante de cuidados por su parte, y que al mismo tiempo se consiga reforzar la autonomía de los ancianos. Estos tutoriales han sido diseñados para ser mostrados en una pantalla táctil, normalmente sujeta a la silla de ruedas o al caminador que la persona impedida utilice de forma habitual.

Los iTutorials componen uno de los servicios integrados dentro de SHARE-it, proyecto financiado por la Unión Europea dentro del 6º Programa Marco, que persigue la creación de un sistema personalizado, adaptable y escalable que contribuya al soporte y mejora de la autonomía de personas dependientes [2]. La herramienta pretende formar parte de una nueva generación de asistentes inteligentes destinados a aumentar la independencia y calidad de vida de la población anciana con enfermedades degenerativas tanto en su casa como en centros especializados, contribuyendo a un ahorro de los gastos derivados de políticas sociales y sanitarias, y potenciando la integración de las nuevas tecnologías en los servicios asistenciales destinados a población anciana.

2. Metodología

Con la ayuda y supervisión del equipo médico del proyecto SHARE-it, se determinaron qué actividades de rutina diaria serían las más adecuadas para ser soportadas por la herramienta, modelando cada una de estas como un conjunto de acciones simples consecutivas soportadas por una instrucción textual breve acompañada de una pista de audio que la reproduce y una secuencia de vídeo que muestra como ejecutar el paso concreto de la tarea.

5 Activities of Daily Living

Iberdiscap

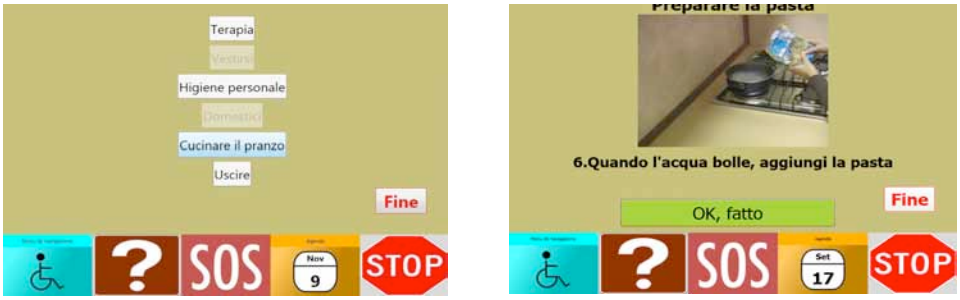


Fig. 1. (a) menú de categorías tutoriales (b) ejecución del tutorial *preparar pasta*

En cuanto al ciclo de uso de la herramienta, una lista de tutoriales adecuados al usuario se muestra al hacer clic sobre el botón de los iTutorials. Estos se agrupan en diferentes categorías tales como serían terapia o higiene personal, de acuerdo con su similitud. La primera instrucción tiene siempre por objetivo comprobar si alguno de los elementos necesarios para la actividad no se encuentra. Durante la ejecución de un tutorial el usuario puede decidir seguir adelante o abandonar su ejecución. Cuando el tutorial se completa, el sistema pregunta al usuario si quiere repetir la última instrucción o volver al menú [4].

El concepto de actividad guiada se basa en dos factores clave: (1) el perfil de usuario definido por los médicos geriatras, y (2) la localización actual del usuario dentro de su ambiente preferido.

2.2. Personalización

El sistema consigue adaptar el nivel de soporte cognitivo en función de la presente condición del usuario y de sus necesidades. Por ejemplo, si el usuario está afectado por temblores derivados de un desorden neuronal degenerativo como podría ser Parkinson, el sistema no ofrecerá aquellos tutoriales que requieran cierto nivel de fuerza y coordinación motora por su parte.

El proceso de modelado del perfil del usuario fue a la vez dinámico y adaptable, lo que eliminó todos aquellos atributos irrelevantes de entre la cantidad de capacidades funcionales y físicas que comprende la ontología médica desarrollada por los geriatras. Con el fin de centrarse en aquellas afecciones que la población anciana en particular presenta con mayor frecuencia, fue seleccionado un conjunto de descriptores médicos para poder definir el perfil de usuario: discapacidad visual, discapacidad auditiva, coordinación motora, demencia, afasia y déficit de atención. Este conjunto de atributos es diverso y suficientemente descriptivo como para facilitar la división de la población objetivo en diferentes grupos de usuarios que comparten similitudes.

La evaluación del perfil de usuario resultante se dispone en una escala de tres niveles: 0 – no presente, 1 – grado leve, 2 – grado moderado. De entre los descriptores médicos usados, existen dos síntomas neurológicos que afectan de manera significativa la disminución de la autonomía y que han sido evaluados separadamente. El déficit de atención espacial implica la incapacidad para informar, responder u orientar a los estímulos, por lo general en el espacio contralesional. Por ello, sus cuantificadores se evalúan de forma concreta: 0 – no presente, 1 – izquierda, 2 – derecha. La afasia es un trastorno del lenguaje que se presenta cuando existe dificultad en el uso o la comprensión del lenguaje hablado y escrito. Dos cuantificadores se usan en este caso: 0 – usuario no afectado, 1 – usuario afectado [4].

Iberdiscap

2.2. Contextualización

Uno de los componentes de software de SHARE-it es un Sistema Multi-Agente (MAS), encargado de la ingeniería de conocimiento [3]. Estos agentes interactúan y colaboran entre sí para el logro de los objetivos perseguidos, obteniendo datos de entrada de otros elementos dentro de SHARE-it. Por ejemplo, el Patient Agent es responsable de todas las funciones relacionadas con las rutinas diarias, tales como la selección de los tutoriales adecuados para los usuarios o el seguimiento de la realización de la actividad, mientras que el Environment Agent detecta la ubicación actual del usuario usando la red de sensores. A través de estos datos se determinan los tutoriales contextuales, esto es, aquellas actividades de la vida diaria recomendables para ser ejecutadas en la localización actual del individuo teniendo en consideración el perfil médico que presenta y, por tanto, las necesidades asociadas a su declive cognitivo y motriz.

2.3. Tecnología de Agentes

JADEX[6], un motor de razonamiento orientado a escribir agentes racionales con XML y el lenguaje Java, se ha usado para el desarrollo del MAS siguiendo el modelo BDI, que consiste en el uso de los conceptos creencia, deseo e intención para describir las actitudes mentales que generan la acción humana. De este modo, el modelo de ejecución correspondiente a nuestros agentes de software se basa en la noción de creencias, metas y planes, que definen y establecen su comportamiento: un agente tiene un conjunto de creencias y motivaciones a alcanzar, que se pueden conseguidos mediante la ejecución de planes. Las dos funcionalidades principales que el Patient Agent necesita gestionar con respecto a la herramienta son, por una parte, definir la lista de tutoriales conveniente para un usuario cada vez que su perfil médico varíe, y por otra parte, actualizar los tutoriales contextuales cuando se detecta el cambio de localización del usuario.

2.4. Razonamiento humano

La necesidad de introducir una capa inteligente en la herramienta surge cuando es preciso simular razonamiento humano usando conocimiento médico con el fin de determinar aquellos tutoriales que un usuario es capaz de realizar en función de sus capacidades cognitivas y su estado físico. Gracias a la semejanza que presentan las reglas de inferencia a la inteligencia humana, la simulación de razonamiento dentro de los iTutorials se llevó a cabo usando un sistema experto basado en el conocimiento.

Cada una de las normas contenidas en la memoria de trabajo corresponde a uno de los tutoriales disponibles, y sigue el mismo patrón: los valores actuales del perfil del usuario (por ejemplo, el usuario tiene afasia y un grado de discapacidad visual leve) se comparan con los descriptores establecidos para determinar la selección de un tutorial de acuerdo a criterios médicos. Si la cláusula se evalúa positivamente, el hecho correspondiente a ese tutorial se modifica en la memoria de trabajo. Una vez que

6 http://jadex.informatik.uni-hamburg.de/

Iberdiscap

todas las normas han sido evaluadas, la capa del agente obtiene de esta memoria de trabajo la selección de tutoriales adecuados para que el usuario realice.

3. Resultados y discusión

La fase de experimentación de los iTutorials tuvo lugar en *Casa Agevole*, parte del centro de rehabilitación Fondazione Santa Lucia (FSL) en Roma, Italia. Esta vivienda cuenta con la infraestructura necesaria para adaptarse a personas con movilidad reducida, así como también de diversas redes de sensores en su entorno que recogen información contextual del usuario. Los experimentos duraron aproximadamente tres meses, y fueron llevados a cabo con la ayuda voluntaria de 21 pacientes italianos que presentaban diversas afecciones cognitivas.

Una serie de escenarios descriptivos de interacciones típicas persona-máquina fueron usados como patrones de experimentación para evaluar la herramienta a nivel técnico y funcional [2]. En particular, el escenario 1 llamado "Alberto toma su medicación" probaba el tutorial de terapia introducido por un recordatorio; el escenario 2 llamado "Pietro va a la iglesia" probaba el tutorial para salir de casa que implicaba la movilidad del usuario desde un espacio interior a un espacio exterior; el escenario 3 llamado "Francesca cocina pasta" probaba el tutorial contextual de cocina cuando el usuario cambiaba su localización actual a la cocina.

En cuanto al desarrollo y despliegue de los iTutorials, el escenario 1 fue el más significativo en términos de resultados técnicos y funcionales, ya que fue el primero en ser probado y el que contribuyó con información más significativa. Es por ello que a continuación se presenta este mismo escenario en análisis, ejemplificando a su vez la metodología de ensayo empleada durante los experimentos.

3.1. Escenario 1: Alberto toma su medicación

El escenario de la primera prueba en la etapa de experimentación puso de relieve cómo de útil puede ser el tutorial de medicación con el fin de conseguir que el usuario cumpla su terapia. Pese a que ciertos componentes tecnológicos no estaban disponibles en el momento de la experimento, como algunos sensores domóticos, este imprevisto no afectó a la funcionalidad de los iTutorials y su integración con otros servicios asistenciales tales como recordatorios. Cabe mencionar que siendo la primera vez que los tutoriales fueron probados por usuarios reales, cambios importantes fueron aplicados a la herramienta hasta satisfacer los requisitos de usuarios y médicos.

Descripción del usuario: Alberto es un anciano de 78 años de edad que vive con su hija. Se le ha diagnosticado Alzheimer en una etapa temprana, lo que le causa una discapacidad cognitiva leve. Sus principales deficiencias tienen relación con la memoria a corto plazo y las funciones ejecutivas (planificación de secuencias de acciones).

Iberdiscap

Narrativa del escenario: Alberto necesita una dosis de comprimidos como parte de su terapia por la mañana, tarde y noche. Dado que sufre cierto deterioro de su memoria, no siempre es capaz de recordar este hecho. Es por ello que temprano en la mañana y antes de salir de casa, la hija de Alberto prepara la dosis de comprimidos exacta que su padre debe tomar durante el día, organizándolas en tres cajas de diferentes colores. A las 10 AM, la pantalla táctil integrada en la silla de ruedas robótica de Alberto le muestra una alarma recordatorio invitándole a tomar su medicación. El tutorial asociado a este recordatorio le indica cómo debe proceder a tomar sus medicinas.

Evaluación: Durante la evaluación de la herramienta, algunos usuarios presentaban un cierto escepticismo al tener que usar el sistema sin sentirse familiarizados. Es por ello que se llevaron a cabo ciertos pre-entrenamientos para así facilitar la interacción usuario-máquina e introducir a los usuarios en el manejo del sistema.

Algunos usuarios encontraron dificultades significativas durante la ejecución del tutorial de *terapia*, distrayéndose en la confirmación de mensajes o leyendo instrucciones largas, así como malentendiendo directrices textuales. Para solventar estos problemas y mejorar la usabilidad, varios cambios fueron aplicados:

- Introducción de una demora forzada entre cada paso del tutorial con el fin de mejorar la comprensión de la información por parte de los usuarios tras unos segundos de espera.
- Eliminación de los mensajes de confirmación entre cada paso, dejando una única confirmación al final del tutorial. Se comprobó que el intento de rastrear la ejecución de los usuarios mediante los mensajes de confirmación resultó más confuso que útil.
- División de todas aquellas instrucciones largas en dos pasos, ya que los usuarios tendían a sentirse desconcertados por la larga duración y la complejidad de las directrices durante los experimentos.
- Introducción de soporte de audio a las filmaciones que acompañaban cada instrucción, dado que debido a la disminución en la percepción sensorial, los ancianos presentaban un tiempo de reacción menor a la voz que acompaña las instrucciones que a la lectura de las directrices textuales.

La tabla 1 sintetiza la evaluación funcional del tutorial de terapia en el contexto del escenario especificado. La columna “Ejecución de la tarea” evalúa la ejecución de la tarea de tomar la medicación con el soporte de la herramienta, mientras que la columna “Soporte al servicio” permite evaluar hasta qué punto el servicio de iTutorials fue útil al usuario para realizar la tarea. Se ha usado para la evaluación una escala del 0 al 7, siendo 7 la mejor puntuación a obtener.

		Ejecución de la tarea					Soporte del servicio				
Servicio	Tarea	ID del voluntario					ID del voluntario				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Iberdiscap

iTutorials	*terapia*	5	5	5	5	6	4	2	5	1	5

Tabla 1. Resultado de la evaluación funcional del tutorial *terapia* con 5 voluntarios diferentes

Técnicamente, el tutorial de *terapia* fue servido por el sistema de agentes rápidamente tras su petición, lo que mantuvo al usuario mínimamente a la espera. Las comunicaciones resultaron eficientes, lo que permitió seleccionar la lista de tutoriales adecuada para el usuario eficazmente, enviando esta lista a la interfaz gráfica sin fallo alguno.

Discusión: Aunque la mayoría de los ancianos voluntarios se habituaron a la herramienta, se encontraron obstáculos en lo referente a la interacción con la pantalla táctil, dado que ninguno de ellos contaba con experiencia tecnológica previa. Por ejemplo, algunos de los usuarios trataron de usar directrices de voz después de terminar un paso para seguir adelante, pese a que la herramienta no trata con reconocimiento del habla. Sin embargo, después de las explicaciones adecuadas y ciertas pruebas, los usuarios llegaron a usar la aplicación eficientemente y sin soporte de otras personas. Es por ello que el escenario 1 fue muy provechoso para poder detectar dificultades inminentes y mitigarlas en una fase temprana, cuando todavía era posible rediseñar el sistema de acuerdo con los requisitos funcionales y no funcionales.

4. Conclusiones

En el ámbito de las tecnologías asistenciales, trabajos de investigación previos se han centrado en los sistemas compensatorios, la guía interactiva de las actividades diarias y la planificación adaptable de tareas sencillas. No obstante, ningún sistema ha integrado estas funcionalidades con mecanismos de la inteligencia ambiental y técnicas de personalización para diseñar un sistema cohesionado centrado en la asistencia de población anciana con discapacidades cognitivas en la ejecución de sus rutinas básicas diarias adaptado a las necesidades individuales de cada usuario. En este sentido, se destaca este proyecto como innovador.

En el contexto mencionado, los buenos resultados obtenidos durante la experimentación en un entorno simulado con pacientes reales cuyas habilidades cognitivas se ven comprometidas, demuestran su efectividad como herramienta de apoyo en la asistencia de este tipo de individuos. Particularmente, se constata la utilidad de los *iTutorials* en la integración con dispositivos móviles que permitan la movilidad del usuario, liberando así al cuidador/a de un soporte constante y potenciando la autonomía del paciente.

Pese a que la intervención de las tecnologías asistenciales no es aún frecuente en la práctica médica, su amplia aplicación bien justifica su papel relevante en la soporte a la población anciana

Iberdiscap

con afecciones a nivel cognitivo y motriz. El éxito de los *iTutorials* como servicio adaptable al perfil médico variable del paciente así como a la localización del mismo dentro de su ambiente preferido establece las bases para el refinamiento del grado de personalización que la herramienta ofrece, así como su integración en el ambiente preferido del individuo de forma que su calidad de vida se vea mejorada mediante la ejecución de actividades de la vida diaria.

Referencias

[1] R. Annicchiarico, U. Cortés, and C. Urdiales, Birkhauser, *Agent Technology and e-Health*, eds., 2008.

[2] R. Annicchiarico, F. Campana, A. Federici, C. Barrué, U. Cortés, A. Villar, y C. Caltagirone, 'Using scenarios to draft the support of intelligent tools for frail elders in the share-it approach', en *IWANN (1)*, pp. 635–641, 2009.

[3] U. Cortés, R. Annicchiarico, C. Urdiales, C. Barrué, A. Martínez, A. Villar, y C. Caltagirone. Supported Human autonomy for recovery and enhancement of cognitive and motor abilities using agent technologies. en W. Series in Software Agent Technologies and Autonomic Computing., editors, *Agent Technology and e-Health*, pp 117–140, 2007.

[4] C. Rubio. *SHARE-it Intelligent Tutorials*. Facultad de Informática de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 2010.

Iberdiscap

ADiBAS: Sistema Multisensor de Adquisición Automática de Datos Corporales Objetivos, Robustos y Fiables para el Análisis de la Postura y el Movimiento

Miguel Reyes[1,3], José Ramírez-Moreno[2], Juan R. Revilla[2], Petia Radeva[1,3], y Sergio Escalera[1,3]

[1] Depart. De Matemàtica Aplicada i Anàlisi, Universitat de Barcelona, Gran Via de les Corts Catalanes 585, 08007, Barcelona. e-mail: mreyese@gmail.com

[2] Instituto de Fisioterapia Global Mezières, Guillem Tell 40 Entlo. 2ª, 08006 Barcelona. e-mail: {joseramirez,jrevilla}@kinemez.com

[3] Centro de Visión por Computador, Campus Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici O, 08193, Bellaterra, Barcelona. e-mail: {petia,sergio}@maia.ub.es

Resumen.

El análisis de la postura y del rango de movimiento son fundamentales para conocer la optimización del gesto y mejorar, de este modo, el rendimiento y la detección de posibles lesiones. Esta cuantificación es especialmente interesante en deportistas o en pacientes que presentan alguna lesión neurológica o del sistema musculo-esquelético, ya que permite conocer el proceso evolutivo de estos pacientes, evaluar la eficacia de la terapia aplicada y proponer, en caso necesario, una modificación del protocolo de tratamiento. En este trabajo presentamos un sistema automático que permite, mediante una tecnología no invasiva, la captación automática de marcadores LED situados sobre el paciente y su posterior análisis con el fin de mostrar al especialista datos objetivos que permitan un mejor soporte diagnóstico. También se describe un sistema analítico de la postura corporal sin marcadores, donde su ejecución durante secuencias dinámicas aporta un alto grado de naturalidad al paciente a la hora de realizar los ejercicios funcionales.

Palabras clave: Análisis Corporal,Visión por Computador, Biometría Digital, Análisis Automático Objetivo.

1. Introducción

Durante el proceso de la extracción de la información referente a la postura y el gesto debemos realizar una representación objetiva, precisa y máximamente descriptiva para posteriormente elaborar un análisis valorativo por parte del experto. Las prácticas actuales para analizar la postura de forma automática son caras e invasivas y en algunos casos requieren de voluminosas instalaciones.

El problema de obtener una información precisa y fiable de la postura corporal es debido a la morfología móvil, no rígida y articulada de la que está compuesto el cuerpo humano. De esta forma es difícil encontrar una herramienta de medición que se adapte a las diferentes y múltiples configuraciones que puede adoptar la postura corporal. Es en este momento donde aparece la biometría digital. La biometría digital se define

Iberdiscap

por la Sociedad Americana de fotogrametría como: "la tecnología para obtener información fiable de los objetos físicos o del entorno, a través del registro de las imágenes, se realiza la medición o interpretación". Los sistemas basados en esta tecnología son capaces de estimar alteraciones morfológicas o funcionales, siendo un acceso recurso para los profesionales de los expertos de la salud. La solución mayormente adoptada es la utilización de una instalación con múltiples cámaras [1,2] aplicando el concepto de visión estéreo sobre una previa configuración y calibración de las cámaras. Este sistema es costoso, voluminoso y no portable. Además, suele requerir de ciertas condiciones de iluminación muy restringidas, aunque tienen la ventaja de ser poco invasivos, ya que suelen utilizar pequeños marcadores ligeros reflectantes. La alternativa a este sistema comúnmente más utilizada es el uso de acelerómetros [3]. Esta solución también suele ser costosa e invasiva, ya que éstos suelen ser de grandes dimensiones e incluso no pueden colocarse en cualquier parte del cuerpo ni obtener mediciones espaciales en posiciones estáticas. Además, suelen dar resultados poco precisos debido a la complejidad de las articulaciones multiaxiales.

1.1 Aportación

En este trabajo presentamos ADiBAS, un sistema de medición robusto sobre las diferentes localidades del cuerpo humano, siendo económico y fácilmente personalizable a las necesidades de análisis de los diferentes usuarios. Una de las principales ventajas del sistema propuesto es ser mínimamente invasivo.

En el campo de la actividad física y el deporte, tanto para el profesional como para el amateur, es importante conocer la dinámica del gesto para optimizar los recursos energéticos, los resultados y prevenir futuras lesiones tan frecuentes entre los deportistas. La magnitud de las velocidades y aceleraciones angulares asociadas a las actividades deportivas son captadas por el sistema propuesto a través de la identificación automática de los LEDs situados en el cuerpo del deportista y/o en el aparato utilizado. Así por ejemplo, deportes como el ciclismo en el que se puede pedalear durante muchas horas, es importante la adecuada adaptación de la posición del ciclista en la bicicleta si se quieren evitar posibles lesiones. En otras actividades como andar, correr, saltar, lanzar, chutar, etc., la captura del movimiento proporciona una herramienta muy útil para el análisis clínico o con fines de investigación. De este modo, se pueden conocer los efectos de ciertos aparatos ortopédicos, instrumentos propios de cada deporte, la mejora en el rendimiento, la prevención de lesiones o la reincorporación a la actividad del deportista.

En rehabilitación es importante mantener la atención y participación del paciente. Esto se consigue gracias a la interfaz desarrollada para cada patología. La visualización en la pantalla del ordenador del movimiento en tres dimensiones proporciona un entorno de retroalimentación específico para cada paciente. Este biofeedback utilizado por nuestro software es especialmente relevante porque, de este modo, se produce una mayor integración sensitivo-motriz, una mejora de la neuroplasticidad, una mayor eficacia en el rendimiento del gesto y, en consecuencia, una recuperación más precoz, más corta y más amena. De la misma forma, el sistema de análisis en tiempo real que proporciona nuestro software ofrece al especialista una información útil sobre pacientes con problemas neurológicos tales como: accidentes cerebrovasculares, traumatismos craneales, enfermedades con alteración del equilibrio; pacientes geriátricos para la prevención de caídas, ejercicios de activación motora; traumatología y reumatología en deformidades de la columna vertebral, intervenciones quirúrgicas protésicas, lesiones músculo-esqueléticas, etc.

Inédito

2. Metodología

El sistema propuesto se compone de un multisensor y un ordenador de sobremesa o portátil. El multisensor contiene un láser infrarrojo y una cámara de vídeo RGB. La cámara de vídeo usa SVGA de 8 bits a 30Hz, con una resolución de imagen de 640x480píxeles. El láser de infrarrojos se combina con un sensor CMOS

monocromo que captura datos 3D del entorno. Para obtener los datos 3D, el sensor infrarrojo dispara una nube de puntos contra el entorno. Cada píxel de profundidad es calculado entonces a través de la diferenciación de los píxeles distribuidos a más resolución. Este valor es inversamente proporcional al radio de la Gausiana sobre cada punto, el cual es linealmente proporcional a la profundidad real de cada píxel. La sensibilidad del sensor ha sido testeada en un rango de entre 1 a3,5 metros, con un angular de de 57 y 43 grados en los ejes horizontal y vertical, respectivamente. En relación a la implementación del sistema que gestiona la comunicación con los sensores, se han usado las librerías de libre distribución OpenNI y OpenCV, dentro de un entorno gráfico de programación de código libre Qt basado en lenguaje C++. El testeo del sistema se ha realizado en PCs ordinarios de capacidades estándar: sistema operativo Windows Vista/Windows 7 de 32 bits, con un equipamiento hardware de procesador Intel i3 y 2GB de memoria RAM. El dispositivo multisensor utilizado se muestra a la derecha de la Figura 1.

Una de las ventajas de utilizar un sistema multimodal dotado de una cámara RGB y sensores de profundidad (D, del inglés Depth) es la obtención del espacio RGBD a través de la alineación de ambas, como se puede observar en la Figura 2. El análisis de este espacio nos permitirá realizar mediciones tridimensionales fiables a través de técnicas de visión por computador y técnicas de fotogrametría. Una de las ventajas del sistema adoptado es la opción de realizar cualquier medición del objetivo de las cámaras alineadas, ya que sobre cada punto de resolución que observa el usuario se poseen las coordenadas mundo en milímetros.

Figura 2. Visualización del espacio RGBD

2.2 Fases del sistema

Iberoscap

El desarrollo del proyecto se puede dividir principalmente en dos etapas. Una primera etapa basada en técnicas de fotogrametría digital, las cuales nos permitirán realizar medidas reales sobre imágenes enfocadas en ángulo libre, es decir, realizaremos medidas tridimensionales precisas sin tener que colocar la cámara de una forma específica, tan solo enfocando el objetivo a realizar las medidas. Esta libre localización de la posición de la cámara nos permite una gran portabilidad del sistema, permitiendo su utilización en escenarios de diferentes dimensiones. Aunque el usuario no debe realizar ninguna calibración para obtener medidas precisas, el proceso de calibración es realizado previamente con el fin de obtener los parámetros intrínsecos de la cámara y los diferentes coeficientes de distorsión de la cámara. La segunda fase del desarrollo del proyecto se refiere al proceso de automatización de captación de marcadores, donde intervienen técnicas de visión por computador. Esta fase de automatización dota de novedad al sistema, ya que ninguno de los sistemas de biometría digital examinados detecta los marcadores automáticamente, sino que el usuario debe inicializar la posición de cada marcador. Creemos que la detección automática es una de las características principales del sistema, proporcionando un ahorro de tiempo al usuario del sistema, como la posibilidad de establecer y asociar protocolos de postura personalizados por el experto en salud.

Calibración: Pretendiendo realizar mediciones con un alto grado de precisión primeramente debemos corregir las distorsiones de la cámara. Existen tres tipos de distorsiones en fotogrametría: la distorsión esferoide, un efecto de lente en el que las líneas rectas se curvan hacia los bordes, la distorsión en corsé, teniendo el efecto opuesto, y distorsión por descentramiento debido a la falta de coincidencia de los centros de curvatura de las lentes con el eje óptico del objetivo, es decir, a la falta de colinearidad de los centros. Tanto para obtener estos coeficientes como para los parámetros intrínsecos de la cámara, los cuales modelan la geometría interna de la cámara y las características ópticas de la lente, utilizamos una plantilla de calibración cuadriculada de medidas preestablecidas. A través de restricciones epipolares y trilineales entre pares y tripletas de imágenes se estiman los coeficientes de distorsión [4],en cuanto para la obtención de los puntos de la plantilla se utiliza un algoritmo de extracción esquinas muy preciso [5]. Una vez corregida la lente, son necesarios los parámetros intrínsecos de la cámara, los cuales determinarán las coordenadas de un punto en la imagen a partir de la posición del punto en la escena respecto del sistema de coordenadas de la cámara, es decir, el modelo pin-hole [6].

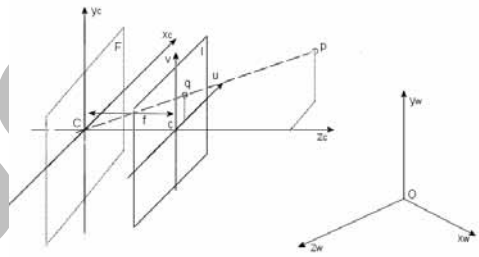


Figura 3. Representación geométrica del modelo PIN-HOLE

Para el modelo pin-hole de la cámara se va a tomar el punto c como origen de medidas en la imagen. Se fija un sistema de coordenadas 3D para el escenario (o,{xw,yw,zw}), otro sistema de coordenadas 3D para la cámara (o',{xc,yc,zc}) y otro 2D en el plano de la imagen (c,{u,v}). El eje óptico está alineado con el eje Z del sistema de referencia de la cámara tal como se observa en la Figura 3. Las coordenadas de los puntos de interés en el espacio están referidas al sistema de coordenadas del escenario (o,{xw,yw,zw}) y sus correspondientes posiciones en la imagen están referidas respecto al sistema de coordenadas de la misma (c,{u,v}). Para conseguir las coordenadas mundo, la solución se base en hallar la transformación lineal entre las coordenadas cámara a través de los coeficientes de los valores intrínsecos y las coordenadas

mundo [7]. Una vez obtenidos los valores intrínsecos, para obtener una coordenada mundo utilizamos la ecuación 1.

$$x_w = \frac{(u - x_c) * z_w}{f_x};\ y_w = \frac{(v - y_c) * z_w}{f_y} \quad (1)$$

Como último apartado referente a la fotogrametría del sistema, cabe destacar la alineación entre la cámara RGB y la cámara de profundidad. Debido a que en nuestro hardware multisensor vienen incorporadas juntas, y aunque el middleware OpenNI realiza una alineación bastante precisa, existen zonas donde la alineación no es del todo precisa para cubrir nuestros objetivos de medición. Para ello necesitamos una matriz de transformación capaz de interpolar la posición de punto de la cámara RGB sobre el sensor de profundidad. Con este fin, construimos una matriz de homografía ***H*** a través del método no lineal de mínimos cuadrados [8]. Para la composición de esta transición se realiza una recolección manual de 100 puntos correspondientes entre ambas cámaras.

Detección de marcadores: Una de las principales aportaciones del sistema desarrollado es la detección automática de marcadores corporales. Cada marcador está compuesto por una pila botón recargable IR2032 de 20 mm de diámetro con su correspondiente portapila, un microinterruptor y un LED de 3mm color blanco frio, 6000-8000mcd, 3V y 20mW. Este ensamblado permite una duración de alta luminosidad máxima de 2 horas. Con el fin de evitar tener que acondicionar la iluminación del escenario, se incorpora al sistema multisensor, externamente, un filtro infrarrojo digital de 850nm. Esta configuración permite captar los marcadores LED de forma instantánea, debido a que la luz infrarroja es altamente diferenciable del resto del escenario. Estos elementos del sistema se muestran a la izquierda de la Figura 1. Para evitar posibles falsos positivos del escenario, se pre-procesa la imagen, ejecutando primitivas de suavizado y eliminación de valores tenues y cambio de escala de color a HSL. Se utiliza un espacio de color diferente al RGB, en este caso HSL, por su mayor discriminación entre colores, aumentando la precisión de detección y disminuyendo ambigüedades. Posteriormente, se analizan las formas y siluetas resultantes, descartando aquellas que sean incoherentes con la silueta de un marcador LED, obteniendo su centro de masa. Este centro es el que mantendremos como referencia del marcador LED para el análisis global. Una vez recogidos todos los marcadores corporales, el sistema compara la estructura de puntos extraída de las configuraciones personalizadas y guardadas previamente por el experto, a las que nombramos protocolos de postura. Cuando el sistema encuentre coherencia de estructura postural con un protocolo, éste sólo mostrará aquellas medidas y ángulos de interés requeridos por el protocolo.

3. Resultados y discusión

Para la validación del sistema propuesto analizamos dos características: la captación de marcadores y la precisión de las mediciones tridimensionales (tanto en distancias milimétricas como en grados para cada tripleta de puntos). Cabe destacar que se ha realizado un protocolo de validación exhaustivo, mediante la utilización de herramientas de medición certificadas y homologadas, así como la participación de diferentes examinadores. Para el estudio de validación el sistema se ha diseñado un conjunto de pruebas altamente variado en configuraciones de posición. Para reflejar una situación lo más realista posible, el escenario de validación es un centro asistencial de rehabilitación funcional. Los marcadores corporales se han colocado simulando un paciente de dimensiones estándar.

Principalmente el sistema multisensor se evalúa en posición horizontal y vertical. El hecho de probar el sistema en posición vertical es debido a que obtiene una mayor resolución horizontal, propiedad aprovechable en cuanto al análisis de sujetos en posición vertical. Una de las características del sistema que estamos interesados en analizar es su rendimiento bajo diferentes distancias entre sujeto y dispositivo

Ibersiscap

multisensor. Bajo las diferentes distancias, se abre un abanico de combinaciones a partir de la rotación sobre los ejes verticales y horizontales del sistema. Se ha diseñado un protocolo de captación y medición basado en la colocación de cuatro triángulos. El objetivo de cada prueba es localizar cada uno de los tres vértices, para posteriormente obtener las distancias y ángulos entre los vértices de cada triangulo. Las combinaciones realizadas sobre cada una de las pruebas consisten en rotaciones de 20 grados en sentido este y oeste sobre el plano el eje horizontal del dispositivo multisensor, rotaciones de 20 grados en sentido norte y sur sobre el plano vertical, y desplazamientos de 50 cm del dispositivo sobre el plano perpendicular al objetivo.

DISTANCIAS LONGITUDINALES						
Distancia Kinect – Objeto	1,3 metros		1,9 metros		2,2 metros	
Posición Kinect	H	V	H	V	H	V
Captación Marcadores	6/6	9/9	9/9	12/12	12/12	12/12
Promedio error absoluto mm	1.07	1.55	1.55	2.48	2.99	3.18
Promedio error relativo %	0.54	0.84	0.84	1.41	1.75	1.94
Standard Error Measurement %	1.12	1.44	1.44	1.01	2.22	1.01

Tabla 1. Resultados de la fase de validación referentes a longitudes

ANGULOS						
Distancia Kinect – Objeto	1,3 metros		1,9 metros		2,2 metros	
Posición Kinect	H	V	H	V	H	V
Captación Marcadores	6/6	9/9	9/9	12/12	12/12	12/12
Promedio error absoluto°	0.51	0.75	0.75	1.04	1.24	1.15
Promedio error relativo %	0.99	1.38	1.38	2.06	2.03	1.99
Standard Error Measurement %	0.36	0.47	0.47	0.90	0.77	0.90

Tabla 2. Resultados de la fase de validación referentes a ángulos

Uno de los primeros rasgos que se observan en las Tablas 1 y 2 de los resultados obtenidos, es que la precisión del sistema varía dependiendo de la distancia entre el sujeto y el dispositivo multisensor. Observamos que a mayor proximidad, mejor precisión obtenemos en las medidas tridimensionales. Otra característica referente a la detección de marcadores, es que necesitamos una distancia de 1.9 metros

para poder detectar la totalidad de estos, que es el caso más semejante a una persona real. En cuanto a la propia detección, aseguramos que el método es suficientemente robusto ya que en todas las pruebas se han detectado todos los marcadores que estaban dentro del campo de visión del sistema multisensor. Finalmente en la Figura 4 se muestran ejemplos de detección automática de marcadores para diferentes protocolos de postura y número de puntos. Se puede apreciar la robustez en la detección. En la interfaz del sistema se muestra la distribución numerada de los puntos detectados, y todas las métricas obtenidas (en distancias y ángulos) se formatean y guardan en hojas de cálculo para su posterior análisis por parte del especialista.Con la intención de analizar en profundidad los datos obtenidos, comparamos nuestros resultados con trabajos reciente del mismo tópico [9], en el cual utilizan un sistema multisensor de altas prestaciones y con una inicialización manual de los marcadores. También se compara nuestro sistema con los sistemas multicámara [1] anteriormente comentados. Los valores de la comparativa se muestran en la Tabla 3. En [1] se describe uno de los trabajos más avanzados y recientes del estado del arte sobre sistemas multicámara. La metodología empleada de [1] es utilizada en grandes producciones cinematográficas dada su elevada precisión. Esta alta precisión se consigue mediante la combinación de resultados de múltiples cámaras. La comparativa se realiza en función de la precisión en obtener ángulos tridimensionales sobre estructuras articuladas.

Método	Error medio de métrica
Measurement of Angles in Time-of-Flight Data for the Automatic Supervision of Training Exercises	15º
The Multiple-Camera 3-D Production Studio 3 camaras	2,3 cm
The Multiple-Camera 3-D Production Studio 9 camaras	1,2 cm
The Multiple-Camera 3-D Production Studio 27 camaras	1.5 mm
The Multiple-Camera 3-D Production Studio 45 camaras	<0.5mm

Tabla 3. Comparativa de métodos de análisis postural

El caso de más fácil comparativa es con el trabajo presentado en [9], ya que se ha testeado sobre un contexto muy parecido al nuestro. En cambio, el trabajo [1], no ha sido validado sobre un contexto de realización de mediciones, sino el objetivo del sistema es realizar un modelado tridimensional de los objetos del escenario lo más realista posible, usando una metodología mucho más invasiva y costosa. En la figura 4 podemos observar algunas resultados obtenidos sobre casos reales. En la figura 4 a) y b) se analiza la postura de un paciente real sobre una vista frontal, mientras que en d) y e) se analiza el plano perfil del paciente. La figura 4 c) forma parte del conjunto de pruebas para completar la fase de validación.

4. Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo hemos presentado ADiBAS, un sistema de medición tridimensional capaz de obtener información métrica fiable de la postura corporal. Analizando los valores obtenidos de la fase de validación demostramos que estamos ante un sistema robusto, capaz de detectar los marcadores corporales bajo diferentes configuraciones de instalación del escenario. Destacamos que los valores obtenidos de las métricas de la fase de validación, en términos de detección automática de marcadores, distancias y ángulos, son lo suficientemente fiables como para elaborar estudios clínicos sobre pacientes reales. También cabe destacar que el sistema final obtenido cumple tanto con los requisitos económicos como de

portabilidad, siendo no invasivo, lo que hace del sistema final un elemento práctico y de fácil instalación para trabajar en diferentes campos del análisis de la salud física.

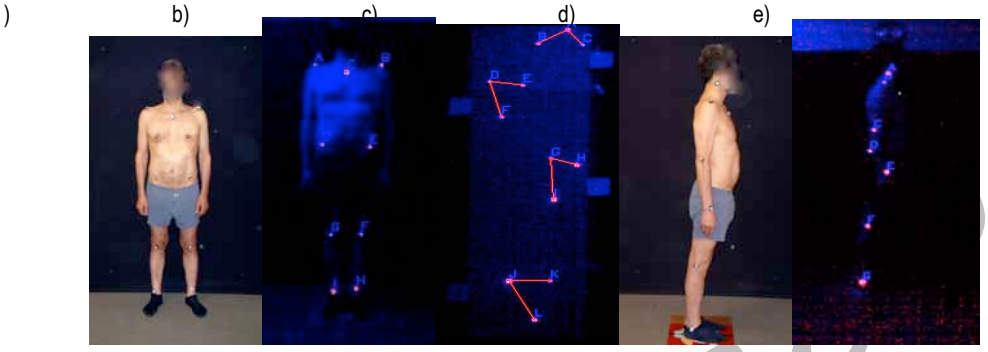


Figura 4 a), b), d), y e) Casos prácticos de la detección de marcadores sobre sujetos reales, c) Estructura de los marcadores en el protocolo de validación

Durante el desarrollo del sistema se han detectado ciertas restricciones que se deben cumplir para obtener fiabilidad en los datos. Ya que nuestro sistema es similar en metodología a los sistemas basados en multicámara, es susceptible a las mismas situaciones críticas, como por ejemplo las oclusiones. Se debe tener en cuenta que aquellas zonas que quedan ocluidas al objetivo del dispositivo multisensor no dispondrán de datos de medición fiables. Por lo tanto, una restricción para elaborar una medición fiable es que todos los marcadores corporales sean visibles por el dispositivo de captura.

Dado que la detección de marcadores corporales es efectiva, el software adquiere un mayor acercamiento al experto, mostrando los datos de interés previamente configurados por éste. Este aporte dota al sistema de síntesis analítica y ahorro de tiempo al experto en salud. Esta característica provoca que el software sea altamente adaptable a las necesidades de cada paciente, abriendo así un amplio abanico de aplicaciones del sistema.

Una de las líneas actuales en desarrollo consiste en el análisis automático inteligente de las trayectorias de movimiento de los marcadores de forma que se puedan hacer análisis automáticos sobre el rango de movimiento de los sujetos.

Referencias

[1] Jonathan Starck, Atsuto Maki, Shohei Nobuhara, Adrian Hilton, and Takashi Matsuyama, The Multiple-Camera 3-D Production Studio, IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, vol 19, no. 6, June 2009.

[2] Ivana Miki, Mohan Trivedi, Edward Hunter, Pamela Cosman, Articulated Body Posture Estimation from Multi-Camera Voxel Data, Computer Vision and Robotics Research Lab Department of Electrical and Computer Engineering University of California, San Diego, La Jolla, CA 92093.

[3] Kourosh Parsa, Jorge Angeles, and Arun K. Misra, Department of Mechanical Engineering and Centre for Intelligent Machines. McGillUniversity, Montreal. Canada. Proceedings of the 2001 IEEE. International Conference on Robotics & Automation. Seoul, Korea. May 21-26, 2001.

[4]Stein G. (1997) Lens distortion calibration using point correspondences. Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition p 602-608.

[5] Konstantinos G. Derpanis. Harris Corner Detector. International Journal of Computer Vision, October 27,2004.

[6]Andrea Busello, PIN-HOLE Camera Geometry, http://homepages.inf.ed.ac.uk/cgi/rbf/CVONLINE/, June 2002.

[7]Zhang Z. (1998) A flexible new technique for camera calibration. TechnicalReport MSR-TR-98-71, Microsoft Research

[8]Homography Estimation,David Kriegman, Computer Vision ICSE 252A, Winter 2007.

[9] S. Soutschek, J. Kornhuber Psychiatrische und Psychotherapeutische Klinik, Universit¨atsklinikum Erlangen, Germany A. Maier, S. Bauer, P. Kugler, J. Hornegger Lehrstuhl f¨ur Mustererkennung, Universit¨at Erlangen-N¨urnberg, Germany M. Bebenek, S. Steckmann, S. von Stengel, W. Kemmler Osteoporoseforschungzentrum, Institut f¨ur Medizinische Physik, Universit¨at Erlangen-N¨urnberg, German, Measurement of Angles in Time-of-Flight Data for the Automatic Supervision of Training Exercises.

Iberdiscap

Iberdiscap

Detección de Intención de Movimiento en un Exoesqueleto para Pacientes con Pérdida de Movimiento en los Miembros Inferiores

J. Villarejo[1], E. Caicedo[2], O. Campo[3]

[1]Universidad de Valle - PSI: Cali, Colombia,jvimayor@gmail.com

[2]Universidad de Valle - PSI:Cali, Colombia,eduardo.caicedo@correounivalle.edu.co

[3]Universidad Autónoma de Occidente – Grupo de Inv. en Ing. Biomédica: Cali, Colombia, oscampo@uao.edu.co

iberdiscap

Resumen.

Los procedimientos de rehabilitación de miembro inferior realizados manualmenterequieren un gran esfuerzo del terapeuta durante el control y laasistencia a los pacientes. Un exoesqueleto de miembros inferiores capaz de controlar y asistir los movimientos, brinda la posibilidad de realizar procedimientos más largos y repetitivos en los pacientes con debilidad muscular, haciendo más rápido y eficiente su proceso de recuperación. La detección de intención de movimiento en la interacción paciente-exoesqueleto permite un control inconsciente y transparente para el usuario. El presente trabajo, basado en un proceso de reconocimiento de patrones, presenta una metodología para detectarcambios de movimiento, aplicando Transformada Wavelet Packet (WPT), el método de Local DiscriminantBasis (LDB) y PCA para la extracción de características. Se presenta un clasificador basado en lógica difusa paradistinguir entre las transiciones de sedente a bípedo, bípedo a sedente y de marcha, obteniendo resultados de clasificación exitosa del 82%.

Palabras clave: EMG, Exoesqueleto, Local discriminantbasis, Reconocimiento de patrones, Wavelet.

1. Introducción

Una característica clave de nuestra autonomía como seres humanos es la movilidad, definida como la capacidad de moverse de forma independiente y segura de un lugar a otro [1]. La movilidad incorpora diferentes tipos de tareas, incluyendo la capacidad de levantarse de una cama o una silla, caminar o correr. Estas actividades son considerablemente complejas desde el punto de vista fisiológico y su correcto desempeño involucra la acción coordinada de muchos grupos musculares en todo el cuerpo. La recuperación de la independencia para movilizarse es el objetivo primordial en la mayoría de los procesos de rehabilitación, siendo la marcha una de las actividades más importantes y su desempeño funcional constituye generalmente la principal meta de los pacientes.

En rehabilitación se han adoptado diferentes modelos de intervención, hasta llegar finalmente a aquellos que conciben la rehabilitación como un proceso de aprendizaje motor, es decir, la adquisición de capacidades para realizar acciones con destreza, como resultado de la experiencia y la práctica, produciendo cambios permanentes en el comportamiento.

El aprendizaje, adquisición y retención de tareas motoras específicas genera cambios estructurales en el cerebro del adulto; las conexiones neuronales se remodelan continuamente por la experiencia y la utilización selectiva y repetitiva de partes del cuerpo en actividades funcionales relevantes [2].

Los procesos de rehabilitación en la actualidad presentan importantes limitaciones como los tiempos reducidos para la práctica de las actividades funcionales dentro de las sesiones de terapia. Asimismo, la dificultad para garantizar la práctica consistente de la actividad, aún en presencia permanente del terapeuta, genera dificultades para mantener estímulos constantes que son necesarios para obtener la misma respuesta. Además, elpacientes neurológicos severamente comprometidos se dificulta dar soporte a todos los segmentos corporales que lo requieren para garantizar un buen alineamiento y estabilidad durante la práctica. Adicionalmente, se encuentran limitaciones en los procesos de medición de la condición del paciente y sus logros, que en la mayoría de los casos son de carácter subjetivo y no permiten dar cuenta de la evolución en el tratamiento.

Los sistemas de soporte a la marcha y el equilibrio pueden ayudar en el proceso de rehabilitación, durante el cual se requiere ejercitar las articulaciones para restaurar las funciones musculares y el control motor. Se ha demostrado mejoras significativas en los procedimientos de rehabilitación, tanto ortopédicos como neurológicos, al incluir dispositivos ortésicos para prolongar el tiempo de las sesiones terapéuticas y realizar procedimientos repetibles y precisos [3].

Algunos de estos dispositivos, tales como los exoesqueletos, buscan asistir al paciente de forma activa para permitirle ejecutar algunos movimientos que él solo sería incapaz de realizar, imprimiendo la fuerza complementaria necesaria mediante algunos actuadores que son controlados mediante un control de bajo nivel de acuerdo a la actividad en curso. Sin embargo, aunque el uso de las órtesis facilita las transiciones y contribuye a una marcha más rápida e independiente, en muchos casos no se logra una completa independencia en las habilidades necesarias para una deambulación funcional [4] debido a las deficiencias en la interfaz hombre-máquina.

Un exoesqueleto, especialmente diseñado para personas discapacitadas, no puede ser completamente controlado por el paciente para evitar comportamientos no deseados del sistema. En este caso, el sistema de control debe tomar algunas funciones adicionales, por ejemplo, mantener la estabilidad de la postura y el equilibrio [5]. Es necesario desarrollar una interfaz entre el dispositivo y el paciente, que sea intuitiva y permita un control continuo del exoesqueleto para facilitarle al paciente permanecer en pie, caminar y subir escaleras mientras mantiene una posición estable. Estas son tareas complejas y dinámicas. En la mayoría de los desarrollos el movimiento deseado se reconoce por sensores de fuerza en el humano y la estructura mecánica, o por bioseñales tomadas del paciente. Las diferencias entre las aproximaciones están en la interpretación de las señales y los algoritmos de control[6].

Actualmente, se viene desarrollando el proyecto "*Exoesqueleto Para Rehabilitación Asistida de Pacientes con Pérdida Parcial o Completa del Movimiento de los Miembros Inferiores, Fase 1: Equilibrio*", que pretende construir un nuevo prototipo de exoesqueleto de miembros inferiores que se ajuste a nivel del tronco, con cadera y rodillas actuadas que permita equilibrar en pie a un individuo. Este prototipo permitirá movilizar los segmentos del miembro inferior, asumir la carga corporal durante el movimiento y sostener a las personas durante determinada postura. El fin último es asistir y controlar los movimientos de un paciente en rehabilitación, ajustando los parámetros de acuerdo a la terapia en cuanto a amplitud de movimiento, fuerza y velocidad.

El exoesqueleto cuenta con cuatro actuadores, dos motores en las articulaciones de rodilla y otros dos en cada lado de la cadera. La instrumentación del sistema cuenta con sensores de ángulo de efecto Hall para las articulaciones de cadera, sensores de presión resistivos FSR, de aceleración lineal triaxiales y un giróscopo triaxial. Adicionalmente cuenta con 4 canales de captura electromiográfica, 2 para cada extremidad. Los actuadores y los sensores se conectan al procesador principal a través de nodos

concentradores distribuidos en la estructura mecánica. A su vez, el procesador principal se conecta de forma inalámbrica con un PC, donde se visualiza y registra la evolución de las variables y se envían órdenes a los actuadores. Las rutinas de control son ejecutadas en el procesador principal, de acuerdo con las terapias y parámetros seleccionados desde una interfaz de usuario en el PC.

Las estrategias de control que han sido planteadas para el exoesqueleto,se basan únicamente en un esquema de bajo nivel relacionado con el manejo de los actuadores, más no se toma en cuenta la participación del paciente para la selección de la estrategia de control a utilizar.Estudios realizados utilizan la activación de patrones de señales Electromiográficas (EMG) de los músculos del paciente, con el propósito de cooperar en el movimiento y en el aprendizaje de la actividad muscular [7].Otros estudios han utilizado las señales Electromiográficas superficiales(sEMG) para reconocer la intención del movimiento ejecutado por una persona y generar acciones binarias para controlar trayectorias de movimiento[8].

Las señalessEMGpermiten obtener información de la actividad eléctrica en los músculos y su grado de contracción durante un movimiento específico. La intención de movimiento de una persona puede ser detectada a partir de su análisis. En un paciente con pérdida de movilidad, aunque no realice movimiento constante en sus miembros inferiores,es posible encontrar información remanente en sus músculos residuales para reconocer patrones de movimiento, comparables con los de una persona sana [9].

El fin último de este trabajo es obtener un sistema de control de alto nivel, que seleccione la trayectoria que deben seguir los actuadores en una rutina de rehabilitación determinada. Reconocer la intención de la persona facilitaría la adaptación a estos sistemas y la ejecución continua de diferentes tareas de manera transparente para el usuario.

Este artículo presenta un desarrollo parcial, que incluye la captura y procesamiento de señales sEMGdurante las transiciones de sedente a bípedo, bípedo a sedente y marcha,y la aplicación de técnicas de inteligencia computacional para la clasificación de patrones de intencionalidad de movimiento.La implementación de las técnicas desarrolladas en el prototipo físico depende de la posibilidad de su ejecución en tiempo real, de modo que para el paciente el uso del exoesqueleto se haga de forma inconsciente respecto a su interacción. El propósito principal es validar las estrategias y algoritmos empleados,para ser utilizados en un trabajo posterior que incluya la clasificación con las otras actividades mencionadas anteriormente.

2. Metodología

2.1 Descripción del problema

Dada la aplicación del exoesqueleto en el campo de la salud, un grupo de fisioterapeutas determinaron las actividades terapéuticas que se podrían realizar con pacientes [10] yse tomaron en cuenta principalmente las tareas relacionadas con los programas de fortalecimiento muscular y neurorehabilitación.Para el entrenamiento en programas de fortalecimiento muscular se consideraron los ajustes de resistencia al movimiento activo-asistido en cada arco de movimiento. Por su parte, en neurorehabilitación se pueden realizar una gran variedad de facilitaciones de tareas motoras, destacando principalmente la transición de sedente a bípedo, reeducación de marcha, acondicionamiento físico en general y optimización de la funcionalidad en actividades de la vida diaria y básicas cotidianas (desplazamientos y traslados).

Con base en lo anterior se propone identificar la intención de movimiento durante la realización de distintas actividades, como las transiciones de sedente a bípedo y bípedo a sedente, marcha, y en un futuro, ascenso y descenso de escalones y pendientes.

Iberdiscap

En el trabajo realizado por Rivas [10] se determinaron los parámetros que aportan mayor información para la detección de intencionalidad en las trayectorias definidas. Estos parámetros,obtenidos a partir de señales biológicas, variables cinéticas y cinemáticas, son:

- Señales de electromiografía de superficie (EMGs)
- Angulo de articulación de tobillo
- Angulo de articulación de rodilla
- Velocidad angular de rodilla
- Presión en cuatro puntos de la planta del pie
- Torque de articulación de cadera
- Torque de articulación de rodilla

La principal población de pacientes candidatos a usar el exoesqueleto son aquello con parálisis incompleta, que conserven rango de movilidad articular normales y pacientes con Trauma Raquimedular(TRM) con compromiso motor entre L1 y L4.

Según un estudio comparativo entre sujetos sanos y pacientes con debilidad muscular [10], durante la transición de sedente a bípedo, el torque de la rodilla de un paciente con hemiparesia derecha respecto a una persona sana, llega a ser 2.6 veces mayor hacia la extensión. Esta diferencia se debe al movimiento oscilatorio realizado en los miembros superiores para impulsar el cuerpo hacia arriba. Aunque el paciente presenta falta de control de fuerza muscular logra activar el movimiento inicial, especialmente para la sinergia flexora. De igual forma, en un paciente con trauma raquimedular nivel L2 se encuentran cambios en los arcos de movimiento de rodilla durante la actividad que no son debidos a la acción muscular correspondiente.

A partir del estudio basado en el torque y los arcos de movilidad de las articulaciones de rodilla y cadera se determinó realizar un estudio inicial con personas sanas para obtener posiciones de referencia, antes de hacer pruebas en el exoesqueleto con pacientes.

El presente estudio toma en cuenta la información obtenida de los canales EMG para el reconocimiento de patrones, mientras que el ángulo de rodilla y la presión en la planta del pie fueron utilizados para identificar las fases del movimiento y para relacionar cada patrón con la actividad correspondiente.

2.2Implementación del sistema

Para lograr una aplicación de detección e identificación de los eventos en tiempo real se requiere un análisis con técnicas eficientes para el reconocimiento de patrones EMG que incluyen técnicas de extracción de características y de clasificación. Los patrones EMG son usados como acciones binarias para controlar trayectorias de movimiento.

La estrategia planteada para el reconocimiento de patrones se presenta en la figura 1 y los principales bloques que lo componen son: pre-procesamiento y extracción de características EMG, selección y proyección de características y por último, clasificador. La extracción de un conjunto de vectores de características EMGse realiza mediante un análisis de tiempo-frecuencia. La selección y proyección ayuda areducir el alto coste computacional durante la extracción de características, utilizando el método de *Local DiscriminantBasis* aplicado en diferentes trabajos de reconocimiento en sEMG (LDB) [11], [12].Adicionalmente, se emplea el método de *Análisis de Componentes Principales* (PCA) para reducir el tamaño de los datos y simplificar la tarea del clasificador. De esta manera, se conserva la información importante para diferenciar las clases y se descarta la que sea irrelevante. Por último, un clasificador basado en lógica difusa (LD) asocia cada vector de características al patrón correspondiente de acuerdo al movimiento realizado.

Iberdiscap

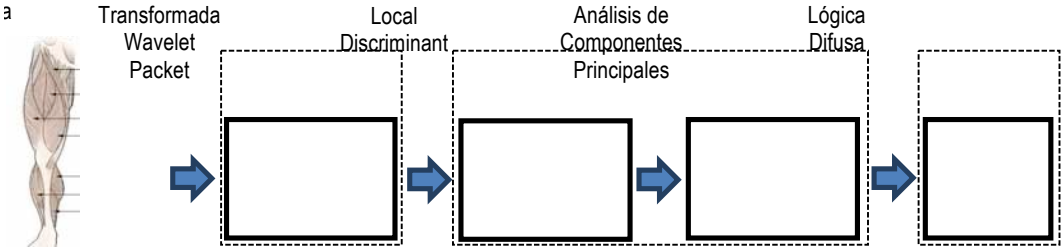


Figura 1. Esquema General del Reconocimiento de Patrones EMG.

La Transformada Wavelet ha sido aplicada ampliamente para la detección de eventos con señales EMG[11], [12], [13]. La Transformada Wavelet Packet(WPT) es una extensión de la Transformada Wavelet Discreta que permite caracterizar señales no estacionarias con diferentes componentes frecuenciales tales como las señales EMG [14].Mediante la WPTse obtiene un mapa de características espectrales de la señal en los dominios de tiempo y frecuencia.

2.3 Algoritmo Local DiscriminantBasis (LDB)

El algoritmo de Local DiscriminantBasis se basa en el paradigma de BestBasisdescrito en [12], el cual permite una rápida búsqueda de las mejores bases ortonormales, dentro del diccionario obtenido con la WPT, que mejor representan la señal original.Con esto se puede obtener la máxima separabilidad de las clases con pocos parámetros, mejorando la exactitud y la velocidad de respuesta de los clasificadores.

En resumen, el algoritmo LDB consiste en los siguientes pasos:

1. Selección de un diccionario de bases ortonormales, especificando el nivel de descomposición J y el nodo correspondiente a la medida discriminante aditiva D.
2. Cálculo de los mapas de tiempo-frecuencia c para las clases c=1,…,Nc, a partir de la WPT.
3. Cálculo de la distribución de energía de tiempo-frecuencia a partir de las diferencias o distancias de cada uno de los nodos de un mapa con respecto a los mapas de cada una de las otras clases.
4. Se aplica el algoritmo de BestBasis, correspondiente a seleccionar la mejor base de acuerdo a su poder discriminante.
5. Se toman las bases de mayor poder discriminante como entrada para los clasificadores.

El primer paso en este algoritmo consiste en calcular los mapas de energía de tiempo-frecuencia para cada clase. Se tiene entonces que:

$$\{f_i^{(c)}\}_{i=1}^{N_c}$$

representa un subconjunto de señales de entrenamiento pertenecientes a una clase c. Un mapa de tiempo-frecuencia para la clase c, denotado por c, es una matriz de valores reales donde:

$$\Gamma_c(j,p,l) = \sum_{i=1}^{N_c} \frac{\left(w_{j,l}^{p} f_i^{(c)}\right)^2}{\sum_{i=1}^{N_c} \left\|f_i^{(c)}\right\|^2}$$

para$j$=0,…,J; p=,0,…,2j-1, l=0,…,2n-j-1.

Se busca entonces acumular las energías de las bases y normalizarlas, para cada clase de forma independiente, y se forma una distribución de energía de tiempo-frecuencia por clase.

Una vez calculados estos mapas se conforma un conjunto completo de bases ortonormales por medio de las diferencias entre los mapas a partir de una función de costo. Posteriormente se seleccionan las mejores bases por medio del algoritmo BestBasis, el cual encuentra un conjunto de bases wavelets que ofrecen la

Iberoscap

mejor representación de los datos en referencia a una función de costo dada. El objetivo de encontrar una de estas bases es evitar la descomposicióninnecesaria en los siguientes niveles.

El valor de entropía de Shannon se usa para medir la eficiencia de cada subespacioque representa la señal. Este parámetro indica qué tan bien representa una base a la señal original, pero para problemas de clasificación, lo interesante es conocer cuáles de las bases pertenecientes al árbol de la WPT ofrecen mayor poder discriminante frente a las otras clases. El algoritmo de bestbasis emplea la función de costo conocida como *entropía relativa*, también conocida como distancia de *Kullbac-Lieber*.

$$I(p,q) = \sum_{i=1}^{n} \frac{p_i \log p_i}{q_i}$$

donde p y q corresponden a los coeficientes normalizados WjP obtenidos por la WPT para dos clases diferentes. Se emplea una versión simétrica dada por la divergencia D entre p y q, también conocida como divergencia de Kullback, y se define como:

$$D(p,q) = I(p,q) + I(q,p)$$

2.4 Clasificador basado en Lógica Difusa

El clasificador implementado se basó en un sistema difuso de tipo sugeno.Para su diseño, se definió un conjunto de funciones de membresía, las cuales relacionan los datos de entrada con cada una de las clases a distinguir. Un patrón EMG, representado como un vector de características, se considera como las entradas al sistema. Además se definió unasalida,que genera un valor continuo que representa la clase a la cual pertenece el patrón de prueba. Dado que la salida deseada debe expresarse como unvalor discreto, se realiza una aproximación al valor más cercano.

3. Resultados y discusión

Para la medición de la actividad muscular se utilizaron dos canales de captura sEMG. Los electrodos fueron ubicados sobre los músculos VastusLateralis (VL) y Recto Anterior (RA) del miembro inferior derecho. Se conformó una base de datos con los registros de diez repeticiones de cada movimiento,realizadas por tres personas sanas entre 25 y 30 años de edad.Las clases que se determinaron para ser diferenciadas representan la transición de sedente a bípedo (SB), de bípedo a sedente (BS) y el inicio de marcha (M).

La frecuencia de muestreo utilizada para la captura de las señales sEMG fue de 1Khz. Se aplicó un filtro pasobanda compuesto por dos filtros digitales: un filtro paso altoIIR Butterworth, con frecuencia de corte de 10Hz, y un filtro paso bajo IIR Elliptic, con frecuencia de corte de 450Hz. El filtrado tiene como propósito reducir componentes de ruido y realzar los componentes espectrales que contienen la información relevante para el análisis de datos. A fin de obtener una detección en tiempo real se tomaron fragmentos de cada señal correspondientes a 200ms para la extracción de características, para generar una respuesta a tiempo luego de la activación muscular, que no represente un retraso perceptible en la interacción del paciente con el exoesqueleto.

Se realizó una transformación con la WPTa cada una de las señales de la base de datos. Al comparar el comportamiento de diferentes Wavelets Packets, el más favorable fue del tipo Daubechies de orden 6 con 5 niveles de descomposición. Se construyó un mapa de energía para el sistema y se aplicó la función de costo de entropía relativa. Para la descomposición de las señales se siguieron los pasos mencionados anteriormente para el algoritmo de LDB.

Los resultados mostraron una mejor separabilidad entre los datos según se observa en la figura 2. Los

Iberdiscap

datos de cada clase son representados con un color distinto. Se observa entonces una mayor distribución de los datos en la figura derecha respecto a los de la figura izquierda. Para la representación gráfica se utilizaron los tres primeros coeficientes del mapa de energía debido a la limitación de tres dimensiones.

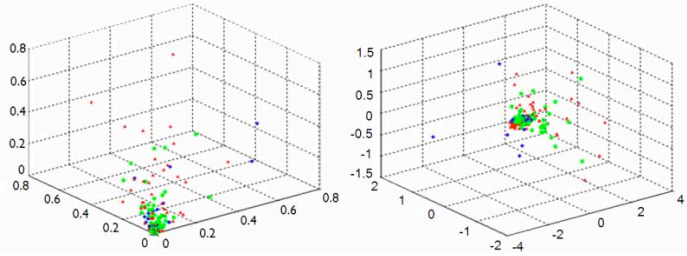


Figura 2. Separabilidad de los datos. Izquierda, antes de aplicar LDB. Derecha, luego de aplicar LDB.

Posteriormente, se aplicó la técnica de PCA tomando los primeros 10 componentes principales con mayor información, conservando el 95,6% de la información original. Con los datos obtenidos para cada registro EMG se conformó la matriz de patrones característicos con la que se entrenó el clasificador. Para el entrenamiento se consideró un conjunto de patrones aleatorios como elementos de entrenamiento y otro diferente como elementos de validación.

Los resultados obtenidos en la clasificación, representados en la figura 3, mostraron un error de clasificación del 8%. En la figura inferior el valor 1 representa la clase SB,el 2 BD y el 3 M. Se puede observar que el mayor número de falsos reconocimientos se obtuvo durante la transición de sedente a bípedo.

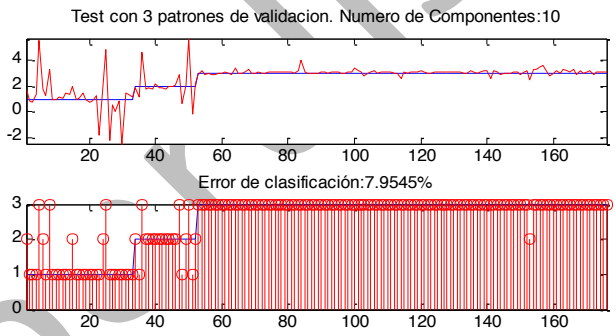


Figura 3. Resultados de clasificación para las clases 1 (SB), 2 (BS) y 3 (M).

4. Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se presentó el estudio realizado para la definición de una estrategia que permita detectar la intención de un paciente al realizar las actividades de sentarse, levantarse y emprender una marcha. Se tomó inicialmente estas tres actividades puesto que son las que mayor apoyo brinda al terapeuta y las de mayor interés durante el proceso de rehabilitación de pacientes con debilidad muscular. Se espera incluir a futuro en la clasificación, las actividades de subir y bajar escaleras y pendientes.

Los resultados obtenidos mostraron un reconocimiento del 82% de éxito al detectar cambios de movimiento entre las transiciones SB, BS y marcha sobre un terreno plano.Se estableció una estrategia validada para la detección de movimiento aplicable en tiempo real, lo cual representa un avance importante para el

Ibarlisca

desarrollo del control del exoesqueleto objeto de este trabajo. Se podrían conseguir mejoras en la clasificación aplicando otras técnicas más robustas donde se definan los conjuntos difusos aplicando sistemas neurodifusos.

La implementación posterior de estos resultados sobre un prototipo virtual de exoesqueleto proporcionará una herramienta importante que permita la validación a nivel de simulación de diversas estrategias, y así lograr controlar trayectorias definidas para pacientes con trauma raquimedular y hemipléjicos. Finalmente serán aplicados en el desarrollo de ayudas de movilidad de pacientes y brindar apoyo de fuerza para que un individuo con discapacidad en los miembros inferiores sea capaz de ejecutar ciertos movimientos.

A futuro se espera contar con un dispositivo de asistencia que pueda darle estabilidad y movilidad a un paciente parapléjico o hemipléjico, que le permita desarrollar tareas de marcha en diferentes ambientes y mejorar su movilidad y calidad de vida.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Grupo de Investigación en Control Industrial – GICI, de la Universidad del Valle, a su director José Miguel Ramírez, y al equipo de trabajo involucrado con el desarrollo delosproyecto de investigación “Diseño y Construcción de un Exoesqueleto para Rehabilitación Asistida de Pacientes con Lesiones de Rodilla”, financiado por la Universidad del Valle y “Exoesqueleto Para Rehabilitación Asistida de Pacientes con Pérdida Parcial o Completa del Movimiento de los Miembros Inferiores, Fase 1: Equilibrio” cofinanciado por Colciencias.

Referencias

[1] A. Shumway-Cook, M.H. Wollacott. Motor Control: Theory and Practical Applications, 2nd ed. Baltimore, Maryland, 1995.

[2] A. Cammarota, E. Wassermann, J. Brasil-Neto,A.Pascual-Leone.Modulation of motor cortical outpouts to the reading hand in Braille readers. Ann Neurol, 1995;38:910-15.

[3] N. Kawashima.Energy expenditure during walking with weight-bearing control (WBC) orthosis in thoracic level of paraplegic patients. Motor Dysfunction Division, Research Institute, NationalRehabilitationCenter for the Disabled, Tokyo,.

[4] L. A. Harvey y M. B. Smith. Functional outcomes attained by T9-12 paraplegic patients with the Walkabout and the Isocentric Reciprocal Gait orthoses.Archives of physical medicine and rehabilitation, vol. 78, no. 7, pp. 706-711, 1997.

[5] D. Popovic, S. JONIC. Control of bipedal locomotion assisted with functional electrical stimulation.Proceedings of the American Control Conf., pp. 1238-1242, San Diego, 1999.

[6] C. Fleisher.Controlling exoskeletons with EMG signals and a biomechanical body model.Ph.D. dissertation, Institutf¨urTechnischeInformatik und Mikroelektronik, TechnischeUniversit¨at Berlin. Berlin, Germany, 2007.

[7] R.Esaki, T.Fukuda.Development of a wearable exoskeleton for daily forearm motion assist.Department of Advanced Systems Control Engineering, SagaUniversity, Marzo 2003.

[8] J. Villarejo, E. Caicedo, y O. Campo. Detección de intención de movimiento durante la marcha a partir de señales Electromiográficas. V Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad IBERDISCAP, Cartagena, Colombia, 2008.

[9] O. Campo. Una Estrategia de Control Inteligente, Fisiológicamente Asistida, para Prótesis Multimodal Autocontenida para Amputados Transfemorales. Universidad del Valle, Tesis de doctorado en Ingeniería,Cali, 2009.

[10] J. Rivas. Definicion de las variables y parámetros en el estudio de la ejecución motora de tareas discretas para el uso de un exoesqueleto de rodilla en actividades de rehabilitación física. Universidad del Valle, Escuela de Rehabilitación Humana, Cali, Trabajo de Grado 2010.

Iberdiscap

[11] J. Chu, I. Moon, y M. Mun. A Real-Time EMG Pattern Recognition System Based on Linear-Nonlinear Feature Projection for a Multifunction Myoelectric Hand.Proccedings IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 11, no. 53, pp. 2232-2239, Nov. 2006.

[12] N. Saito y R. Coifman. Local discriminant bases and their applications.Journal of Mathematical Imaging and Vision, vol. 5, no. 4, p. 337–358, 1995.

[13] M. Chendeb, M. Khalil, D. Hewson, y J. Duchên. Classification of non stationary signals using multiscale decomposition.Journal of Biomedical Science and Engineering, vol. 3, no. 2, pp. 193 - 199, Febrero 2010.

Iberdiscap

Iberdiscap

COMUNICACIÓN AUMENTATIVA Y ALTERNATIVA

Iberdiscap

Iberdiscap

Adaptación a JClic para alumnos con deficiencia motriz, mediante comandos por voz.

M. Lucrecia Moralejo[1], Stefania Ostermann[2], Cecilia Sanz[3], Patricia Pesado[4]

[1]Instituto de Investigación en Informática LIDI : 50 y 120, La Plata, Buenos Aires, Argentina.Tel./Fax:0221-4227707, e-mail: lmoralejo@lidi.info.unlp.edu.ar

[2]Instituto de Investigación en Informática LIDI : 50 y 120, La Plata, Buenos Aires, Argentina.Tel./Fax:0221-4227707, e-mail: stefaniaostermann@gmail.com.

[3]Instituto de Investigación en Informática LIDI : 50 y 120, La Plata, Buenos Aires, Argentina. Tel./Fax:0221-4227707, e-mail: csanz@lidi.info.unlp.edu.ar.

[4]Instituto de Investigación en Informática LIDI : 50 y 120, La Plata, Buenos Aires, Argentina. Tel./Fax:0221-4227707, e-mail: ppesado@lidi.info.unlp.edu.ar.

Resumen.

En este trabajo se presenta una propuesta de adaptación al software educativo JClic, mediante la utilización de comandos por voz, con el objetivo de ser utilizado por usuarios/alumnos con deficiencia motriz sin consecuencias o con consecuencias leves en el desarrollo del lenguaje.

Como parte del desarrollo, se estudiaron diferentes motores de reconocimiento de voz (RV), y sus fundamentos teóricos. Se profundizó el análisis del motor de RV Sphinx-4.

Antes de realizar el prototipo de adaptación, se hizo un estudio de la arquitectura de diseño y desarrollo de la herramienta educativa elegida, JClic.

Finalmente, se obtuvo el desarrollo de un primer prototipo de adaptación del programa JClic, con la integración de Sphinx-4 para proveer RV, en particular, para las actividades de asociación simple. Se presenta aquí parte de este trabajo realizado y los resultados y conclusiones obtenidas, luego de la evaluación del prototipo.

Palabras clave: discapacidad motora, comandos por voz, JClic, educación especial.

1. Introducción y contenidos

Actualmente, existe una gran cantidad de software orientado a la educación en sus distintos niveles. Muchos de ellos han sido adaptados o creados teniendo en cuenta la diversidad de alumnos, pero otros son sólo herramientas estándares que no brindan adaptación alguna, por lo que están destinados a un conjunto restringido de alumnos. Las personas que están afectadas de algún tipo de discapacidad, se encuentran con numerosos obstáculos y barreras que les impiden el desarrollo de habilidades, la ejecución de actividades, la relación con las personas y el entorno, etc. Para las personas con necesidades especiales, la mera utilización de las TIC puede representar la consecución de un elevado grado de autonomía en su vida personal [1].

Las TIC son herramientas que pueden utilizarse de forma creativa para mejorar el desarrollo de capacidades y destrezas, de las personas con necesidades especiales bajo una concepción interaccionista, que desplaza

Iberdiscap

su enfoque desde las características individuales de los alumnos, a un modelo de apoyo curricular que actualmente se encuentra en proceso de expansión [2]

Una de las razones de la escasa implantación de las TIC en la educación especial es la diversidad y la especificidad de las necesidades. Su utilización como herramientas, en este campo, requiere desarrollos muy complejos y variados, algunos personalizados, que además van a ser utilizados por colectivos poco numerosos.

Las personas con gran compromiso motriz tienen poca autonomía para la realización de tareas, necesitando de una forma constante, la llamada ayuda de terceros, para cambiar de tareas, acceder a información, desplazarse, etc. En la computadora este problema también se manifiesta, pues suele ser el profesional quien ayuda constantemente a la persona a realizar las tareas. Un mayor nivel de autonomía los haría sentirse independientes, podría aumentar su autoestima y su autosuficiencia. También influirá considerablemente en su comportamiento, facilitando que puedan ser emprendedores y que puedan realizar actividades nuevas por iniciativa propia [3].

Por lo tanto, estas razones motivan el desarrollo de adaptaciones a un software muy utilizado en el ámbito educativo como es JClic, para facilitar su uso por parte de alumnos con dificultades motoras, y así incentivar su desarrollo intelectual.

Si bien se conoce la relación entre la discapacidad motora y la dificultad en el desarrollo del lenguaje, esto no se da en todos los casos. Este trabajo está destinado a las personas con problemas motores, pero sin consecuencias o con consecuencias leves en el desarrollo el lenguaje. Se pensó en este subconjunto de personas, ya que existen más variedad de ayudas técnicas para personas con discapacidad motriz mediante la utilización de diferentes partes del cuerpo, y se considera que sería una buena alternativa, el uso de la voz, si la persona afectada se expresa oralmente sin dificultades. Además, requeriría un menor esfuerzo si la persona pudiera usar la voz para manipular el ordenador, y se evitarían las lesiones producidas por “esfuerzo repetitivo”.

Antes de comenzar a explicar la metodología utilizada para el desarrollo de este prototipo, es importante explicar los componentes del software JClic, los cuales serán mencionados en secciones posteriores.

JClic está formado por tres aplicaciones, una de las cuales, se utilizan para la resolución de las actividades[4]:

1. JClic Player

Esta componente puede ser presentada de dos maneras diferentes: como applet o como aplicación JClic. El "applet", permite incrustar actividades JClic en una página web para ejecutarlas en cualquier navegador. La aplicación JClic es un programa independiente que una vez instalado permite realizar las actividades desde el disco.

2. JClic autor

La herramienta de autor que permite crear, editar y publicar las actividades de una manera sencilla, visual e intuitiva.

3. JClic reports

Es el módulo encargado de recopilar los datos (tiempo empleado en cada actividad, intentos, aciertos, etc.), y presentarlos después en informes estadísticos de diversos tipos.

A continuación, se presenta la propuesta particular para este trabajo.

Iberdiscap

2. Metodología

La adaptación propuesta ha abordado la modificación de las actividades de JClic, de manera que se puedan resolver a través de la utilización de comandos por voz. Para ello se tomó, inicialmente, la actividad del tipo asociación simple.

En este caso de actividad, que JClic permite crear, el usuario tiene que descubrir las relaciones existentes entre dos conjuntos de información. Es decir, se presentan dos grupos de datos que tienen el mismo número de elementos, donde a cada elemento del origen le corresponde un único elemento del destino. Es por ello que se la denomina simple, a diferencia de la asociación compleja, donde a cada elemento del origen puede corresponderle 0, 1, o más elementos del destino.

Este trabajo se llevó adelante en diferentes fases o etapas que se detallan a continuación.

2.1. Etapa 1: Análisis

En la etapa de análisis se abordaron varios aspectos a estudiar para llevar a cabo la adaptación. Una de las decisiones que se consideró fue cómo tomar conocimiento de que se desea realizar la actividad utilizando comandos por voz.

Se decidió que en esta situación, el usuario deba contar con la asistencia del docente o facilitador, ya que es éste quien toma la decisión para cada alumno en particular, si es adecuado o no utilizar RV en la resolución. El programa, para ello, muestra un mensaje en pantalla al momento de comenzar la actividad. Este pide que se indique si se desea utilizar reconocimiento de voz.

Otra cuestión de suma importancia, ha sido planificar qué mecanismo proveer para identificar cada elemento de la pantalla que presente interactividad, con el fin de resolver la actividad. Para esto se analizaron diferentes posibilidades. Esta identificación que utiliza el usuario para nombrar un elemento se la denominará etiqueta, de aquí en más.

En primer instancia, se pensó en utilizar las letras del alfabeto como etiquetas, pero al momento de llevarlo a la práctica, se encontró la dificultad de que ciertas letras, tales como la “b” y la “d”, eran muy similares en su pronunciación, por lo que la tasa de aciertos del reconocedor disminuía considerablemente.

Por otro lado, si se ampliaba el número de casilleros a utilizar, resultaba más natural usar combinaciones de dígitos (por ejemplo 10) que utilizar letras (por ejemplo ab). También, se debían utilizar letras alternadas, quitando del diccionario del RV, aquellas que causaban conflictos como los ya mencionados o aquellas que resultaban muy complejas en cuanto a su pronunciación (por ejemplo, el caso de la letra ‘r’). Considerado esto, se decidió la posibilidad de utilizar números para la creación de las etiquetas. Esta solución presenta ciertas ventajas, respecto a la planteada anteriormente.

Además, se abordaron las adaptaciones necesarias para evitar dificultades de pronunciación de ciertos números. Para esto, se tuvieron en cuenta otras palabras alternativas a la correcta, por ejemplo, se admite que el usuario diga “tes” en lugar de “tres”, “tinco” en lugar de “cinco”, “acetar” en lugar de “aceptar”, entre otras.

Si bien esta decisión implica un diccionario de mayor tamaño, presenta consecuencias positivas en cuanto al aumento de usuarios que podrían utilizar el prototipo. Así, se intentó lograr un equilibrio entre performance de la aplicación y usabilidad del producto.

Otro aspecto a resolver fue el de conocer cuándo el usuario termina de nombrar los dos elementos a unir. Para ello, se pensó en utilizar palabras “nexo”. Por ejemplo, “uno con tres aceptar”; lo que se interpreta de esta sentencia es lo siguiente: el primer número representa un casillero del primer conjunto de información, la palabra “con” (nexo) indica que se va a nombrar el casillero del segundo conjunto, representado por el

iberdiscap

segundo número de la frase. La palabra “aceptar” indica que el usuario quiere realizar la unión de los casilleros nombrados.

Finalmente, se analizó la forma de que la aplicación muestre un mensaje pidiendo confirmación de lo dicho por el usuario. Así, cuando éste nombra los casilleros que desea unir, el programa presenta un mensaje mostrando las palabras reconocidas. Para dar confirmación positiva al mensaje, se debe decir “aceptar”, y en caso contrario, “cancelar”.

A continuación, se presenta la segunda etapa de trabajo, que ha sido decidir (y llevar a la práctica) cuestiones vinculadas al motor de RV.

2.2. Etapa 2: Configuración de Sphinx-4

Sphinx es un framework de reconocimiento de voz, flexible, modular y fácil de incorporar a otras aplicaciones. En particular, la versión 4 fue desarrollada en Java.

Para utilizar Sphinx-4, en primer lugar, se debe descargar la aplicación desde el sitio oficial [5]. Allí está disponible el código fuente de la herramienta, aunque si no se desea modificar código (como en nuestro caso), alcanza con incluir el archivo .jar en la aplicación donde se va a integrar.

Actualmente, Sphinx-4 dispone de modelos que han sido creados utilizando SphinxTrain (herramienta que provee para el entrenamiento), y puede descargarse desde el sitio de cmusphinx.org.

En un principio, se pensó como una alternativa válida crear el diccionario utilizando el modelo WSJ_8gau_13dCep_16k_40mel_130Hz_6800Hz que viene incluido con la distribución de Sphinx-4 y, si bien está entrenado para el idioma en inglés, reemplazando los fonemas puede reconocer español. Existen trabajos revisados del área de RV, que realizan este tipo de solución [6].

En un primer momento se utilizó esta opción para generar el diccionario para la integración con JClic.

Esta solución fue parcialmente válida, ya que el reconocedor funcionaba con un alto porcentaje de acierto. Pero, a pesar de esto, se encontraron dos falencias. Por un lado, había errores en la precisión del reconocedor en ambientes ruidosos. Esto sería un problema en los casos en que la adaptación fuera utilizada en escuelas, donde las aulas se comparten entre varios alumnos. Por otro lado, si se deseaba extender el diccionario y utilizar palabras con la letra “ñ”, no existían fonemas en el idioma inglés que lo represente.

A partir de estas conclusiones, se decidió utilizar un modelo basado en el idioma español. Luego de investigar sobre el tema, surgieron dos alternativas viables. Por un lado, se podía entrenar el reconocedor, utilizando la herramienta SphinxTrain, y por otro, utilizar modelos ya entrenados y testeados. En el presente desarrollo se optó por adoptar un modelo ya entrenado, pero se hicieron además algunas pruebas con el entrenador, de manera tal, de entender y estudiar su funcionamiento.

Se eligió un modelo ya entrenado, disponible en la web y de libre uso. El proyecto se llama Diálogos Inteligentes Multimodales en Español (DIME), dentro del cual hay más de un modelo acústico. El modelo elegido para este trabajo recibe el nombre de DIMEx30-T22 [7].Es importante aclarar que para el entrenamiento de este modelo, se utilizaron 30 hablantes diferentes, y de cada hablante se recolectaron: 50 oraciones diferentes entre sí y 10 oraciones comunes entre los hablantes. Es decir, en total: 1500 oraciones diferentes y 300 oraciones comunes.

A partir de esta lista de unidades fonéticas se creó el diccionario a utilizar en la integración con JClic. Podría haberse incorporado el diccionario, tal cual lo presenta DIMEx30, pero había palabras que no se encontraban en él, por lo que se optó por redefinirlo, respetando las unidades fonéticas presentadas. Respecto del modelo de lenguaje, la definición del modelo acústico y su arquitectura, se respetó el proporcionado por DIMEx30.

Iberdicap

Para incorporar estos archivos a la aplicación JClic, se debió crear en primer lugar un archivo .jar que, por convención, debía respetar la estructura de directorios de los modelos provistos por Sphinx-4.

Luego de armado el archivo .jar, se incluyó en el classpath de la aplicación.

También, se debió configurar Sphinx-4 para incorporar los nuevos archivos del modelo acústico, el diccionario, la gramática y el modelo de lenguaje. Esto se realizó a través del archivo de configuración (Configuration Manager). En la siguiente sección, se detallan cuestiones referidas al desarrollo del prototipo.

2.3. Etapa 3: Desarrollo del prototipo

En esta sección se describirán aspectos del prototipo que incluyen a ambos componentes utilizados para la integración. Una de ellas, es cómo se realizó la incorporación del framework de reconocimiento de voz a JClic. Para ello, se creó una clase en JClic que representa al reconocedor, llamada VoiceRecognizer, donde se encuentran sus principales métodos, tales como el método que se usó para crearlo, así como también, el método que se encarga de realizar el reconocimiento. Se generó un paquete llamado "reconocimiento" dentro del paquete "src" de JClic. Luego, esta clase, es utilizada en el método constructor donde se crea el reconocedor para empezar a trabajar.

También, se hicieron las modificaciones necesarias de manera que JClic y el reconocedor se ejecuten en hilos separados, interactuando entre ellos, para paralelizar tareas. De esta manera, ambos componentes, pueden ejecutarse sin problemas.

Para llevar a cabo la tarea de resolver una activad de tipo Asociación Simple, lo que se implementó fue, que al crearse, el reconocedor ejecute un método llamado getCommand() en la clase que representa dicha actividad. Este método es el encargado de procesar la entrada de voz del usuario y tomar las decisiones correspondientes.

Al recibir la entrada de voz "aceptar" luego de nombrar los dos casilleros de la manera ya explicada, el sistema muestra un cartel con los valores que se van a procesar, el usuario deberá confirmar estos valores para que la acción se lleve a cabo.

Para la confirmación es necesario pronunciar nuevamente la palabra "aceptar". Luego de confirmado, se invoca a un método que se encarga de ejecutar la acción que el usuario desea realizar. En este método se buscan los casilleros nombrados, si existen y no fueron elegidos antes. Luego, se verifica dentro de la estructura interna del elemento, si forman una correspondencia correcta, es decir, si las celdas seleccionadas son parte de la solución. Si es así, se eliminan de los posibles elementos a elegir y se continúa con la próxima correspondencia, hasta llegar a la última. Cuándo se llega a ésta, se da por terminada la actividad.

JClic provee un módulo capaz de contabilizar el tiempo empleado en cada actividad, intentos, aciertos, etc. Si bien el tiempo puede variar si se utiliza reconocimiento de voz, se pensó en mantener igualdad en el contador de intentos y aciertos para que el docente pueda evaluar al alumno que está resolviendo la actividad. Es por esta razón, que se decidió agregar un cartel donde el usuario vea y confirme que es lo que desea unir, ya que existe, en la mayoría de los reconocedores, cierta tasa de error, con lo cual, podría darse la situación en que se procese una entrada errónea, y JClic lo contara como intento fallido, perjudicando la evaluación del alumno. Con los agregados mencionados, el docente que creó la actividad, podrá usar el contador de errores que provee, por defecto, JClic.

El prototipo desarrollado al momento abarca, como se dijo, la resolución de las actividades de asociación simple. A continuación se muestra una imagen de cómo se mostraría una actividad de asociación simple, utilizando la adaptación de JClic.

Uberdiscap

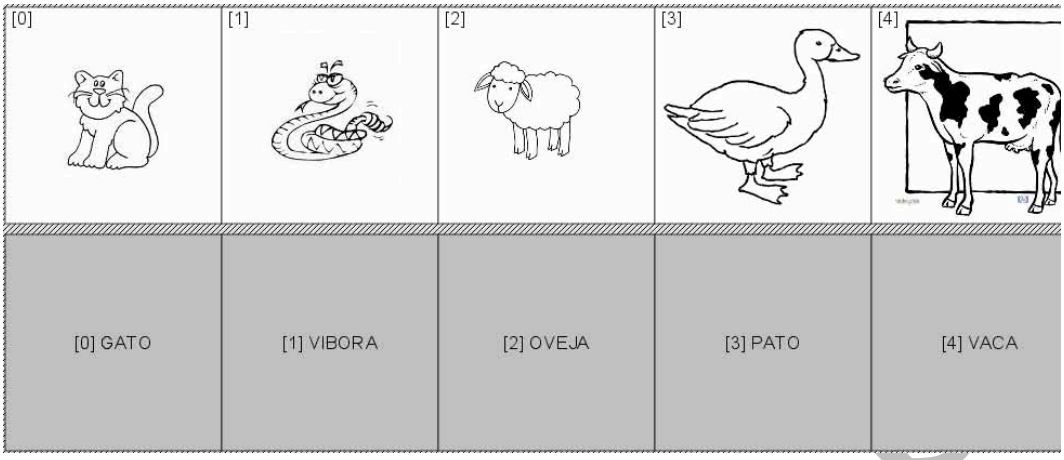


Imagen 1. Actividad de asociación simple adaptada

Sin bien sólo se implementó la adaptación para las actividades de asociación simple, se ha hecho una propuesta de cuál sería la estrategia para extender el prototipo al resto de las actividades, y se abordará esto en trabajos futuros. A continuación se presenta la evaluación realizada de las estrategias de integración planteadas.

3. Resultados y discusión

Se decidió someter el prototipo presentado a prueba de expertos (vinculados a las distintas áreas que se involucran en este trabajo), para que ellos expresaran sus opiniones respecto de este trabajo.

Se consideró más apropiado realizar primero este tipo de prueba, y analizar los resultados para tomarlos como líneas futuras de trabajo e investigación. Después de esta etapa será posible testear el prototipo con los usuarios finales, los cuales serían, docentes y alumnos. Esto se creyó importante, para no someter a los alumnos a situaciones de posibles fracasos propios del testeo del software y de la estrategia en sí misma. Además, esta metodología tiene como ventaja la calidad de la respuesta y el nivel de profundización por parte del experto.

Mediante el juicio de expertos, se pretende tener estimaciones razonablemente buenas, las mejores conjeturas, en situaciones donde no se pueden o no es conveniente obtener cuantificaciones exactas [8]. Sin embargo, estas estimaciones pueden y deben ser confirmadas o modificadas a lo largo del tiempo, según se vaya recopilando información sobre el objeto de estudio.

Como instrumento de evaluación se eligió una encuesta con preguntas abiertas y cerradas, de manera tal de poder recoger la información que se cree necesaria para someter a juicio el prototipo.

Como conclusión de las encuestas realizadas a expertos, se considera que se ha realizado una buena elección del software educativo a adaptar, como así también, la utilización de comandos por voz como ayuda técnica para el grupo destinatario. Como mencionó uno de los expertos, esta opción puedeusarse de forma complementaria con otras herramientas y no necesariamente es mejor o peor que otra adaptación, sino que es una alternativa diferente, la cual abre un camino de nuevas posibilidades. Si bien unos pocos expertos se manifestaron acerca de la elección del motor de reconocimiento de voz, coincidieron en que la misma es acertada. El aspecto fundamental a resaltar es su disponibilidad y sus posibilidades en cuanto a

Iberdiscap

funcionalidad. En el marco de este trabajo, se considera que, la utilización de Sphinx-4 resultó conveniente, rescatando también lo manifestado por los encuestados.

Finalmente, se analizó la estrategia planteada de solución, y los expertos manifestaron su acuerdo con la misma y presentaron algunas alternativas a tener en cuenta en trabajos futuros, las cuales se detallan en la siguiente sección.

4. Conclusiones y trabajos futuros

Si bien se ha obtenido un amplio conocimiento de diferentes herramientas, tanto educativas como relacionadas con RV, quedan ciertas modificaciones, mejoras y extensiones a desarrollar en la adaptación presentada, considerando además algunas sugerencias analizadas a partir de la evaluación realizada.

Como aspectos de mejora y trabajo futuro se plantean: permitir la configuración de las etiquetas (el docente podría elegir rotular cada casillero como lo crea más conveniente), y realizar pruebas con alumnos y docentes del área.

Una de las mejoras ya realizadas, ha sido la forma de analizar si utilizar o no comandos por voz en la resolución de la actividad. Se modificó para que esta decisión quedara a cargo del docente cuando crea el paquete de actividades. El docente decide si se debe preguntar, al cargar el proyecto, la opción de usar los comandos por voz o no.

Actualmente se está trabajando en la extensión del prototipo al resto de las actividades de JClic. Ya se avanzó en las actividades de asociación compleja, y se está implementando la de los juegos de memoria.

Referencias

[1] Sancho - Para una Tecnología Educativa. “La tecnología: un modo de transformar el mundo cargado de ambivalencias”, Barcelona: HORSORI, 1998.

[2] Sánchez Montoya. Ordenador y Discapacidad. Guía práctica a las personas con necesidades educativas especiales. Madrid, 2002.

[3] Castellano, Sacco, Zurueta. La utilización de software de uso general y aplicaciones específicas en el área de las discapacidades motrices. IV Congreso Iberoamericano de Informática en la Educación Especial, 2003. Disponible en http://www.niee.ufrgs.br/eventos/CIIEE/2003/

[4] JClic, sitio oficial. http://clic.xtec.cat/es/jclic/index.htm, 2010

[5] CMU Sphinx, Sitio Oficial - http://cmusphinx.sourceforge.net/sphinx4/, 2011.

[6] Mouse Advanced GNU Speech (Magnus): http://magnusproject.wordpress.com/, 2010.

[7] Diálogo Inteligente Multimodales en Español, http://leibniz.iimas.unam.mx/~luis/DIME/recursos.html, 2010.

[8] Arquer. Fiabilidad humana: métodos de cuantificación, juicio de expertos http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_401.pdf, 2010.

Iberdisca

Iberdiscap

Um software livre para ampliação de telas: uma tecnologia assistiva para alunos com baixa visão

J. Bidarra[1], D.R. Hachmann[2] , O.M. Souza[3] , C.F. Balansin[4]

[1]Universidade Estadual do Oeste do Paraná: Ciência da Computação, Cascavel/Paraná, Brasil, Tel/Fax: +55 045 3220.3286, jbidarra@pq.cnpq.br

[2]Universidade Estadual do Oeste do Paraná: Ciência da Computação, Cascavel/Paraná, Brasil, Tel/Fax: +55 045 3220.3286, diego_hachmann@hotmail.com

[3]Universidade Estadual do Oeste do Paraná: Ciência da Computação, Cascavel/Paraná, Brasil, Tel/Fax: +55 045 3220.3286, dayrsouza@gmail.com

[4] Universidade Estadual do Oeste do Paraná: Ciência da Computação, Cascavel/Paraná, Brasil, Tel/Fax: +55 045 3220.3286, toniclecb@gmail.com

Iberdiscap

Resumo.

O sistema educacional brasileiro vem passando por várias transformações, em grande parte motivadas pela necessidade de inserção de alunos com necessidades especiais nas escolas. Investimentos têm sido feitos no sentido de atender a esse grupo que, no caso do Brasil, atinge uma parcela significativa da população estudantil. Dentre os casos diversos, estão os que, embora não cegos, têm reduzida capacidade de acuidade visual ("baixa visão"). O ampliador de tela xLupa resulta de uma pesquisa multidisciplinar envolvendo as áreas da Educação, Ciência da Computação e Oftalmologia. Trata-se de uma tecnologia assistiva que, mediante recursos diversos, tais como leitura de tela e adaptação da ferramenta ao perfil do usuário, vem auxiliando alunos, professores, pais e responsáveis no trabalho educacional inclusivo. Via a ampliação, os alunos baixa visão conseguem melhores condições de aprendizagem, com reflexos importantes no aproveitamento escolar. Apresentamos aqui uma síntese do xLupa no estágio atual de desenvolvimento e perspectivas futuras.

Palavras chave: xLupa; Ampliador de Tela Inteligente; Tecnologia Assistiva; Baixa Visão; Software Livre

1. Introdução

De acordo com o censo publicado em 2000 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísitca (IBGE), cerca de 14,5% da população brasileira sofre de algum tipo de deficiência motora, mental ou visual e desses

estima-se que mais de 60% são deficientes visuais, distribuídos entre cegos ou de Baixa Visão[7]. Se essa cifra já é considerada alarmante, mais crítica fica se levarmos em conta que uma boa parte dessa população está em idade escolar. Este é um drama que se agrava cada vez mais, tendo em vista que são alunos de diferentes idades, níveis e que, com raras exceções, recebem um atendimento adequado por parte das instituições de ensino em que estão matriculados. O resultado deste, por assim dizer, "abandono" não poderia ser outro senão a evasão escolar, muitas vezes acentuada pela total falta de motivação, não só por parte do aluno, mas também dos educadores e responsáveis que, sem condições de trabalhos e não sabendo o que fazer no dia-a-dia, não conseguem vislumbrar qualquer perspectiva de melhoras que permitam a essas crianças e jovens o acesso ao conhecimento a que têm direito, como apregoam as Leis dos Direitos Humanos e dos Cidadãos, seja em tratados nacionais ou internacionais.

No variado conjunto das deficiências hoje catalogadas pelos sistemas de saúde, uma delas em específico nos tem chamado mais a atenção: a baixa visão. Enquanto oficialmente reconhecida como uma importante patologia visual, curioso é notar que, por mais paradoxal que possa parecer, essa é uma condição humana que, se não totalmente mas em grande parte, tornou-se invisível para a sociedade de uma maneira geral, porque enquanto enxergam, não importando o grau, o mais comum é tomá-las por pessoas videntes. Não bastasse o equívoco de um ponto de vista biológico, essa forma de a sociedade os tratarem é perverso. Quando assim rotuladas, não raro, essas pessoas passam ser vítimas fáceis de um sistema que não as reconhecem em suas necessidades e, como conseqüência, as submetem a desafios para os quais ou não estão preparadas ou não dispõem de condições que lhes permitam superar os obstáculos vivenciados por elas.

A pior face desse descaso é que enquanto para essa sociedade a dimensão do problema dos baixa visão continua passando ao largo, para as muitas escolas brasileiras, notadamente as públicas, que os recebem, o problema assume dimensões que beiram ao dramático e, em muitos casos, ao desespero, não apenas para as instituições (direções, professores e funcionários), mas também para os alunos e suas próprias famílias. Em tais circunstâncias, não há outra saída senão buscar caminhos que possam de algum modo socorrer a todos - alunos, educadores e familiares - nesse complexo processo estabelecido entre ensino e aprendizagem.

De um ponto de vista educacional e pedagógico, há muito já se sabe que os alunos com deficiência não têm, necessariamente, déficit cognitivo, mas que, para progredirem em seus estudos, dependem não apenas de uma atenção especial por parte das instituições, mas também e sobretudo de outros meios e recursos que os possam auxiliar nessa busca dos conhecimentos.

Um dos grandes desafios das nações, menos ou mais desenvolvidas, está justamente em encontrar soluções para os problemas enfrentados pelas pessoas com limitações físicas e/ou mentais. Vários estudos têm sido feitos no sentido de identificar os possíveis caminhos que resultem em descobertas de soluções eficientes e acessíveis para esses usuários. As tecnologias de uma maneira geral e em particular as assistivas (daqui por diante citadas apenas como TAS) [3] têm sido uma forte aliada na busca de soluções.

Embora de uso mais amplo, as TAs têm sido projetadas para atender os mais diferentes tipos de necessidades especiais, educacionais ou não. No caso específico dos indivíduos com baixa visão, as lupas, que quando usadas em computadores denominadas ampliadores de tela, têm dado mostras da sua eficácia e aplicabilidade, notadamente em ambientes educacionais. O desenvolvimento do xLupa segue nessa mesma linha de raciocício.

---

[7] N.T.: em linhas gerais, considera-se Baixa Visão todo indivíduo que somente enxerga uma imagem que esteja a uma distância de 20 pés, ao passo que uma pessoa com visão normal a enxergaria a 200 pés [2].

Ibersicap

2. Metodologia

Em termos gerais, o xLupa - um ampliador de tela inteligente [1] é um software livre desenvolvido primariamente para capturar a tela com rastreamento de mouse, permitindo que o usuário não apenas controle o nível da ampliação desejada, como também determine a taxa de tela útil a ser usada para a ampliação, contando ainda com outros recursos além da ampliação, como veremos mais adiante[8].

Quanto à ampliação das imagens, proprimente dita, a experiência adquirida ao longo do desenvolvimento nos mostrou que a operação de zoom-in [4] não atendia as necessidades das pessoas com baixa visão. Para que pudéssemos lidar com as limitações impostas, antes de apenas abandonarmos uma técnica em favor de outra, conforme a literatura e também com base nos resultados dos diagnósticos médicos que tínhamos, tivemos de considerar dois aspectos, um de origem fisiológica (ajuste de brilho, contraste, alteração de cores e realce de bordas) e o outro, operacional (ampliação em tela inteira e configuração de cores). No que concerne às necessidades operacionais, a demanda pôde ser considerada de pouca monta no xLupa. Entretanto, para atender as necessidades fisiológicas, novos algoritmos precisaram ser implementados. Ajuste de brilho e contraste, por exemplo, são duas operações necessárias e fundamentais, mas de relativa complexidade, uma vez que envolvem cálculos de funções de transformação de intensidade [6]. Embora haja diferentes equações, para o caso, adotamos transformações lineares de intensidade, capazes de ajustar o brilho e o contraste simultaneamente, através da equação $g = c \cdot f + b$ (para g: nova intensidade ou cor do pixel; c: fator de correção do contraste; f: intensidade atual ou cor do pixel; b: fator de correção do brilho).

Com esse procedimento, foi-nos possível manipular (alterar) as cores de uma imagem pelo processo de limiarização. Com base nas informações de intensidade da imagem, segue que se a intensidade de um pixel sob análise fica abaixo do fator de limiarização T, a sua cor será alterada para a cor 1. Se, ao contrário, mantiver-se acima ou igual a T, a sua cor é alterada para a cor 2 [9]. Nota-se que, com o procedimento, abrem-se aqui duas possibilidades de ajustes por parte do usuário: escolher o fator de limiarização ou escolher as cores 1 e 2. A aplicação desse método permite ainda a consideração de mais de um fator de limiarização, de forma que, caso sejam adotados 2 limiares, a imagem resultante passará a ser composta por 3 cores, por exemplo. O realce de bordas pode ser executado através da filtragem por convolução, com máscaras discretas [5].

Alterando o procedimento adotado na primeira versão, nas duas versões liberadas mais recentemente, a determinação dos parâmetros de configuração passou a ser feito a partir da apresentação inicial de duas telas, exibidas no momento em que a ferramenta é ativada. Na primeira delas (fig. 1), o usuário seleciona o texto que melhor se adapte a sua necessidade visual. Ao selecionar uma das palavras apresentadas na tela (xLupa), o sistema captura o fator de ampliação correspondente, replicando-o sobre as imagens. Na sequência, abre-se para o usuário uma nova tela (fig. 2), contendo uma palheta de cores para seleção. A cor selecionada corresponderá à cor de fundo, com os contornos das imagens a ela adaptados.

---

8 N.A. Cabe aqui um esclarecimento. Embora o xLupa venha passando por um longo processo de ajustes e melhorias, para esse momento, devido à exigüidade de espaço, não nos preocuparemos em mostrar todas as fases da implementação e os resultados produzidos em suas direfentes etapas de desenvolvimento. Assim, selecionamos como referência de base uma das versões do xLupa para exposição, com rápidas pinceladas sobre as principais evoluções a que se submeteu a ferramenta até o momento. Para esse fim, adotamos um tipo de exposição que mescla aspectos característicos de metodologia, incrementado com um enfoque descritivo funcional.

Uberdisciplin

Figura 1 – Tela inicial para seleção do fator de ampliação (ilustração)

Figura 2 – Tela inicial para escolha da cor de fundo (ilustração)

Definidos os dois parâmetros (tamanho da fonte e cor de fundo), o sistema inicia a ampliação. A partir desse momento, a qualquer instante, o usuário pode alterar, por meio de menus (para visualização do xLupa em funcionamento, segue-se um endereço para download (plataforma linux) – www.unioeste.br/nit Projetos do NIT Em Desenvolvimento), tanto esses parâmetros, quanto os outros. A figura 3 exemplifica uma ação típica de navegação web, na qual a ampliação da imagem é apresentada na parte superior da tela, com o brilho menos intenso (efeito de esfumaçamento).

Preprint

Figura 3 – Exemplo de uma ampliação esfumaçada, exibida na parte superior do monitor

Uma das principais preocupações da equipe, como já mencionado, é garantir uma interface ao mesmo tempo amigável e confortável para o usuário. Para tanto, dois procedimentos estão em fase final de desenvolvimento e testes. Um deles, o módulo de adaptação da ferramenta ao perfil do usuário e o outro, a implementação de um leitor de telas. Com relação ao primeiro, uma das principais queixas recebidas, não apenas com relação ao xLupa, mas que se estende a todas as tecnologias assistivas relacionadas, diz respeito ao esgotamento do usuário, devido a repetições freqüentes de ações que precisam executar. Buscando uma solução mais adequada, decidimos, então, que uma resposta plausível seria rastrear e armazenar todas as configurações estabelecidas durante a sessão de trabalho pelo usuário. Assim, durante a operação, o sistema também inicia o monitoramento das configurações estabelece na sessão.

Os atributos selecionados, a critério do próprio usuário, poderão ser salvos, ao fim de cada sessão de trabalho, para uso futuro[9]. Para tanto, implementamos a técnica de RBC (Raciocínio Baseado em Casos) [7], [10]. A idéia, em linhas gerais, é a seguinte. O sistema, ao invés de criar perfis individuais, tenta aproveitar e reutilizar soluções anteriores (chamadas casos) que tenham sido aplicadas para outros usuários cujos perfis sejam semelhantes a esse usuário. Com isso, são evitadas duplicidades desnecessárias na base de dados criada pelo sistema. Uma vez salvo o perfil do usuário, o sistema é capaz de, a partir de uma identificação pessoal atribuída pelo sistema, replicar as configurações que foram salvas na sessão anterior em uma nova sessão do seu trabalho (tal procedimento acontece todas as vezes que o xLupa é ativado). Além da otimização do espaço físico (memória do computador), com o recurso busca-se minimizar o esforço repetido pelo usuário, causador da fadiga tão reclamada.

Um outro recurso disponível é o leitor de telas. Com ele, o nosso objetivo foi atender alguns alunos e outros usuários que se queixavam de fadiga visual, mas agora provocada pelo esforço de leitura a que estão submetidos durante o trabalho com o ampliador (em sua versão mais recente, o xLupa já conta com esse recurso). A leitura de tela é um tipo de interface que se tornou disponível não faz muito tempo, cujo recurso propicia ao usuário muitas vantagens que vão da sua utilização em diversos ambientes e para diferentes finalidades, até o estabelecimento de uma excelente relação custo/benefício. O funcionamento básico de um leitor de tela não é trivial, e que por isso mesmo tem-nos demandado muito esforço e investimento. De

9 Todo esse processamento acontece de forma transparente para o usuário. Ou seja, é um procedimento automático realizado internamente pelo sistema, do qual o usuário não toma parte, a não ser pelo fato de, antes de fechar a sessão, como já dissemos, poder decidir ou não pelo salvamento. Caso não haja solicitação de salvamento, o sistema simplesmente desconsidera as informações rastreadas.

Iberoiscap

um ponto de vista mais técnico, esse tipo de processamento resulta de uma complexa integração entre uma placa com processadores digitais voltados para a captura e o tratamento do áudio falado, com algoritmos especializados, destinados a “quebrar” os textos escritos em pequenos pedaços (os fonemas) em unidades maiores audíveis. A implementação do recurso requer, como já mencionado, o desenvolvimento de algoritmos muito sofisticados, também conhecidos por text-to-speech. São algoritmos que permitem a "verbalização" de textos, a partir da aplicação de duas básicas: (i) Sintetização - voltada para a análise do conjunto de palavras do texto, transforma os sons correspondentes em fonemas necessários para a verbalização e (ii) concatenação - analisa o texto submetido e define uma seqüência de fonemas pré-gravados que, quando combinados, reproduzem, em som, o texto em questão.

Apesar das dificuldades técnicas, o investimento sem dúvida alguma é válido, pois a facilidade do uso da voz como interface produz, além das vantagens citadas acima, inúmeros outros desdobramentos positivos, especialmente para os DVs, cegos ou baixa visão, dentre os quais podendo-se acrescentar a facilidade para acesso à informação, o aumento da segurança e a fidelidade da informação capturada. À guisa de informação, atualmente, a nossa equipe vem testando algumas soluções disponíveis, com o objetivo de identificar melhorias que possamos fazer em nossa solução.

3. Resultados e discussão

Muito embora o xLupa não seja de uso exclusivo para alunos com baixa visão, o foco do trabalho tem sido o universo escolar. Essa decisão nos permitiu estabelecer um ambiente controlado, não só útil para o desenvolvimento da ferramenta, como também para a sua avaliação. Com a estratégia, a equipe tem podido assegurar melhores condições de observação e o efetivo uso da ferramenta como um software assistivo educacional. Como suporte para avaliação, foram formuladas baterias de testes. Esses testes, desde o início, tinham como prioridades duas frentes, uma com o foco nos aspectos de implementação e a outra, com base no usuário. Para o primeiro caso, foram consideradas duas métricas de Engenharia de Software: corretude e completude de codificação. Com isso, buscamos garantir não apenas a eficiência e a eficácia de execução, como também evitar situações frustrantes para o usuário. Com relação aos testes focados nos usuários, optamos pela distribuição em duas etapas. A primeira delas realizada em nosso laboratório. A segunda, no domicílio escolar dos alunos participantes. Para que os testes fossem possíveis, transferimos, a título de empréstimo e para uso exclusivo, recursos computacionais para as duas escolas públicas envolvidas, sendo uma delas municipal e a outra, estadual. A condução dos testes segue assim comentada.

Os critérios adotados para a seleção dos alunos tiveram por princípio garantir uma avaliação qualitativa, e não tanto quantitativa, até como forma de garantir a não exposição dos alunos a qualquer tipo de risco que pudesse advir de um trabalho não recomendável à idade e deficiência de cada um. O primeiro critério foi que todos os alunos estivessem matriculados em escolas públicas. A motivação para esta escolha foi a preocupação em conduzir a pesquisa alinhada a uma perspectiva de fato inclusiva e acessível aos menos favorecidos, atendendo assim às condições delineadas junto aos apoiadores do projeto. O segundo, foi admitir apenas os alunos que portassem uma autorização de seus pais ou responsáveis diretos. Este critério visou garantir que não somente os alunos mais velhos, mas também os menores de idade pudessem participar das atividades de avaliação. Alunos que, por ventura, não apresentassem essa autorização, por medida de segurança e precaução, não participavam dos testes. O terceiro critério dizia respeito à apresentação de um laudo oftalmológico atestando a condição visual do aluno. A esse atestado, devia juntar-se uma autorização expressa do médico liberando o aluno para participar dos testes. Importa comentar que essa exigência de apresentação dos laudos médicos nos revelou um dado importante e uma inquietude: a grande maioria dos alunos não dispunham de laudos ou, quando apresentados, estavam desatualizados. Houve casos de crianças que somente passaram por uma avaliação oftalmológica ainda

Pesquisa

quando bebês. Mediante esse quadro e para evitar discrepâncias, conseguimos com a uma equipe de médicos e professores oftalmologistas do hospital universitário uma avaliação oftalmológica de todo o grupo[10].

A organização dos alunos, se baseou num quarto critério: faixa etária. Os alunos foram divididos em 3 grupos mistos. Para esse agrupamento não levamos em consideração as séries escolares em que esses alunos estavam. O critério de divisão segundo a faixa etária sem essa preocupação permitiu a criação de um ambiente descontraído para os alunos, professores e para nós próprios, mesmo à distância. Entendemos agora, com mais clareza, que de outro modo, o resultado poderia levar à indesejada rotulação do aluno segundo a "competência" formal de cada um, o que certamente causaria desconforto e apreensão, com conseqüentes reflexos negativos no desempenho deles.

4. Conclusões e trabalhos futuros

Foram abordados aqui não só os aspectos relacionados com a concepção do xLupa, mas também as suas características, bem como todo o processo que envolveu a sua construção, até esse momento. Todo esse trabalho de pesquisa se deu a partir de uma metodologia mista, a começar por um estudo comparativo e criterioso envolvendo alguns dos mais importantes ampliadores existentes, tomado como principal referência o Gnopernicus [8]. No geral, o que melhor poderia caracterizar o xLupa, dentre os muitos recursos importantes de que dispõe, é sua capacidade para capturar a tela com rastreamento de mouse, permitindo que o usuário controle o nível de ampliação das imagens, a taxa de tela útil a ser usada para a ampliação, definição do contraste, da intensidade do brilho e ainda do tipo de cursor que melhor se adapte às necessidades do indivíduo. Com a ferramenta, o usuário também é capaz de acionar a leitura de tela, o que pode favorecê-lo especialmente quando precisar ler um texto, quase sempre uma tarefa exaustiva para esse tipo de usuário. Com o objetivo de tornar o trabalho do usuário menos repetitivo, o xLupa possibilita ainda o armazenamento das ações relativas à configuração que tenha feito na sessão de trabalho corrente, de tal forma que, em sessões futuras, os parâmetros de configuração determinados antes possam ser retomados pelo sistema e replicados nas ampliações que se sucedem.

Com base nas avaliações feitas, é possível perceber que a ferramenta como um recurso de apoio à educação especial e de promoção de inclusão atende satisfatoriamente as principais necessidades dos alunos com baixa visão. Afirmamos isso não apenas com base nos resultados observados mas também em alguns depoimentos que recebemos, tanto da parte dos alunos quanto da dos professores monitores e colaboradores. O registro mais emblemático e que melhor expressa essa nossa sensação acontece quando os próprios alunos revelam o fascínio no momento em que descobrem que a ferramenta lhes permite "enxergar" coisas que, de outra maneira, ainda não lhes havia sido possível até o contato com ela. Os depoimentos dos professores colaboradores quanto ao uso da ferramenta também confirmam essa nossa avaliação. Segundo afirmam, a aplicação do xLupa nos trabalhos de estimulação evidencia importantes avanços no aproveitamento escolar dos alunos que do projeto de estimulação fazem parte.

É claro que o nosso entusiasmo é grande, mas com a devida cautela. Os depoimentos são importantes sem dúvida, mas temos clareza de que há muito ainda por fazer para melhorar a ferramenta. Temos sido abordados por pessoas que, de diferentes lugares, vêm se interessando pela ferramenta. Também elas,

---

[10] Agradecimentos à equipe de médicos e profesores da educação especial pela relevante colaboração ao projeto, bem como à nossa consultora técnica na área da oftalmologia, Dra. Cristina Kobayashi. Ao CNPq e à Fundação Araucária pelos financiamentos ao projeto.

têm-nos dado retornos importantíssimos, seja na forma de incentivos, ou com sugestões para correções de falhas e limitações. Sabedores de que o trabalho precisa seguir adiante, a equipe planeja uma série de novas ações, algumas já iniciadas; outras, em discussão. No momento, um dos nossos maiores desafios diz respeito à ampliação em tela cheia, atividade já em fase avançada de desenvolvimento. Ao mesmo tempo, estamos em conversações avançadas com o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (órgão vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia brasileiro) e também com Associação Brasileira de Informática – ABINFO, no sentido de acoplarmos o xLupa à Carteira Digital, um dispositivo que já vem sendo testado e com sucesso em diversas escolas públicas pulverizadas pelas regiões brasileiras.

Referências

[1] Bidarra, J., Boscarioli, C., Rizzi, C. B. xLupa – um ampliador de tela com interface adaptativa para pessoas com baixa visão. In: Melo, A. M., Piccolo, L. S. G., Ávila, I. M. A, Tambascia, C. A. (Org.). Usabilidade, Acessibilidade e Inteligibilidade Aplicadas em Interfaces para Analfabetos, Idosos e Pessoas com Deficiência: Resultados do Workshop. Campinas: CPqD, 2009. p. 23-30

[2] Colembrander, A. Reabilitação de baixa visão. In: Veiztman, S. (editor). Visão Subnormal. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2000.

[3] Cook, A. M.; Polgar, J. M. Hussey. Cook and Hussey's Assistive Technologies: Principles and Practice. Mosby: Year book, inc., 1995.

[4] Foley, J.D; van Dam, A.; Feiner, S.K. and Hughes, J.F. Computer Graphics – Principles and Practice, 2 ed. Addison Wesley Pub. Co. USA, 1992.

[5] Gomes, J. e Velho,M.L.. Computação gráfica: Imagem. Rio de Janeiro : IMPA, 1994.

[6] Gonzalez, R.C. e Woods, R. E. Digital image processing. 2. ed. Prentice Hall, 2002.

[7] Hüllermeier, E. Case-Based Approximate Reasoning. Theory and Decision Library. Series B: Mathmatical and Statistical Methods. Springer, 2007.

[8] Introducing to Gnopernicus [site]. Disponível na URL: <http://www.baum.ro/gnopernicus.html>. Acesso em: 10 de dezembro de 2009.

[9] Marques Fo, O. e Vieira Neto, H. Processamento digital de imagens. 1. ed. Rio de Janeiro : Brasport, 1999.

[10] Von Wangenheim, C.G. e A. Von Wangenheim. Raciocínio Baseado em Casos. Barueri, SP:Manole, 2003.

Iberdiscap

Agente Virtual 3D Sinalizador LIBRAS

W. M. Amaral[1], L. Angare[2], J. Bezerra[3], J. M. De Martino[4], G. O. Franchi Jr.[5]

Universidade Estadual de Campinas/Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação/Departamento de Computação e Automação Industrial: Av. Albert Einstein, 400, Campinas/SP, Brasil, +55-19-35213794. [1]wmamaral@gmail.com, [2]leangare@hotmail.com, [3]juliano@ju3d.com.br, [4]martino@dca.fee.unicamp.br, [5]guilhermefranchi@live.com

Resumo.

Acessibilidade é tema de inúmeros trabalhos em diversas áreas de pesquisa. Em computação, programas que oferecem acessibilidade são aqueles que permitem aos portadores de deficiências utilizarem recursos computacionais de forma eficaz e eficiente. Uma vez que as informações nos ambientes computacionais são apresentadas essencialmente de maneira visual, apoiadas, sobretudo, na utilização da escrita, pode-se ter a falsa impressão de que acessibilidade não é um problema para deficientes auditivos. No entanto, para aqueles que adquirem a surdez antes da alfabetização, a compreensão de materiais escritos constitui um grande entrave ao uso desses ambientes. Este trabalho descreve projeto em desenvolvimento cujo objetivo é criar um agente virtual sinalizador de língua de sinais. O agente é constituído de um modelo animado, representando uma figura humana, capaz de articular sinais. O controle do agente virtual é efetuado através de scripts textuais que descrevem os sinais em notação especialmente desenvolvida no contexto deste trabalho.

Palavras chave: Acessibilidade para deficientes auditivos, Língua de Sinais, LIBRAS, Agente virtual sinalizador, Realidade Virtual, ComputaçãoGráfica.

1. Introdução

Atualmente, o Brasil possui 5,7 milhões de pessoas com algum grau de deficiência auditiva[1]. Estudos indicam que a capacidade de leitura de crianças com deficiência auditiva é quase sempre inferior quando comparada à das crianças sem problemas auditivos[2]. As dificuldades de aprendizado na infância, em geral, acabam por acarretar empecilhos também para o indivíduo adulto. Desta forma, a barreira de acesso a sistemas computacionais cujas interfaces, em geral, apóiam-se na escrita é especialmente maior, quando não intransponível, para aqueles que perderam, ou tiveram a sua audição comprometida, antes da alfabetização. É possível, entretanto, aumentar a qualidade da relação homem-máquina desses usuários adequando as respostas dos *softwares* às necessidades dos deficientes auditivos. A abordagem deste trabalho busca facilitar o acesso à informação, principalmente em ambientes computacionais, oferecendo mecanismos que facilitem a geração, transmissão, armazenamento e manutenção de conteúdo em língua de sinais.

A proposta deste trabalho é implementar um agente virtual, constituído de um modelo geométrico tridimensional representando uma figura humana que, ao ser animado utilizando recursos da computação gráfica, reproduz a movimentação corporal e facial dos sinais da língua de sinais. O controle da animação do agente virtual é realizado pela interpretação de arquivos de textos que descrevem, utilizando uma notação especialmente desenvolvida no contexto do projeto, sinais e sequências de sinais.

Ibergrafiacap

As línguas de sinais não são simplesmente mímicas e gestos soltos, utilizados pelos surdos para facilitar a comunicação. São línguas com estruturas gramaticais próprias. Atribui-se às línguas de sinais o status de língua porque também são compostas pelos níveis fonológico, morfológico, sintático e semântico[3]. O que diferencia as línguas de sinais das demais línguas é a sua modalidade visual-espacial. Para os propósitos deste trabalho, será utilizada a língua brasileira de sinais – LIBRAS. Entretanto, é avaliado que os conceitos e soluções desenvolvidas possam ser aplicados a outras línguas de sinais.

A LIBRAS utiliza gestos e expressões faciais para a comunicação, sendo utilizada pela comunidade brasileira de surdos. A LIBRAS é reconhecida no Brasil como meio legal de comunicação para pessoas com deficiência auditiva pela Lei 10.436 de 2002 [4], cuja regulamentação foi definida pelo Decreto 5.626 de 2005 [5].

Para melhorar a acessibilidade de deficientes auditivos em ambientes virtuais, conteúdo em língua de sinais tem sido oferecido utilizando arquivos de vídeo. Esta opção é bastante custosa e traz inúmeras desvantagens, destacando-se: (1) necessidade de infraestrutura específica para a gravação e edição dos vídeos; (2) participação de pessoas com experiência e conhecimentoda língua de sinais; (3) preocupação com a continuidade entre segmentos de vídeo, sendo recomendável utilizar a mesma pessoa com as mesmas roupas e o mesmo fundo para a apresentação do conteúdo; (4) dificuldade de manutenção, pois a cada detalhe alterado no conteúdo, um trecho inteiro de vídeo precisa ser produzido novamente; (5) elevado custo computacional na transmissão e no armazenamento, uma vez que os arquivos de vídeo geralmente são grandes.

Neste cenário, um agente virtual sinalizador mostra-se uma alternativa conveniente à tradicional apresentação de vídeo, apresentando as seguintes vantagens: (1) uma única pessoa (não necessariamente fluente em LIBRAS), utilizando um computador, pode criar conteúdo, não havendo necessidade de equipamentos especiais para captura e processamento de vídeos; (2) possibilidade de se gerar conteúdo em tempo real; (3) a continuidadedos vídeos deixa de ser um problema, uma vez que o conteúdo poderá ser alterado a qualquer momento, sem a necessidade de regravar a sequência de sinalização inteira; (4) o armazenamento e transmissão deixam de ser uma grande preocupação já que o conteúdo a ser apresentado pode ser descritos por simples arquivos de textos, resultado em uma drástica redução do espaço em disco necessário para o armazenamento e da largura de banda exigida para a transmissão; (5) possibilidade de oferecer ao usuário controle adicional sobre o material, como alteração do ponto de vista durante a sinalização para que o sinal seja melhor visualizado, o que é impossível na reprodução por vídeo.

Este trabalho está organizado além desta seção introdutória, em quatro outras seções. Na seção 2 é apresentada uma breve revisão das principais notações para a transcrição de sinais encontradas na literatura. Na Seção 3 é apresentado o formalismo de transcrição desenvolvido no contexto deste trabalho que procurar contornar as limitações, principalmente como mecanismo de controle do agente virtual, das notações existentes. Já a Seção 4 descreve aspectos da implementação do agente virtual, abordando o modelo geométrico, a sua estrutura de controle na forma de esqueleto, aspectos da animação facial que serão contemplados no sistema, da plataforma de desenvolvimento e da estrutura do programa que implementa o agente virtual. Finalmente, na Seção 5, são apresentadas considerações finais sobre o sistema em desenvolvimento e as metas futuras do projeto.

2. Transcrição de línguas de sinais

Um dos primeiros trabalhos dedicados a registrar uma língua de sinais foi realizado por Stokoe[6]. Stokoe observou que os sinais da ASL, *American Sign Language*, requerem três diferentes tipos de informação, que ocorrem de maneira simultânea: *tabula*: localização da mão no espaço; *designator*: configuração da

mão, disposição dos dedos e juntas; *signation*: movimento executado. Mais tarde, outros estudos[3] apontaram que expressões faciais também são indispensáveis para o entendimento de um sinal. A notação SignWriting[7] foi a primeira a incorporar mecanismos para a representação de expressões de faciais.

Uma importante derivação da notação de Stokoe é o sistema HamNoSys [8]. O HamNosys objetiva suportar qualquer língua de sinal e, para tanto, utiliza um extenso conjunto de símbolos icônicos para representar as configuração, orientação e localização da mão, componentes não manuais como expressão facial e postura corporal, assim como informação de movimento. Para uma visão geral dos principais sistemas de notação para línguas de sinais propostos na literatura recomenda-se a referência [9].

Infelizmente, esses sistema notacionais não foram pensados para descreverem os sinais com o grau de detalhamento necessário para o controle de um agente virtual. Uma deficiência comum a todos este sistemas é a falha em representar de forma adequada e inequívoca o seqüenciamento, simultaneidade e dinâmica dos movimentos corporais e faciais executados durante a sinalização. Em particular, um aspecto importante para o entendimento da LIBRAS é a velocidade de execução dos sinais. A velocidade com que o movimento é executado pode alterar o significado do que está sendo sinalizado. Na linguistica esta variação de velocidade é chamada de prosódia, que representa o ritmo, entonação e pontuação das frases. Nas linguas de sinais, a prosódia pode ser representada, por exemplo, por uma pausa no movimento.As notações existentes falham por não oferecerem mecanismos adequados para descrição para a velocidade da gesticulação.

Para suprir as deficiências observadas e adicionalmente permitir uma descrição mais detalhada e, desta forma, mais apropriada para o controle do agente virtual em implementação, foi desenvolvido no contexto deste trabalho um sistema de notação baseado na linguagem de marcação XML.

3. Transcrição voltada ao controle do agente virtual

O sistema de transcrição proposto [10] e [11] utiliza a linguagem de marcação XML, e trata principalmente as seguintes limitações das notações existentes: velocidade de execução dos movimentos, concatenação de sinais, sequência de cada configuração e expressões não manuais. Além disso, as informações descritivas do sinal foram agrupadas hierarquicamente, visando uma melhor organização da notação.

O elemento *sinal* é a raiz da descrição. Um sinal pode ter uma ou mais suspensões, unidas ou não por movimentos globais. As suspensões têm elementos separados para descrição dos sinais das mãos. Tanto a mão direita como a esquerda contém elementos para descrever configuração, localização, orientação da palma e movimento local. Adicionalmente, a mão esquerda contém o atributo *espelhada*, que permite dizer que ambas as mãos se comportam de maneira semelhante. As suspensões têm ainda um elemento para descrever as expressões faciais. Um atributo com expressões pré-definidas foi criado para facilitar descrições de expressões "prontas", como alegre ou triste. No entanto, é possível descrever situações específicas para cada parte do rosto, como boca franzida, olhos para cima, entre outros.

A configuração da mão é indica como os dedos estão dispostos: unidos, separados, flexionados ou distendidos. A localização é a região na qual as mãos articulam o sinal, e podem ser descritas como um ponto no espaço, ou como o contato com a outra mão, rosto ou corpo. A orientação da palma da mão diz se a palma esta voltada para horizontal ou vertical, com o dorso voltado para cima, para os lados ou para baixo. Um sinal pode ou não conter movimentos. Os movimentos podem ser locais, onde apenas a movimentação das articulações dos dedos, rotação do pulso ou do antebraço são realizadas, sem que a localização das mãos no espaço se altere.

Movimentos globais são as trajetórias entre uma suspensão e outra, dentro de um mesmo sinal. Pode ser automático e inconsciente, como, por exemplo, uma acomodação para a posição inicial. Movimentos globais mais sofisticados podem ocorrer durante a articulação, onde a maneira como a trajetória entre as

Inerdiscab

suspensões acontece é parte da sinalização e precisa ser explicitamente descrita para a correta articulação e entendimento do sinal.

4. Agente virtual sinalizador

4.1 Modelo

A modelo do agente virtual foi construído para representar com característica realista uma pessoa do sexo feminino. A Figura 1 apresenta o modelo desenvolvido. Considerando o importante papel do tronco, membros superiores e cabeça durante a sinalização, optou-se por modelar estes elementos de forma mais acurada e com maior riqueza de detalhes.Observa-se na figura à esquerda uma densidade maior de malha de polígonos na parte superior do modelo. Adicionalmente à malha de polígonos, que representa a superfície externa e visível, o modelo também é constituído de um esqueleto de controle, que, ao ser manipulado, permite a deformação da superfície externa e a conseqüente animação do modelo. O esqueleto de controle é apresentado na Figura 1 (centro). O esqueleto é uma estrutura hierárquica constituída de juntas, que podem rotacionar, conectadas por elementos de ligação, representando os ossos. Para uma aparência com característica realista, o modelo é dotado ainda de texturas que procuram reproduzir a aparência da pele, cabelo, íris e roupa. Na Figura 1 (direita) tem-se uma imagem do agente virtual como apresentado ao usuário.

O modelo desenvolvido possui 12.724 triângulos, 6 mapas de texturas de 1024x1024 *texels* (*texture elements*) cada, 2 mapas de texturas de 512x512 *texels* cada e 59 juntas em seu esqueleto. O modelo foi criado com auxílio do*software* Autodesk Maya e exportado no formato FBX ASCII para utilização na plataforma de desenvolvimento (veja Seção 4.2). O formato de arquivo FBX permite a exportação e importação de dados animações de personagens virtuais entre diversas plataformas de criação e apresentação de conteúdo interativo.

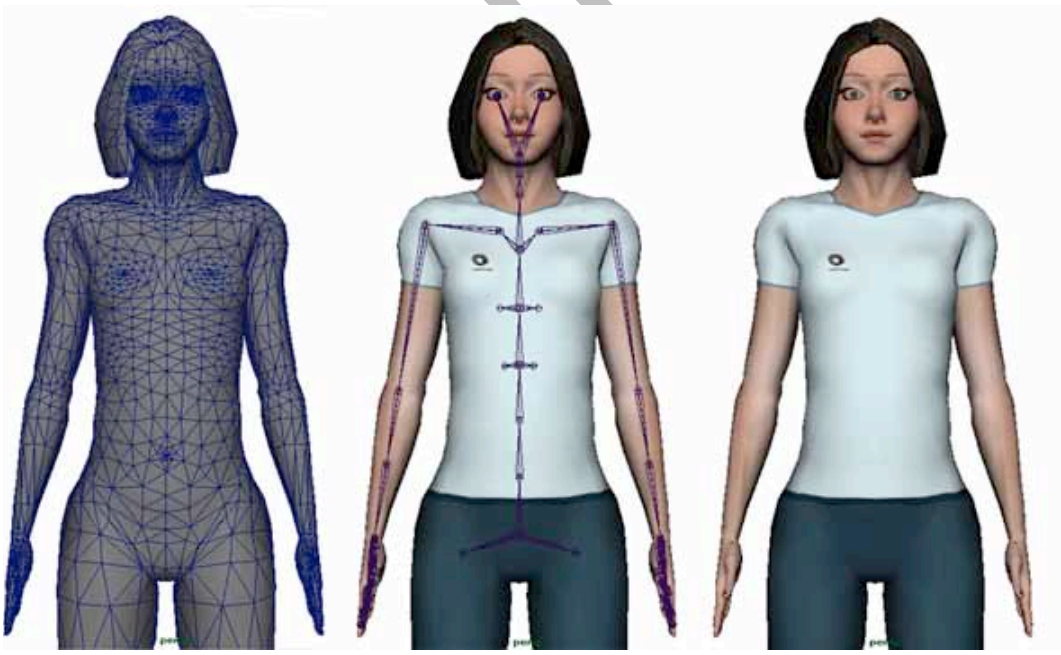


Figura 1: Agente Virtual: malha poligonal (esquerda), esqueleto de controle (centro,) e o modelo, como visto pelo usuário (direita).

4.2 Animação facial

Assim como os movimentos corporais e dos membros superiores, as expressões faciais são importantes para a comunicação entre pessoas. As expressões faciais contribuem para a correta transmissão da informação, modulando nuances e complementando a gesticulação corporal.

Durante a sinalização, expressões faciais são utilizadas para comunicar estados emocionais, entonação ou a intensificação de sinais. Um determinado sinal pode ter vários significados dependendo da expressão facial usada.

Neste contexto, é possível identificar dois tipos diferentes de expressões faciais [12]: as afetivas e as gramaticais (lexicais e sentenciais).

As expressões afetivas são essencialmente utilizadas para a comunicaçãodeemoções. Através delas é possível transmitir o estado emocional, real ou simulado, do indivíduo que está sinalizando. Pelos menos seis expressões faciais afetivas podem ser consideradas universais e independentes da cultura, possuindo, portanto, motivação biológica inata [13]. Tais expressões são apresentadas na Figura 2 e sinalizam: alegria,raiva, tristeza, medo,surpresa enojo. A composição em diferentes graus destas expressões básicas permite representar outras 33 outras variações destas emoções básicas [14].

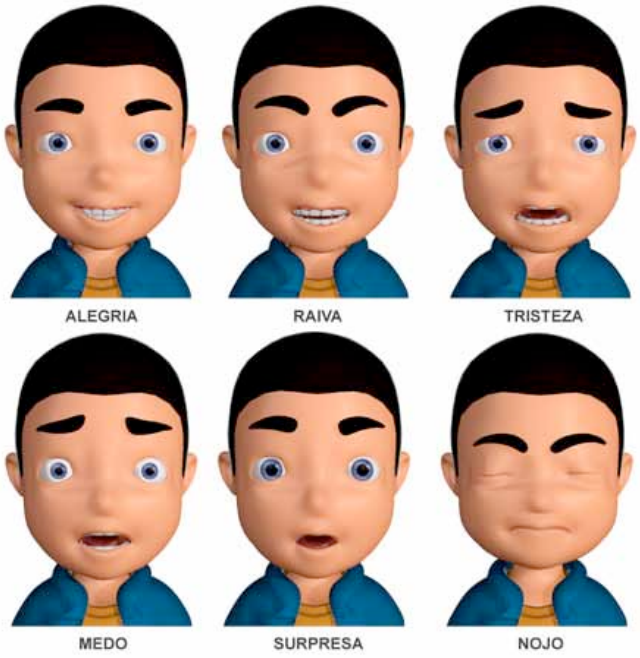


Figura 2: Expressões faciais afetivas - estudo.

Além das expressões afetivas, temos as expressões faciais gramaticais (lexicais e sentenciais). As lexicais estão ligadas diretamente ao grau de intensidade dos adjetivos. Um exemplo da variação da intensidade é o adjetivo “gordo”, que pode ser expresso em sua forma normal, no diminutivo e no aumentativo, como: gordo, gordinho e gordão. Nasexpressõesfaciais gramaticais sentenciais, identifica-se uma ligação com as sentenças do tipo: interrogativas, afirmativas/negativas e exclamativas.

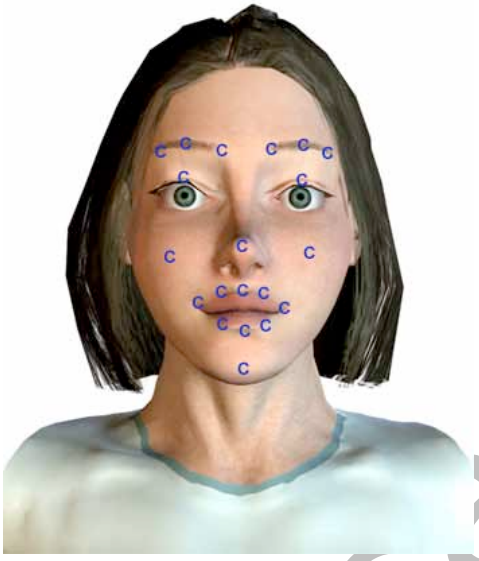


Figura 3: Pontos de controle da animação facial.

Somada às expressões faciais afetivas e gramaticais, a movimentação articulatória visível associada à produção da fala também deve ser apresentada na face. A reprodução desta movimentação é interessante para estabelecer um elo entre a língua de sinal e língua oral e, desta forma, incentivar e favorecer o aprendizado da leitura orofacial, contribuindo ainda mais inserção social do portador de deficiência auditiva. A reprodução da movimentação articulatória visível será baseada no conjunto de visemas dependentes do contexto-fonético para o português do Brasil identificado em [15].

Estetrabalho visa acomodar na animação facial do agente virtual as expressões afetivas, gramaticais e a movimentação articulatória. A abordagem que está sendo implementada é baseada na manipulação de pontos de controle localizados na face virtual. Na Figura 3 são apresentados os pontos de controle que estão sendo utilizados no agente virtual. Tais pontos são conectados à malha poligonal externa, e cada um influencia uma determinada região da face. O ponto de controle, ao ser movimentado, distorce a superfície da face virtual, permitindo a criação das expressões e a movimentação articulatória.

4.3 Plataforma de desenvolvimento

Para a implementação do agente virtual sinalizador Libras está sendo a utilizada a plataforma Microsoft XNA. Esta plataforma é voltada ao desenvolvimento de jogos, possuindo como linguagem padrão a linguagem C#. Por ser voltada ao desenvolvimento de jogos, a plataforma oferece, entre outros, recursos para a importação, através de arquivos no formato FBX, e para a animação de personagens virtuais.

O software desenvolvimento possui cinco métodos principais: *Initialize*, *LoadContent*, *Update* e *Draw*. Os métodos *Initialize* e *LoadContent* são executados um única vez no inicio execução. Já os métodos *Update* e *Draw* são executados repetidamente em um laço infinito.

No método *Initialize*, definimos a inicialização de diversas variáveis de controle e criamos as matrizes de visualização e perspectiva. O método *LoadContent* é responsável por fazer a leitura do arquivo de modelo FBX e carregar nossa personagem tridimensional na memória, sendo também responsável pela inicialização das matrizes necessárias para a movimentação da personagem, bem como definir sua pose inicial. A aplicação das matrizes de transformação (translação e rotação) nos diversos membros da personagem, baseado nos sinais desejados, obtidos através dos arquivos XML, ocorrem dentro do método

ibergrcap

Update. Em seguida, o método *Draw* exibe, na tela do usuário, o resultado das transformações na personagem através de uma câmera de visualização que é criada baseada nas matrizes de visualização e perspectiva já criadas dentro do método *Initialize*.

5. Conclusão e trabalhos futuros

Com um agente virtual sinalizador de língua de sinais é possível aumentar a acessibilidade computacional aos portadores de deficiência auditiva, melhorando assim a interação homem-máquina para estes usuários.

O agente virtual sinalizador está em fase de implementação, utilizando os recursos computacionais discutidos na sessão quatro. Após a conclusão da implementação, serão realizadas avaliações para verificar a eficácia do sinalizador e da notação proposta.

A identificação de conteúdo para conhecedores da LIBRAS é indispensável nas avaliações futuras. Com o propósito de validar o agente virtual sinalizador, testes serão realizados para verificar se os sinais reproduzidos são corretamente interpretados por conhecedores das línguas de sinais.

Conteúdo na língua brasileira de sinais deverá ser criado utilizando o sistema de transcrição proposto em [10] e [11] e posteriormente sinalizado pelo agente virtual. Observando os sinais reproduzidos pelo sinalizador, o participante deve informar se é possível o reconhecimento do significado dos gestos apresentados.

Os mesmos sinais reproduzidos pelo avatar serão gravados em vídeo e apresentados aleatoriamente aos participantes. O objetivo é obter uma comparação dos resultados, possibilitando avaliar se um possível resultado negativo no reconhecimento do sinal é deficiência do sinalizador ou falta de conhecimento prévio do sinal por parte do participante.

Referências

[1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Censo Demográfico 2000 - Características Gerais da População - Resultados da Amostra*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2003.

[2] J. R. Kennaway, J. R. W. Glauert, I. Zwitserlood. Providing Signed Content in the Internet by Synthesized Animation. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction. - TOCHI*, Vol. 14, no. 3, Article 15, pp. 1-29, 2007.

[3] S. K. Liddell. Nonmanual signals and relative clauses in American Sign Language. In: P. Siple(Ed.), *Understanding language through sign language research*, pp. 59-90, Academic Press, 1978.

[4] F. H. Cardozo, P. R. Souza. Lei Nº 10.436. *Diário Oficial da União*, no. 79, Seção 1, República Federativa do Brasil – Imprensa Nacional, pp. 23, 25 de abril de 2002.

[5] L. I. L. Silva, F. Haddad. Decreto Nº 5.626., *Diário Oficial da União*, no. 246, seção 1, pp. 28-30, 23 de dezembro de 2005.

[6] W. C. Stokoe. *Sign* Language Structure: An Outline of the Visual Communication System of the American Deaf. *Studies in Linguistics*, Occasional Papers 8, 1960.

[7] V. Sutton. Researcher´s Resources SignWriting. *Sign Language & Linguistics* Vol. 2, no. 2, John Benjamins, pp. 271–281, 1999.

Iberdiscap

[8] S. Prillwitz, R. Leven, H. Zienert, T. Hanke, J. Henning. *HamNoSys: Hamburg Notation System for sign languages: an introductory guide*. Signum, 1989.

[9] Christopher Miller. Some reflections on the need for a common sign notation. *SignLanguage & Linguistics*, Vol. 4 , no. 2, pp. 11-28, 2001.

[10] W. M. Amaral, J. M. De Martino. Towards a Transcription System of Sign Language for 3D Virtual Agents. *International Conference on Systems, Computing Sciences and Software Engineering* - SCSS 09, University of Bridgeport, Connecticut, USA, pp. 6, 4-12 December 2009.

[11] W. M. Amaral, J. M. De Martino. Modelo de transcrição da Língua de Sinais Brasileira voltado a implementação de agentes virtuais sinalizadores. *Anais do 1º Congresso Regional de Design de Interação - interaction | south america 09*, São Paulo/SP, Brazil, pp. 156-169, 26-28 novembro 2009.

[12] N. Pimenta, R. M. Quadros. *Curso de Libras I*, LSBVídeo. Rio de Janeiro, 2006.

[13] C. Darwing, P. Ekman. *The Expression of the Emotions in Man and Animals - Anniversary Edition*, OxfordUniversity Press, 2009

[14] P. Ekman, W. V. Friesen. *Unmasking the face: a guide to recognizing emotions from facial expressions*, Malor Books, 2003.

[15] J. M. De Martino. *Animação Facial Sincronizada com a Fala*. Tese de doutorado, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, SP/Brasil, julho 2005.

Iberdiscap

Nuevas Prestaciones del Programa de Intervención en el Lenguaje Asistido Emergente (PILAE)

Sira E. Palazuelos Cagigas[1], David Cortés Pérez[1], Marisa Gómez Taibo[2], Candelaria Imbernón López[3], José L. Martín Sánchez[1], Javier Macías Guarasa[1]

[1]Universidad de Alcalá. Campus Universitario s/n. 28805. Alcalá de Henares, España, Tel.: +34 91 8856581, Fax.: +34 91 8856591, sira@depeca.uah.es, dcortesp@gmail.com, jlmartin@depeca.uah.es, macias@depeca.uah.es

[2]Universidade de A Coruña. A Coruña, España. marisa@udc.es

[3]Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle (Adscrito a la Universidad Autónoma de Madrid), Aravaca, Madrid, España. c.imbernon@lasallecampus.es

Resumen.

En este artículo se describen los cambios realizados en el entorno PILAE, una herramienta para la facilitar la enseñanza de estructuras gramaticales sencillas. Utilizando la aplicación el profesor puede determinar un conjunto de ejercicios que el alumno debe realizar en sesiones posteriores. Los resultados de los alumnos se almacenan, y posteriormente se muestran al profesor para su análisis.La aplicación puede ser utilizada por usuarios (tanto profesores como alumnos) con algún tipo de diversidad funcional física.

En la versión actual, se ha mejorado el entorno multimedia para hacer más atractivo el diseño y facilitar la realización de ejercicios, se ha integrado un motor gráfico con soporte de vídeos y animaciones que ayuda a motivar el aprendizaje y se ha mejorado el motor de la base de datos del programa para aumentar los ejercicios y símbolos disponibles, y obtener una mayor flexibilidad en la gestión de usuarios.

Palabras clave. Programa de intervención en el lenguaje asistido emergente, AAC, comunicación simbólica, entorno de aprendizaje.

1. Introducción

El Programa de Intervención en Lenguaje Asistido Emergente (PILAE) es un programa de intervención en el lenguaje cuyo objetivo fundamental es contribuir al desarrollo de la competencia lingüística de las personas con necesidades comunicativas especiales tanto a nivel receptivo como expresivo. El problema para las personas que tienen necesidad de usar un lenguaje asistido es que el desarrollo de la competencia lingüística es una tarea enormemente compleja ya que además de desarrollar conocimientos, juicios y habilidades de la lengua hablada de su entorno familiar tienen también que desarrollar dichos requisitos en los códigos lingüísticos de los sistemas de CAA que utilizan. Específicamente, las habilidades lingüísticas de los sistemas aumentativos y alternativos que tienen que dominar incluyen el conocimiento lexico de los símbolos, las habilidades semántico-sintácticas para el uso de dichos símbolos y la combinación significativa de los mismos para expresar mensajes más complejos. [1], [2] y [3].

Ibero-cap

Aunque la investigación ha demostrado los beneficios globales de la introducción de sistemas de lenguaje asistidos sobre la competencia comunicativa de las personas con discapacidad, apenas hay programas que se centren en la enseñanza estructurada del lenguaje asistido. En este sentido, PILAE, además de ser accesible a las personas con discapacidad física, proporciona acceso a un entorno de aprendizaje a partir del cual las personas con necesidades comunicativas complejas podrán adquirir y desarrollar la competencia lingüística en el nivel de habilidades de lenguaje receptivo, a través de la enseñanza de vocabulario y del feedback auditivo que el programa proporciona, y la competencia lingüística específica de los símbolos de CAA, ya que todo el vocabulario a enseñar se basa en el uso de símbolos alternativos como fotografías, SPC, símbolos PIC, símbolos Bliss, alfabeto y palabra escrita. El programa, además, pretende desarrollar la competencia lingüística expresiva al abordar la enseñanza de las estructuras morfo-sintácticas de la lengua castellana, de manera graduada y secuencial.

En este artículo se describe la evolución y los cambios realizados en PILAE, destinados fundamentalmente a aumentar su potencia y a hacer más atractiva la aplicación con el fin de optimizar el proceso de enseñanza. Para ello se han realizado las siguientes modificaciones:

- Nuevo entorno multimedia haciendo más atractiva y visual la aplicación, añadiendo soporte para vídeos, animaciones y un posible tutor virtual.
- Mejora del sistema interno de organización de datos para una mayor robustez y agilidad en el funcionamiento del programa y la ampliación de la base de datos de símbolos alternativos, tales como imágenes, PIC o Bliss y de ejercicios.
- Programa multiplataforma para independizarlo del sistema operativo sobre el que se ejecutará.

2. Descripción de la aplicación

PILAE es un programa accesible que proporciona instrucción explícita para comprender y aprender vocabulario, estructuras morfológicas, y conocimiento sintáctico. También proporciona instrucción explícita para la producción lingüística de símbolos de Comunicación Alternativa y Aumentativa CAA, para la producción de concordancias y de frases sencillas con la estructuración gramatical correcta del español. Todos los elementos en PILAE se presentan a los alumnos en un formato visual (fotografías, SPC, símbolos Bliss) y se permite al usuario explorar y seleccionar sus respuestas mediante la selección bien por pulsador o bien por ratón.

Los objetivos específicos del programa son:

1. La enseñanza y aprendizaje de un corpus léxico, fundamentalmente sustantivos, característico de las primeras etapas de la adquisición del lenguaje (lenguaje emergente), utilizando fotografías, símbolos pictográficos para la comunicación, símbolos PIC, símbolos Bliss, etc.
2. La enseñanza y aprendizaje de estructuras gramaticales básicas, en los niveles morfológico y sintáctico:
    - El número: singular y plural.
    - Los artículos y su género: femenino y masculino.
    - La concordancia de los artículos en género con los sustantivos
    - La concordancia de los artículos en número con los sustantivos.
    - La concordancia de los artículos en género y número con los sustantivos.
    - El adjetivo.

Iberdiscap

- La concordancia en género del adjetivo con el artículo y sustantivo.
- La concordancia en número del adjetivo con el artículo y sustantivo.
- Adjetivos sin género.
- Los verbos: tiempo presente.
- Los verbos: tiempo pasado.
- Los verbos: tiempo futuro.

El uso del programa conlleva varias etapas. En primer lugar, el profesor determina para cada alumno la secuencia de ejercicios y símbolos que se utilizarán en ellos. A continuación tiene lugar la sesión por parte del alumno, queen tres fases: inicialmente, la fase de aprendizaje en la que se muestra al usuario el elemento léxico/concordancia/tiempo verbal, etc., según establezca el profesor, visualmente y con salida de voz artificial, representado mediante los símbolos que sean adecuados a su nivel cognitivo; a continuación la fase de comprensión, en que el programa pide localizar un determinado/a símbolo / concordancia / estructura gramatical, y por último la fase de realización de ejercicios, en que se registran los resultados del alumno. Por último, el profesor analiza los resultados antes de programar la siguiente sesión.

La versión actual de PILAE se ha rediseñado y re-implementado por completo para hacer la aplicación compatible con distintos sistemas operativos. Se ha creado un entorno multiplataforma que funciona tanto en sistemas Windows como en Linux o en Mac OS X. Para ello se ha hecho uso de las librerías de libre distribución QT [4] desarrolladas por Nokia. Dichas librerías se implementan bajo el lenguaje de programación C++. La antigua aplicación se ha separado en dos módulos independientes uno dedicado a administración y profesores y otro dedicado a los alumnos con el objetivo de simplificar el menú de inicio de sesión que contiene el listado de los distintos usuarios del programa. Además se han añadido nuevas funcionalidades que se describirán a continuación.

2.1 Módulo de gestión (módulo de administración y profesores)

Seguidamente describimos los distintos bloques que forman el módulo de gestión de la aplicación.

2.1.1. Inicio y cierre de sesión

La pantalla inicial de PILAE permite la selección del usuario. En la anterior versión no existía la posibilidad de cambiar de usuario sin cerrar la aplicación. En este caso se ha diseñado un sistema de sesiones que facilita dicha tarea sin la necesidad de cerrar el entorno multimedia. Así evitamos que los usuarios abandonen el modo de trabajo personalizado a sus necesidades al salir al entorno del sistema operativo. Esta situación es especialmente problemática para los usuarios de pulsador que no pueden manejar el ratón, por lo cual fuera de la aplicación no tendrían capacidad para volver a ella. En el inicio de sesión se mostrarán todos los usuarios disponibles por el momento. Se puede ver un ejemplo de pantalla de selección de usuarios en la figura 1.

Ibérdrscap

Figura 1. Pantalla de inicio de sesión en PILAE

2.1.2. Pantalla principal

Una vez accedemos a la aplicación, el sistema nos muestra una pantalla principal completamente reestructurada. Inicialmente, la aplicación funciona en pantalla completa para intentar maximizar los elementos que la componen y mejorar la visualización de estos en caso que algún usuario tenga algún tipo de problema visual. Además, evita distracciones con elementos externos a la aplicación, que puedan generar errores en los usuarios si intentan utilizarlos (por ejemplo, iconos en el escritorio para acceder a otras aplicaciones).

Los botones principales se han desplazado al lateral derecho y se han agrandado en comparación con los menús de la anterior versión, haciendo la aplicación más amigable. El lateral izquierdo es utilizado para visualizar los submenús, vídeos y/o posibles animaciones explicativas.

Figura 2. Pantalla principal del módulo de gestión en PILAE.

2.1.3. Gestión de base de datos

En esta versión se ha cambiado el motor encargado de la gestión de la base de datos, tomado la decisión de utilizar un gestor de base de datos sin servidor, que esté soportado por distintas plataformas y sea de libre distribución, para mantener las ventajas que nos proporciona el nuevo entorno de programación, QT. Nuestra elección es SQLite [5]. Con este cambio, utilizaremos tablas relacionales consiguiendo una mayor agilidad y flexibilidad en el tratamiento de los datos.

PILAE internamente dispone de tres tablas para almacenar 3 grupos de datos diferentes:

- Tabla de usuarios, que almacena los valores de configuración, los ejercicios y las estadísticas asociadas a cada uno de los alumnos.
- Tabla de símbolos, que contiene información detallada para cada símbolo (fotografía, símbolo SPC, Bliss, etc.). Entre las características almacenadas destacanel nombre del símbolo, su tipo, el campo semántico al que pertenece, archivos de imagen y sonido asociados y su información gramatical (categoría, género y número). La información incluida en esta tabla facilita la creación semiautomática de ejercicios y la selección del vocabulario.
- Tabla de ejercicios, con la secuencia de ejercicios para cada usuario y los símbolos que componen cada ejercicio.

2.1.4. Gestión de usuarios

Los tipos de usuarios establecidos son:

- El administrador, es la persona responsable de crear, modificar y eliminar los perfiles de cada profesor y sus respectivos estudiantes.
- Los profesores, que pueden crear, modificar y eliminar ejercicios para cada uno de sus alumnos y tener acceso a los datos estadísticos recogidos después de que estos realicen su trabajo.
- Los estudiantes, sólo tienen acceso a la secuencia de ejercicios personalizados programados de forma individual por su profesor.

2.1.5. Gestión de ejercicios

En la etapa de diseño, el profesor selecciona el tipo de ejercicio, el vocabulario y su posición con respecto a otros ejercicios del estudiante. El vocabulario, la lista de ejercicios y su orden pueden ser modificados posteriormente.

Desde el inicio de la aplicación se han creado una serie de ejercicios prediseñados como modelo para los profesores. Estos ejemplos sirven como guía para que los educadores observen el potencial de la aplicación y las estructuras que se pueden utilizar. Los ejercicios disponibles en la aplicación permiten practicar las siguientes estructuras:

- Concordancia entre artículos y sustantivos en género y número,
- Concordancia entre adjetivos, artículos y sustantivos, en género y número,
- Adjetivos sin género y/o número,
- Verbos copulativos, y
- Verbos en presente, pasado y futuro.

2.1.6. Accesibilidad

Se ha intentado flexibilizar al máximo la accesibilidad del programa. La programación con las nuevas librerías QT permite el uso de etiquetas CSS [6], lo que ha mejorado las opciones personalizables. Se han creado temas visuales por defecto, en los que se pueden modificar los colores de los elementos que componen la pantalla tales como la forma, color e iconos de los botones, el tamaño de letra, etc. En el

Iberdiscap

modo de gestión se puede acceder al menú de configuración que permite cambiar el modo de trabajo de cada usuario. Por el momento se diferencian los modos de trabajo estándar (mediante teclado y ratón) o mediante barrido automático. La elección de QT nos abre un gran abanico de posibilidades para mejorar los modos de entrada debido a que estas librerías tienen soporte para pantallas táctiles y gestos con múltiples dedos.

En la figura 3 podemos apreciar el modo de trabajo mediante barrido. De forma continua se realiza un barrido de todos los botones activos resaltándolos y cuando se detecta una pulsación y se activa el menú elegido.

2.1.7. Ayuda

La ayuda ha sido modificada de forma importante. En la versión anterior esta sección estaba integrada en pantallas del sistema de ayuda de Windows, con escasa accesibilidad. Ahora se han creado una serie de vídeos explicativos que muestran, por ejemplo, como realizar las principales funciones de administración de usuarios, símbolos y ejercicios, o la configuración de temas visuales.

2.2 Módulo de ejecución (Módulo de alumnos)

Esta etapa está actualmente en fase de diseño. En este módulo se pretende integrar tutores virtuales personalizados para motivar a los niños, que les expliquen los objetivos de los ejercicios, y les realimenten en caso de equivocación o acierto. Pretendemos utilizar un tutor virtual especializado en mostrar emociones a través de sus rasgos fácilmente. Esto tiene una gran utilidad, ya que una de las dificultades que muestran los niños con autismo, por ejemplo, es la identificación de emociones de los demás.

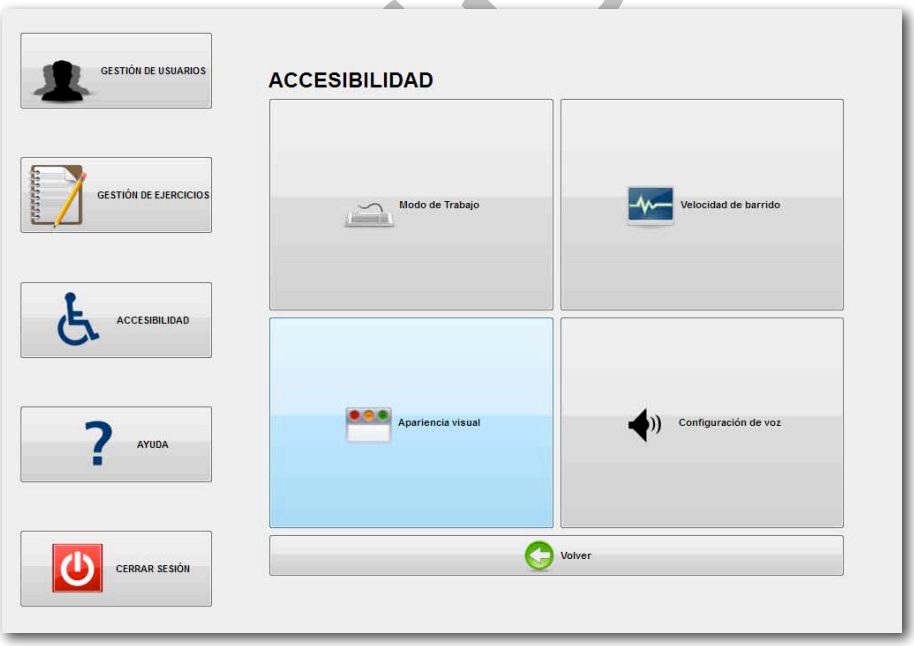


Figura 3. Pantalla de accesibilidad en PILAE

Para ello,inicialmente, estamos utilizando como base la idea del robot Bandit, que se muestra en la figura 4, que trata de simplificar los rasgos de la cara para una mejor percepción de los gestos por parte de los niños.

Figura 4. Imagen de la cara del Robot Bandit [7]

4. Conclusiones y trabajos futuros

PILAE es una herramienta para la enseñanza de estructuras gramaticales sencillas, como, por ejemplo, la concordancia entre determinante, sustantivo y adejtivo. En este documento se han presentado las principales mejoras introducidas en la nueva versión de PILAE. Todas ellas tienen relación con su aspecto visual, la potencia en la gestión de datos y recursos multimedia, y la independencia y la compatibilidad con sistemas operativos actuales.

Los trabajos futuros, en los que ya se está trabajando, aumentarán su potencia en los siguientes aspectos:

- Proporcionar varios tutores animados mediante diseño de animaciones 2D y 3D.
- Introducir mayores posibilidades de uso del sonido.
- Facilitar el entorno multiplataforma y táctil.
- Incluir un generador de conjugaciones verbales.
- Aumentar la cantidad de símbolos y ejercicios prediseñados.

Estas modificaciones darán lugar a una aplicación más amigable para los niños (sus principales usuarios), que favorecerá su aprendizaje debido a su entorno agradable y a sus recursos multimedia.

Referencias

[1] Smith, M. M. y Grove, N. C. Asymmetry in Input and Output for Individuals who Use AAC. In J. C. Light, D. R. Beukelman, and J. Reichle Eds. Communicative competence for individuals who use AAC, pp. 163-195. From research to effective practice. Baltimore: Paul Brookes, 2003.

[2] Romski, M. A., Sevcik, R. A., & Forrest, S. Assistive technology and augmentative communication in inclusive early childhood programs. In M. J. Guralnick Ed., Early Childhood Inclusion: Focus on change, pp. 465-479. Baltimore: Paul H. Brooks, 2001.

[3] Yoder, D. & Kraat, A. Intervention issues in nonspeech communication. In J. Miller, D. Yoder & R. Schiefelbusch Eds. Contemporary issues in language intervention, pp. 27-51. Rockville, MD: American Speech-Language Hearing Association. 1985.

[4] Sitio web oficial de las librerías QT de Nokia. http://qt.nokia.com/

[5] Sitio web oficial de SQLite. http://www.sqlite.org/

Iberdiscap

[6] Sitio web oficial de Cascading Style Sheets. http://www.w3.org/Style/CSS/

[7] Maja J. Mataric, The Robotics Primer, The MIT Press, Septiembre 2007.

Iberdiscap

Avances en PredWin+

Sira E. Palazuelos Cagigas, Raquel Vallejo Cardenal, Javier Macías-Guarasa, José L. Martín Sánchez, Cristina Losada Gutiérrez

Universidad de Alcalá: Campus Universitario s/n. 28805. Alcalá de Henares, España, Tel.: +34 918856581, Fax.: +34 918856591, {sira, raquel.vallejo, macias, jlmartin, losada}@depeca.uah.es

Resumen.

PredWin es un editor de texto orientado fundamentalmente a personas con diversidad funcional física especialmente si no pueden utilizar el teclado o el ratón convencional. Su objetivo es permitir la escritura de texto con uno o dos pulsadores y barrido de las opciones(ayudando con predicción de palabras y expansión de abreviaturas), tanto para la redacción como para la comunicación, y dispone también de un módulo matemático para editar operaciones en el formato convencional. La versión actual se distribuye gratuitamente a través del CEAPAT.

En este artículo se presentan algunas de las actualizaciones y mejoras que se están realizando sobre la nueva versión de PredWin: compatibilidad con sistemas operativos actuales, mejoras en el aspecto,las posibilidades de configuración, potencia de procesamiento de texto o la predicción de palabras y expansiones, entre otras.

Palabras clave: PredWin, editor predictivo, predicción de palabras, configurabilidad.

1. Introducción

En la sociedad actual, el envejecimiento y sus implicaciones están empezando a tener una gran relevancia social, así como la preocupación por aumentar la calidad de vida de las personas con discapacidad, independientemente de su edad. Una de las capacidades que más incidencia tiene en la participación social, laboral y educativa de las personas es la posibilidad de comunicarse activamente con los demás de forma oral o escrita, y poder expresar sus necesidades, preferencias, opiniones o conocimientos. Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) son actualmente un soporte básico para la vida independiente, la salud y el bienestar de las personas, ya que están implicadas en innumerables ámbitos de la vida (salud, seguridad, comunicación, etc.), y están relacionadas con gran parte de los productos de apoyo actuales.

PredWin, editor predictivo para personas con graves discapacidades físicas, es una aplicación que permite a este tipo de usuarios escribir con uno o dos pulsadores con la ayuda de potentes métodos de predicción de palabras y comunicarse vocalmente con la salida de voz, teniendo múltiples opciones de configuración (como modificación de la velocidad de barrido, cambio de tipo, tamaño y color de la letra, predicción de palabras y expansiones para acelerar la escritura, etc.). Esta flexibilidad y la multiplicidad de las opciones de configuración la convierten en una herramienta sumamente versátil para un amplio abanico de usuarios, fundamentalmente personas con problemas graves de movilidad debido a accidentes de tráfico, parálisis cerebral, esclerosis múltiple, ELA (esclerosis lateral amiotrófica), ICTUs, etc. En [1] puede encontrarse una descripción detallada del funcionamiento de la versión actual, que puede descargarse de forma gratuita de la página web del CEAPAT (http://www.ceapat.org).

En este artículo mostraremos las actualizaciones y mejoras que se están llevando a cabo en la versión actual por necesidades de compatibilidad con los nuevos sistemas operativos, aumento de prestaciones de

iberdiscap

la aplicación y de los algoritmos de apoyo a la escritura (predicción de palabras o expansiones), o por sugerencia directa de los usuarios del sistema.

2. Actualizaciones en la aplicación PredWin

En este apartadodescribiremos algunas de las mejoras que se han realizado en la aplicación PredWin relativas a su aspecto, modos de acceso y potencia de procesamiento de texto.

2.1. Mejoras generales y de aspecto

Una parte importante del esfuerzo de actualización está orientada a incrementar su compatibilidad con las versiones actuales del sistema operativoWindows y a aumentar su potencia general.También se ha modernizado el aspecto de la aplicación, por ejemplo, introduciendo la posibilidad de visualizar iconos asociadosa las opciones de los menús para facilitar el uso del programa, ya que eliminan la necesidad de leer cada opción, aumentando la velocidad de uso. En la figura 1 se muestra el aspecto actual del menú principal con los iconos asociados a cada opción.

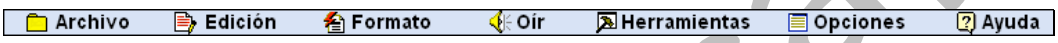


Figura 1. Iconos añadidos en la diferentes opciones.

En esta figura ya se puede apreciar una opción nueva con respecto a la versión anterior, “Formato”, de la que se hablará en el apartado de “Aumento de la potencia de procesamiento de texto”.

Además, la nueva versión tiene más posibilidades de personalización, habiéndose añadido un mayor número de tipos de letra (tanto para el texto como para los menús) y de colores de fondo de la aplicación, de las palabras predichas o de las letras. Por ejemplo, en las siguientes figuras se pueden ver las nuevas ventanas para la configuración del color que tienen un mayor número de colores básicos (figura 2), e incluso existiendo la posibilidad de utilizar exactamente el color deseado aunque no sea uno de los colores básicos a partir de su código RBG (figura 3).

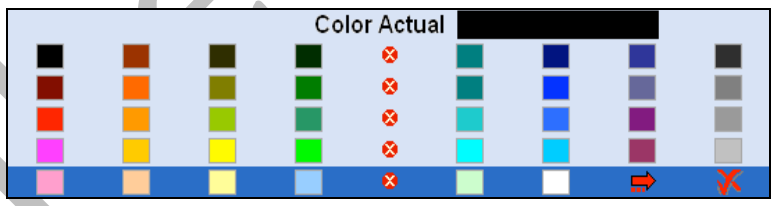


Figura 2. Nueva ventana de selección de color.

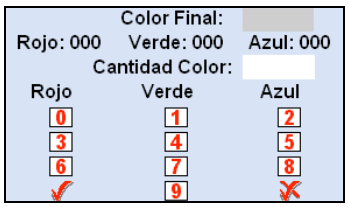


Figura 3. Ventana de personalización de color.

Hardiscan

Para flexibilizar sus posibilidades como comunicador, se han mejorado también sus capacidades de síntesis de voz, añadiendo la posibilidad de reproducir voz con el estándar de Microsoft SAPI 5, además del sistema de síntesis de voz disponible en la versión actual. Esto permite que la nueva versión de PredWin pueda utilizar cualquier voz instalada en el ordenador que cumpla ese estándar. En la figura 4 se puede ver un ejemplo de pantalla de selección de las voces disponibles.

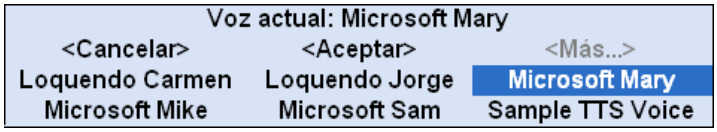


Figura 4. Ventana de selección de voz.

Como resumen, en las siguientes figuras pueden observarse algunas diferencias de aspecto entre la versión actual y la nueva. En la figura 5se puede ver la pantalla principal de la versión actualmente disponible, configurada para acceso por barrido por filas y columnas.

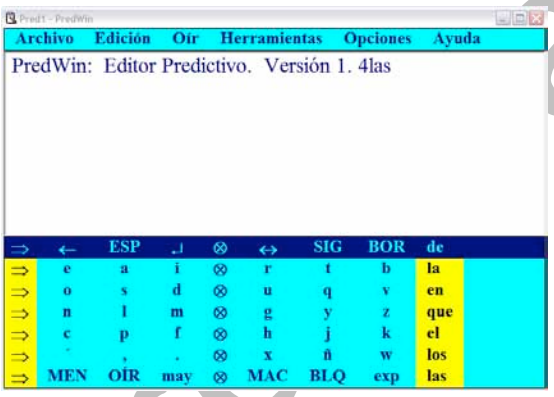


Figura 5. Interfaz de usuario de la versión actual de PredWin.

En la figura 6 se muestra la interfaz de la versión en la que se está trabajando, configurada para acceso directo por ratón. En ella se pueden observar los iconos, nuevas opciones (como, por ejemplo, “formato” en el menú principal) y su aspecto con uno de los nuevos colores soportados.

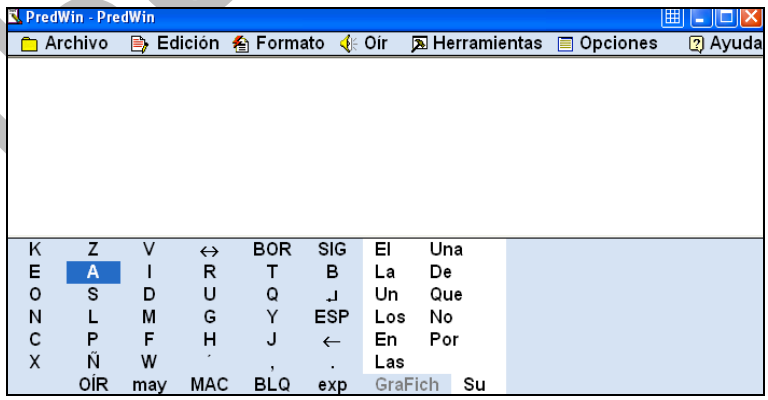


Figura 6. Interfaz de usuario de la nueva versión de PredWin.

2.3. Nuevos modos de acceso

En la versión actual de PredWin se han añadido dos nuevos modos de acceso:

- La posibilidad de utilizar el “ratón como pulsador”, especialmente para las personas que usan PredWin en Windows XP utilizando el botón izquierdo del ratón como pulsador. Esta opción hace desaparecer el puntero del ratón cuando PredWin arranca (manteniéndolo en las demás aplicaciones). En PredWin el ratón se comportará como un pulsador, ignorando la posición del puntero y sin que este dificulte la visibilidad de las opciones. En las demás aplicaciones mantendrá su comportamiento habitual.
- Modo de selección: “autoclick”. Es un modo de acceso directo a las opciones que elimina la necesidad de pulsar el botón del ratón, orientado fundamentalmente a personas que pueden controlar fácilmente la posición del puntero, pero tienen dificultad para realizar la pulsación. Cuando el puntero del ratón supere un tiempo sobre una determinada opción, ésta será automáticamente seleccionada (como si se hubiera hecho un clic del ratón). Esta selección puede ir acompañada o no por un sonido, y el tiempo que el puntero debe estar fijo sobre cada opción para que esta se seleccione es configurable.

2.4. Aumento de la potencia de procesamiento de texto

En la versión nueva se están introduciendo las siguientes posibilidadespara cambiar el formato del texto o para procesarlo mientras se está editando:

- Opciones “Deshacer”, “Buscar”, “Reemplazar”, etc. en el menú de Edición. En las Figura 7 y 8 pueden verse el nuevo menú de Edición y la ventana de buscar.

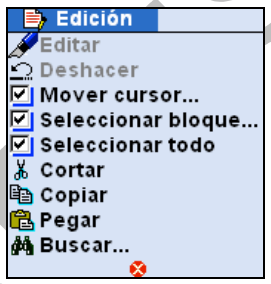


Figura 7. Nuevo menú de Edición.

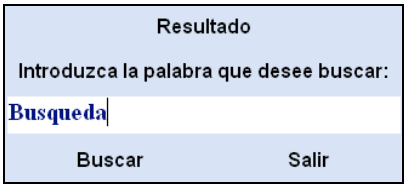


Figura 8. Nuevo opción de búsqueda de palabras.

Ibersiscap

- La inclusión de la opción *Formato* en el menú principal, cuyo menú se muestra en la figura 9 y que incluye las opciones típicas de justificación del texto (derecha, izquierda, centrado, justificado), formato (negrita, cursiva), cambio de mayúsculas o minúsculas y de tipo de letra. La versión actual permite elegir entre cualquier tipo de letra disponible en el ordenador. La ventana de elección de letra se muestra en la figura 10.

Figura 9. Nuevo menú de Formato.

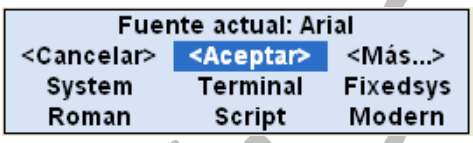


Figura 10. Selección de tipo de letra.

3. Predicción de palabras y de expansiones

La predicción de palabras es una ayuda frecuentemente incluida en las herramientas utilizadas por personas con discapacidad para escribir con el objetivo de reducir la cantidad de pulsaciones necesarias para introducir el texto. Consiste en ofrecer al usuario posibles terminaciones o continuaciones correspondientes al fragmento de palabra que ha escrito, de forma que, si entre las predicciones está la palabra que el usuario desea escribir, pueda seleccionarla y no necesite acabar de escribir la palabra [2], [3], [4] y [5]. Está incluida en PredWin desde las versiones iniciales.

Se puede encontrar una descripción detallada de la predicción de palabras de la versión actual en [6]. En la nueva versión la predicción de palabras tradicional ha sido mejorada, considerando a la hora de predecir las 5 palabras anteriores, y no solo una, como en la versión anterior. Además se han incluido nuevos algoritmos, además de las tradicionales secuencias de categorías de palabras (n-POS), como pueden ser las redes neuronales artificiales, las máquinas de soporte vectorial, los modelos de regresión logística o el clasificador bayesiano naïve. Además, se está trabajando actualmente en fusionar los resultados de este grupo de clasificadores para obtener uno que combine la información de todos ellos mejorando los resultados. La arquitectura y los detalles de los métodos de predicción pueden encontrarse en [7], [8] y [9] aplicados a portugués. En la actualidad están siendo portados a español, obteniendo resultados prometedores, como se muestra en el siguiente apartado.

Además también se están introduciendo otras técnicas de ayuda a la escritura. En la actualidad existen sistemas que incluyen la expansión de abreviaturas [10], [11] y [12]: el usuario escribe el texto de forma abreviada (por ejemplo, “dxt” y el sistema le expande esa abreviatura (en este caso “deporte”). En PredWin hemos avanzado un paso más sobre la expansión de abreviaturas, y en la nueva versión estamos incluyendo predicción de expansiones de abreviaturas: el usuario podrá escribir el texto abreviado y la

Ibersaap

predicción funcionará como si se estuviera escribiendo correctamente, mostrando palabras cuya abreviatura pueda comenzar con las letras escritas de la palabra en curso. En el ejemplo anterior, la palabra “deporte” se le ofrecería al usuario desde el momento en que hubiera escrito “d” o “dx”, no siendo necesario completar una abreviatura completa. Al seleccionar la palabra, el sistema borrará el fragmento de abreviatura escrito e insertará la palabra correcta, obteniéndose un texto correctamente escrito.

El problema de los sistemas tradicionales de expansión de abreviaturas es que exigen un alta carga cognitiva al usuario, ya que suele ser necesario memorizar la abreviatura que corresponde a cada palabra. Para reducir esta carga cognitiva, en PredWin se utiliza un algoritmo flexible de expansión de abreviaturas (y, por tanto, de predicción de expansiones), que permite que se elimine cualquier letra de la palabra aleatoriamente, siendo la única condición que las letras de la abreviatura que se escriban aparezcan en el mismo orden que en la palabra completa.Además, también soporta otras técnicas de abreviación que son frecuentemente utilizadas en la escritura de SMS:

- Uso de técnicas heurísticas, por ejemplo, fonéticas o de sustitución (x=por, k=ca, 2=dos, etc.).
- Expansión fija por medio de tablas de pares abreviatura-expansión, en que la abreviatura puede coincidir o no en letras con la palabra o frase descomprimida. Estas tablas las podrá rellenar el usuario con sus abreviaturas personales y deberá sabérselas de memoria.

El algoritmo de expansión se explica en detalle en [13].

Además, hay que considerar que los usuarios no siempre van a utilizar abreviaturas, posiblemente sólo utilicen las que le resulten particularmente cómodas o las que les proporcionen mayor ahorro de pulsaciones. En estas circunstancias no se puede dejar de considerar que puede estar escribiendo la palabra completa, y la predicción de palabras tradicional podría seguir ayudándole en la escritura. Por ello en PredWin se pueden tener activos simultáneamente los sistemas de predicción de palabras y de expansiones y en ese caso, se le ofrecerá al usuario una lista combinada de los resultados de ambos algoritmos. Con el fin de no alargar la lista de palabras proporcionadas al usuario, lo que aumentaría la carga cognitiva y la lentitud en el uso del sistema, se ha mantenido en 5 el número de palabras total de la lista que se muestra al usuario, que ahora provienen de los dos métodos de predicción. Después de probar varias posibles formas de combinar los dos métodos, los mejores resultados en la evaluación automática se obtienen dando prioridad a la predicción de palabras sobre la de abreviaturas, es decir, el algoritmo de predicción de palabras será el primero en realizar la propuesta de palabras predichas, y si una vez rellena esta lista de posibles palabras, esta no está completa, se añaden palabras procedentes del algoritmo de expansión de abreviaturas.De todas formas, esto son resultados de evaluaciones realizadas de forma automática y se debe considerar que los resultados particulares para cada usuario dependerán de su uso frecuente o no de las abreviaturas en la escritura, y de su estilo al abreviar.

4. Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la evaluación automática tanto del sistema de predicción de palabras como de predicción de expansiones de abreviaturas. Es necesario considerar que la evaluación automática de la predicción y de la expansión es muy compleja como se explica en [14], ya que los resultados pueden variar en función del texto que se utilice de prueba, los parámetros de la predicción, etc. Por ello, mostraremos secuencias de experimentos realizados en las mismas condiciones de forma que dentro de la misma secuencia los resultados sí sean comparables.

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos por algunos de los nuevos métodos de predicción de palabras aplicados para castellano. Se han probado sobre un texto de origen periodístico de 56873 palabras que requería 333560 pulsaciones para ser escrito sin ayuda de predicción ni expansión.

Ibertisca

Método de predicción	# de pulsac. ahorradas	% Ahorro con respecto a escritura sin predicción
Predicciónbásica sin información gramatical(solo diccionario gral)	100123	30,02%
Experimento 1 más pred. basada en modelos de regresión 3POS	108780	32,61%
Experimento 1 más SVM 3 POS	107361	32,19%
Fusión de clasificadores	18805	32,62%

Tabla 1. Resultados de varios métodos de predicción y de su combinación.

Se puede observar que todos los clasificadores producen una mejora en los resultados con respecto a la predicción sin ayuda gramatical. Estos resultados son preliminares para castellano, ya que son métodos inicialmente adaptados a portugués de Brasil. Se espera que con mayores adaptaciones de los métodos a castellano se consigan mejores resultados, similares a los obtenidos para portugués [7], [8] y [9].

En la comparación entre predicción de palabras y expansiones, el texto utilizado para las pruebas era un compendio de cuentos variados, de 2000 palabras, y para escribirlo sin ayuda de predicción ni expansión son necesarias 11969 pulsaciones.

Método de predicción	# de pulsac. ahorradas	% Ahorro con respecto a escritura sin predicción
Predicción palabras con tripos, n-gramas y diccionario personal	7243	39,48%
Predicción de expansiones utilizando los mismos algoritmos	6461	46,01%
Predicción de palabras y de expansiones con prioridad a la predicción de palabras	5606	53,16%

Tabla 2. Resultados obtenidos por la predicción de palabras y la predicción de expansiones de abreviaturas.

Como puede verse en la tabla 2, la combinación de los dos algoritmos de predicción permite que el usuario introduzca texto abreviado o texto normal, y produce los mejores resultados si la predicción de palabras tiene prioridad, con un ahorro de pulsaciones en el orden de un 53,16%.Este dato supera en más de un 7% al mejor de los algoritmos de predicción de expansiones y en casi un 14% al mejor algoritmo de predicción de palabras.En [15] pueden encontrarse más datos y resultados sobre esta evaluación automática.

5. Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se han mostrado las principales modificaciones que se han introducido o se están incluyendo en la nueva versión de PredWin. Están relacionadas fundamentalmente con los siguientes temas: compatibilidad de la aplicación con las nuevas versiones de Windows, modernización de aspecto (iconos, colores, tipos de letra, etc.), aumento de la potencia en la edición de texto (como, por ejemplo, negritas, centrado, o la gestión de bloques).

Iberdiscap

Además, se está haciendo un esfuerzo importante en la inclusión de algoritmos de predicción de palabras y expansiones más potentes como pueden ser las redes neuronales, máquinas de soporte vectorial, modelos de regresión logística o clasificadores bayesianos. Para optimizar el funcionamiento del sistema global se está estudiando diversas fórmulas de fusión de datos que permitan utilizar los resultados de todos los métodos de forma combinada.

Referencias

[1] Palazuelos Cagigas S. E., Martín Sánchez J. L., Arenas García J., Godino Llorente J. I., Aguilera Navarro S.. "Communication strategies using PredWin for people with disabilities". Conference and Workshop on Assistive Technology for Vision and Hearing Impaired. Castelvecchio Pascoli, Italia. Agosto 2001.

[2] Carlberger A., Carlberger J., Magnuson T. Hunnicutt S., Palazuelos-Cagigas S., Aguilera Navarro S.. Profet, a new generation of word prediction: An evaluation study. Proceedings, ACL Workshop on Natural language processing for communication aids, 23–28, Madrid. 1997.

[3] Garay-Vitoria N. and Gonzalez-Abascal. J. 1997. Intelligent word prediction to enhance text input rate (a syntactic analysis-based word prediction aid for people with severe motor and speech disability). In Proceedings of the Annual International Conference on Intelligent User Interfaces, 241–244.

[4] Lesher, G.W., Moulton, B.J., Higginbotham, D.J. Effects of ngram order and training text size on word prediction. Proceedings of the RESNA'99 Annual Conference, 52-54, Arlington, VA: RESNA Press. 1999.

[5] Magnuson T., Hunnicutt S., 2002. "Measuring the effectiveness of Word prediction: The advantage of long-term use". Speech, Music and Hearing, KTH, Estocolmo, Suecia. TMH-QPSR. Volumen 43: 57-67.

[6] Palazuelos Cagigas S. "Aportación a la predicción de palabras en castellano y su integración en sistemas de ayuda a personas con discapacidad física". Tesis Doctoral. 2001.

[7] Cruz Cavalieri D., Freire Bastos T., Sarcinelli Filho M., Palazuelos Cagigas S.E. Redes neuronales artificiales para predicción de categorías de palabras en portugués de Brasil. Actas de Iberdiscap 2008. V Congreso Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad. 978-958-8316-63-5. Páginas: 263-265. Ed. Fondo Editorial. Universidad Pedagógica Nacional, Santiago Silva Aponte (Coordinador editorial). Cartagena, Colombia. Noviembre de 2008.

[8] Cruz Cavalieri D., Palazuelos Cagigas S.E., Freire Bastos T., Sarcinelli Filho M., Avaliação de Métodos de Predição de Categorias para o Português do Brasil. Actas del SBAI 2009 (CD). ISSN 2175-8905. Brasilia-DF. Brasil. 2009.

[9] Cruz Cavalieri D., Palazuelos Cagigas S.E., Freire Bastos T., Sarcinelli Filho M. Evaluation of Machine Learning Approaches to Portuguese Part-of-Speech Prediction. Propor 2010. Porto Alegre - RS, Brazil. Abril 2010.

[10] Lesher G., Moulton B., 2005. "An introduction to the theoretical limits of abbreviation expansion performance". http://www. dynavoxtech.com/files/research/LeMo05.pdf 28 Annual RESNA Conf. Proceedings.

[11] Willis T., Pain H., Trewin S., Clark S. 2002. "Informing Flexible Abbreviation Expansion for users with motor disabilities". Lecture Notes In Computer Science; Vol. 2398 Proceedings of the 8th International Conference on Computers Helping People with Special Needs. Páginas: 251 – 258. ISBN: 3-540-43904-8.

[12] Willis T., Pain H., Trewin S. 2005. "A Probabilistic Flexible Abbreviation Expansion System for Users With Motor Disabilities". School of Informatics, University of Edinburgh.

Iberdiscap

[13] Hierrezuelo Sabatela, L, Palazuelos Cagigas S., Mazo Quintas M., Martín Sánchez. J. "Combinación de algoritmos de predicción de palabras y de expansiones en español para sistemas de ayuda a la escritura para personas con discapacidad". Actas del IV Congreso Iberoamericano. Iberdiscap 2006. Tecnologías de apoyo a la discapacidad. 84-96023-45-1.: CO29-CO34. Vitoria, Brasil. 20, 21 y 22 de febrero de 2006.

[14] Palazuelos S. E., Aguilera S., Rodrigo J. L., Godino. J., Martín J. Considerations on the Automatic Evaluation of word prediction systems. Augmentative and Alternative Communication: New Directions in Research and Practice. Pags: 92-104. Whurr Publishers. Londres. 1999.

[15] Palazuelos S., Martín J L, Macías J. "Evaluación automática de un sistema híbrido de predicción de palabras y expansiones". Revista Procesamiento del Lenguaje Natural nº 39. 147-154. ISSN 1135-5948. Septiembre 2007.

Iberdiscap

Iberdiscap

Sistema de CAA com Adaptação ao Contexto Físico

Luís Garcia[1], Luís de Oliveira[2]

[1]ESTIG: R. Pedro Soares, 7800-295 Beja, Portugal, +351 284311540, +351 284361326, luisbgarcia@estig.ipbeja.pt

[2]INESC-ID/IST: R. Alves Redol, 9, 1000-029 Lisboa, Portugal, +351 213 100 268, +351 213 145 843, luis.oliveira@inesc-id.pt

Resumo.

Vários estudos apontam para a existência de determinados padrões de comunicação em alguns contextos físicos. Neste artigo discute-seuma abordagem que permite dotar os sistemas de comunicação aumentativa e alternativa de capacidades de adaptação ao contexto físico. Este apoio contextual deverá contribuir para um aumento da rapidez de escrita e acesso a vocabulário mais rico favorecendo assim uma maior expressividade na comunicação. Como exemplo descreve-se a implementação de um mecanismo de adaptação ao contexto físico no sistema de comunicação alternativa Eugénio que se baseia na associação de diferentes perfis de utilização às localizações físicas com interesse para o utilizador.

Figura 1 - Eugénio em plataforma Tablet PC.

Palavras chave: Comunicação Aumentativa e Alternativa, Predição de Palavras, Adaptação ao Contexto, Aceleração da Escrita

1. Introdução

Certas dificuldades sensoriais, cognitivas ou motoras podem comprometer total ou parcialmente as capacidades comunicativas humanas, que podem ser complementadas com um sistema de apoio à Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA). Estes mecanismos de comunicação alternativos são menos eficientes que os naturais, com taxas de produção significativamente inferiores. Desta forma têm

Ibercap

vindo a ser desenvolvidas técnicas, como a predição de palavras, que tentam aproximar estas taxas dos valores requeridos pelas várias formas de comunicação.

Os sistemas de predição de palavras utilizam o contexto de escrita para prever a palavra que o utilizador pretende escrever sem que o utilizador tenha de inserir todas as letras da palavra. Com base no contexto das letras já introduzidas, estes sistemas apresentam um conjunto de sugestões e, no caso da palavra pretendida se encontrar entre as propostas, o utilizador pode concluir a sua escrita com apenas uma selecção. Estes sistemas permitem taxas de poupança de caracteres entre 20% e 50% [1].

O sistema Eugénio (http://www.l2f.inesc-id.pt/~lco/eugenio/) é um sistema de apoio à Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) para o Português Europeu, desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas de Informação e Interactividade (LabSI2) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Beja (ESTIG), Laboratório de Sistemas de Língua Falada do INESC-ID (L2F/INESC-ID) e o Centro de Paralisia Cerebral de Beja (CPCB), que permite o recurso à predição de palavras para apoio à escrita em qualquer aplicação do MS Windows (Figura 1).

Para a selecção das palavras a propor o sistema utiliza um modelo de língua estatístico baseado em unigramas e bigramas de palavras e classes gramaticais. Testes realizados com determinadas configurações do sistema revelaram taxas de poupança de caracteres de 51% [2].

Mesmo com estas taxas de poupança de caracteres são evidentes as limitações dos sistemas de CAA na resposta aos requisitos impostos pela comunicação oral. Um adulto pode comunicar oralmente a uma taxa de 125 a 180 palavras por minuto (ppm) no entanto a taxa de escrita expressiva de um bom dactilógrafo ronda as 27 ppm [3]. A discrepância entre estes valores é reveladora das dificuldades que um utilizador sente na manutenção de um diálogo com um sistema de CAA. Mesmo com uma redução de 50% nas activações de teclas um utilizador poderá no máximo duplicar a sua velocidade de escrita para cerca de 60 ppm, o que ainda é insuficiente para a comunicação oral.

Para o aumento do desempenho destes sistemas será importante a incorporação de um maior conhecimento sobre o contexto comunicativo. Este conhecimento pode consistir no tema da conversa [4], o tipo de diálogo que está a decorrer ou o ponto onde este se encontra [5][6], a identidade do interlocutor, o grau de familiaridade assim como o conteúdo de conversas anteriores [7], ou a localização física do utilizador [8]. Nesta última referência os autores apresentam um sistema de chat que dependendo da localização do utilizador no ambiente virtual criado (restaurante ou jardim zoológico), assim são oferecidos os símbolos considerados mais relevantes para a comunicação em curso. Ainda relativamente ao uso de vocabulário em locais distintos um estudo envolvendo crianças em idade pré-escolar assinalou padrões de utilização em casa e na escola [9].Se um sistema de CAA conseguir captar estes padrões de utilização da língua então poderão ser obtidas melhorias no desempenho destes sistemas.

Neste trabalho iremos descrever a integração da localização do utilizador num sistema de CAA, com o objectivo de uma posterior avaliação da eficácia desta abordagem, discutindoas alternativas e decisões tomadas ao introduzirmos esta facilidade no nosso sistema de predição de palavras: o “Eugénio – o Génio das Palavras”.

2. Sistemas de CAA com Adaptação ao Contexto Físico

Os sistemas de CAA com adaptação ao contexto físico devem utilizar a localização do utilizador para facilitarem o acesso ao vocabulário considerado relevante para aquele local. Por exemplo, na escola, um sistema de predição de palavras como o Eugénio poderá sugerir ao aluno palavras relacionadas com as actividades escolares e em casa ovocabulário utilizado frequentemente com familiares. Para além da adaptação do vocabulário à localização do utilizador estes sistemas poderão adaptar ainda outras características a cada contexto físico como por exemplo a sua interface. Por exemplo, utilizando uma interface de alto contraste em zonas exteriores, onde a luminosidade excessiva pode dificultar a visão, e

Ibersiscap

em zonas interiores utilizar outrainterface menos contrastante. Para este modo de funcionamento é necessário integrar neste sistema (1) um mecanismo de localização do utilizador e (2) um outro mecanismo que utilize esta informação para facilitar o acesso do utilizador ao vocabulário relevante. A implementação deste segundo mecanismo num sistema de predição de vocabulário como Eugénio consistirá essencialmente em influenciar as sugestões das palavras com base na localização do utilizador.

2.1. Localização do Utilizador

Para uma adaptação ao contexto físico estes sistemas devem possuir um mecanismo de localização do utilizador. Existem diversos sistemas de localização sendo o *Global Position System (GPS)* aquele que se encontra mais divulgado e por isso também mais acessível em termos económicos. Por este motivo decidimos recorrer este mecanismo de localização no nosso protótipo. Este sistema permite determinar sem dificuldades se o utilizador se encontra por exemplo em casa ou na escola. No entanto, estando este dentro de um destes espaços, onde por norma não é possível captar o sinal de *GPS*, não é possível determinar em qual dos espaços interiores está o utilizador, por exemplo, se na cozinha ou na sala de estar. Outros sistemas permitem a localização de pessoas e objectos em espaços interiores requerendo, em geral, uma infra-estrutura que limita o funcionamento do sistema aos locais onde esta se encontra instalada. Para a localização de utilizadores em espaços interiores estamos a estudar a utilização de dispositivos *Bluetooth* de baixo custo para a sinalização das diferentes áreas de uma casa ou edifício ao sistema de CAA. O protótipo descrito neste artigo apenas recorre ao sinal de *GPS* para a localização do utilizador nos diferentes locais físicos.

2.2. Predição de Vocabulário Adaptada à Localização

Para que um sistema de predição de vocabulário possa construir as suas sugestões com base na localização do utilizador terá de dispor de informação sobre a associação das palavras ou símbolos aos diferentes locais onde decorra a comunicação. Esta associação pode realizar-se através do registo da localização exacta onde cada palavra ou símbolo foi utilizado para mais tarde o sistema poder valorizar este vocabulário ao verificar que o utilizador se encontra naquelas imediações. Como o sistema regista de forma sucessiva os locais onde cada palavra ou símbolo é utilizado podemos denominar esta estratégia de Adaptação Contínua à Localização Física do Utilizador. Como alternativa pode ser seguida uma estratégia de Adaptação Discreta à Localização Física do Utilizador. Nesta abordagem considera-se que o espaço onde o utilizador comunica é formado por várias zonas separadas, por exemplo em casa ou na escola, e por isso o registo de utilização de uma palavra ou símbolo é registada nessa zona como um todo e não na posição específica do utilizador recorrendo às coordenadas terrestres fornecidas pelo sensor de *GPS*. Ambas as estratégias poderão ser utilizadas num sistema de CAA, no entanto, verificámos numa análise preliminar que uma Adaptação Contínua à Localização Física iria exigir do sistema uma capacidade de computação considerável que poderia inviabilizar a realização de predições de vocabulário em tempo útil (<1 segundo). Tal deve-se ao cálculos que é necessário realizar para a identificação das palavras ou símbolos que foram utilizados no passado nas imediações do utilizador. Para tal é necessário recorrer à fórmula de *Haversine*[10], ou outra equivalente, e realizar a diferença entre as coordenadas de utilização de cada palavra ou símbolo e o ponto onde o utilizador se encontra para se determinar se essa utilização ocorreu a poucos metros daquele local. Antevendo a necessidade de optimização desta abordagem para a sua viabilização num sistema deste género decidimos incorporar neste primeiro protótipo um mecanismo de adaptação discreta à localização do utilizador que passaremos a descrever nas secções seguintes.

3. Adaptação do Eugénio ao Contexto Físico

O Eugénio, tal como a generalidade dos sistemas de predição de vocabulário, permite a criação de diferentes perfis de utilizador para que num mesmo computador possam trabalhar diferentes pessoas, cada qual com a sua configuração, ou então um mesmo utilizador em diferentes contextos. Cada perfil de utilizador encontra-se associado a um conjunto de parâmetros que configuram a interface do sistema,

ibérdisca

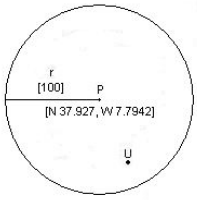


Figura 2 – Local Físico.

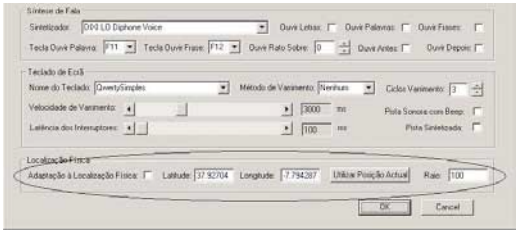


Figura 3 – Configuração da adaptação ao contexto físico no Eugénio.

como por exemplo as cores de fundo das tecla e cores das letras, assim como a um conjunto de informação estatística relativa à escrita já realizada permitindo assim um aumento do desempenho do mecanismo de predição.

A abordagem seguida para a adaptação do Eugénio ao contexto físico baseia-se na associação de um perfil de utilizador a uma área física no espaço que passaremos a designar de local físico. Assim, quando o utilizadorentra num local físicoassociada a um perfil o sistema carrega-o automaticamente provocando a alteração da interface e a informação sobre o vocabulário relevante para aquele local.

O próprio utilizador poderia alterar manualmente o perfil corrente quando entrasse num determinado local físico no entanto este modo de funcionamento transferiria para a pessoa a decisão sobre qual o perfil mais adequado para aquele local e também o esforço necessário à sua activação. Tendo em consideração as dificuldades de alguns utilizadores de sistemas de comunicação alternativa a automatização deste processo pode ser relevante.

3.1. Configuração do Sistema para Adaptação à Localização Física

Considerando o sistema de localização utilizado decidimos definir um local físico através da longitude e latitude de um ponto central (*P*), fornecidas por um *GPS*, e de um raio (*r*) que delimita a área onde o perfil associado é activado (Figura 2). Se o utilizador (*U*) entrar neste espaço então o perfil associado é activado.

A associação de um perfil a um local físico foi incorporada na caixa de diálogo onde podem ser configuradas as várias opções para o perfil de utilização activo (Figura 3). A indicação das coordenadas (latitude e longitude) do ponto central do local físico pode ser efectuada manualmente, ou automaticamente solicitando ao sistema as coordenadas do local onde este se encontra. Em seguida deve ser definido um valor para o raio que delimita a área de activação.

Durante o funcionamento do sistema a activação de um novo perfil só é efectuada se a opção Adaptação à Localização Física estiver activa para o perfil corrente. Se tal não acontecer o sistema funciona sempre com o mesmo perfil.

3.2. Arquitectura do Mecanismo

Para o desenvolvimento deste mecanismo foi necessário introduzir no sistema um novo componente de software responsável pela determinaçãoda localização física do utilizador através do sistema *GPS*. Este novo componente recebe comandos de um *GPS* compatível com o protocolo *NMEA*e disponibiliza aos outros componentes do Eugénio a localização do utilizador.

O diagrama da Figura 4 ilustra o algoritmo de adaptação do Eugénio ao local físico. A cada intervalo de 5 segundos o sistema verifica se o utilizador se encontra numa posição que exija a activação de um novo perfil deutilizador. Numa primeira fase é verificado se o *GPS* se encontra activo. Se o utilizador se encontrar no interior de um edifício então o sensor de *GPS* não consegue receber os sinais de satélite que

Ibérdisca

permitem o cálculo da sua localização e por esse motivo assume um estado de inactivação. Nessa situação o sistema mantém o perfil corrente. Se o *GPS* conseguir determinar as coordenadas do local físico então o sistema verifica se estas se encontram dentro da área de activação de um dos perfis definidos no sistema. Esta verificação é efectuada realizando a diferença entre a localização do utilizador e a localização física do ponto central de um dos perfis com recurso à fórmula de *Haversine*[10]. Se o resultado for menor que o raio de um dos perfis então significa que o utilizador se encontra no local físico associado ao perfil e então este deve ser activado. Se a localização do utilizador estiver contida em vários perfis de utilização então é activado o perfil com o menor raio por se entenderque é uma configuração mais específica para aquele local. Quando a localização do utilizador não está contida em nenhum dos perfis existentes no sistema então é activado o perfil genérico.

Na figura 5 apresentamos também os principais componentes e estruturas de dados utilizadas neste mecanismo. Na inicialização do Eugénio são carregados para memória os vários perfis de utilizador definidos no sistema (Figura 5a). Estes perfis de utilizador contêm para além de outros parâmetros de configuração a especificação do local físico onde o perfil deve ser aplicado.Este local encontra-se definido através das coordenadas terrestres de um ponto e um raio que delimita uma área circundante. Por questões de economia de recursos apenas se encontra carregado em memória o dicionário associado ao perfil activo. Quando é realizada uma leitura do sensor de *GPS* (Figura 5b) então o sistema percorre os vários perfis do sistema para verificar se algum destes corresponde ao local físico actual (Figura 5c), ou seja quando a diferença entre as Coordenadas Actuais (*CA*) e as Coordenadas do Local (*Cl*) for menor que o Raio estabelecido para aquele Local (*Rl*). Se por exemplo um *Perfil Y* verificar esta situação então este é tornado o perfil activo (Figura 5d) e carregado para memória o dicionário associado (Figura 5e). A interface do Eugénio é então reconfigurada com base neste perfil e o novo dicionário passa a ser utilizado no mecanismo de perdição de palavras do sistema.

Iberdisca

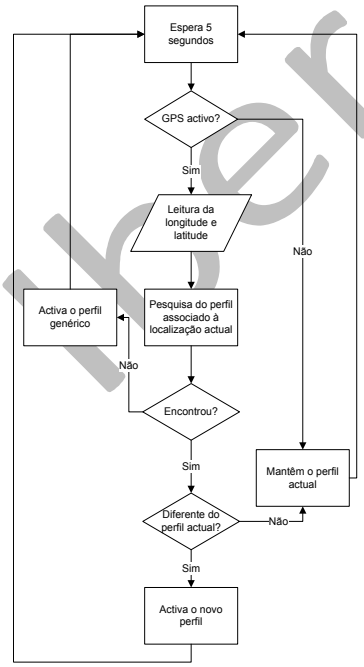


Figura 4 – Algoritmo de adaptação do Eugénio à localização do utilizador.

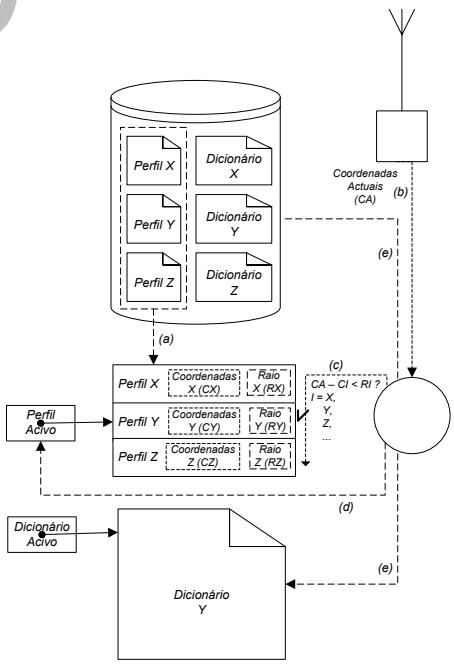


Figura 5 – Componentes e estruturas do Eugénio envolvidas na adaptação ao contexto físico.

3.3. Resultados Preliminares

Neste momento foi realizado um primeiro teste com o sistema no espaço físico do Centro de Paralisia Cerebral de Beja (CPCB). Este teste foi realizado sem a participação de utilizadores de CAA pois teve como objectivo a recolha de uma primeira impressão sobre o funcionamento do mecanismo de adaptação naquele espaço físico. Para tal foram configurados no sistema três locais físicos, o Lar, a Sala de Formação e o Bar, cada qual associado a um perfil distinto. A configuração do ponto central de cada um destes locais foi realizada na sua entrada e definido um raio de 15 m para o início da activação do perfil associado. Os espaços envolvidos neste primeiro teste encontram-se em diferentes edifícios do CPCB pelo que se garantiu a possibilidade de monitorização da deslocação do utilizador do sistema através do sinal de *GPS*. Foi realizado um percurso com o sistema instalado numa cadeira de rodas para uma primeira impressão da reacção do sistema às diferentes localizações do utilizador. Em termos genéricos o sistema realizou a activação dos perfis correctamente apesar de notarmos medições incorrectas do sinal de *GPS* durante as aproximações às paredes dos edifícios e entrada nos espaços. Preparamos agora a realização de testes quantitativos que possam aferir melhor a eficácia da abordagem proposta.

4. Conclusões e Trabalho Futuro

Neste artigo foi descrita a implementação de um mecanismo de adaptação ao contexto físico para um sistema de comunicação alternativa com predição de palavras. Este mecanismo baseia-se na associação de diferentes perfis de utilização às localizações físicas com interesse para o utilizador. Desta forma pode ser apresentada ao utilizador uma configuração mais adequada a cada contexto físico, quer ao nível do vocabulário, quer ao nível da própria interface do sistema. Até aomomento apenas foi realizada uma avaliação preliminar e qualitativa sobre a capacidade do sistema se adaptar aos diferentes espaços físicos. Os resultados foram extremamente positivos pelo que planeamos agora a realização de testes quantitativos com utilizadores de comunicação alternativa. Como a predição de palavras não é por si só suficiente para o auxílio à comunicação oral introduzimos muito recentemente no sistema a possibilidade de utilização de símbolos pictográficos, predição de símbolos e predição de frases.

Referências

[1] Higginbotham, D. Jeffery. Evaluation of Keystroke Savings across Five Assistive Communication Technologies. AAC Augmentative Alternative Communication. Vol. 8, no. 4 , pp. 258-272, 1992.

[2] Garcia, Luís, Luís de Oliveira. Quantitative Evaluation of a Portuguese Word Predictor. 11ª Biennial Conference of ISAAC (International Society for Augmentative and Alternative Communication), ISAAC 2004. Natal-Brazil. 2004.

[3] Blackstone, S. (ed.), 1990. The Role of Rate Communication. Augmentative Communication News Vol. 3, no. 5, pp. 1-3. 1990.

[4] Lesher, G. and G. Rinkus. Domain-specific word prediction for augmentative communication. In Proceedings of the RESNA '01 Annual Conference, 2001.

[5] Alm, N., Arnott, J.L., Newell, A.: Prediction and conversational momentum in an augmentative communication system. Communications of the ACM, Vol. 35, no. 5, pp. 46-57,1992.

[6] Alm, N. Morrison, A. Arnott, J.L. A communication system based on scripts, plans, and goals forenabling non-speaking people to conduct telephone conversations. Systems, Man and Cybernetics, 1995.

[7] Davis, Adriane B., Melody M. Moore, Veda C. Storey. Context-Aware Communication for Severely Disabled Users. Proceedings of the 2003 Conference on Universal Usability. 2003.

Iberdisca

[8] Dominowska, Ewa, Deb Roy, Rupal Patel. Proceedings of the 17th Annual International Conference Technology and Persons with Disabilities. Proceedings of the 17th Annual International Conference, 2002.

[9] Marvin, Christine, David Beukelman, Denise Bilyeu. Vocabulary-use patterns in preschool children: Effects of context and time sampling. AAC Augmentative Alternative Communication, Vol. 10, no 4, pp. 224-236, 1994.

[10] Rick. Deriving the Haversine Formula. Mathforum.org. 1999. (http://mathforum.org/library/drmath/view/51879.html) (20-04-2011)

Iberdiscap

Iberdiscap

Dispositivo electrónico para mejorar el aprendizaje inicial de la escritura braille en niños invidentes

[1]Luz M. Sabogal, [2]Giovanni L. Ríos

[1]Universidad Distrital Francisco José de Caldas: Dirección Calle 36 S 91C-16, Bogotá, Colombia, Tel.2736827, e-mail lupe_cleop@hotmail.com,

[2]Universidad Distrital Francisco José de Caldas: Dirección Calle 36 S 91C-16, Bogotá, Colombia, Tel.7153281, e-mail giovannilro@hotmail.com

Resumen.

El objetivo de este proyecto es la implementación de un prototipo electrónico, que permita mejorar los tiempos de aprendizaje inicial de la escritura braille en personas con situación de discapacidad visual especialmente en niños. Este proyecto plantea el siguiente problema: ¿Cómo se puede mejorar los tiempos en la formación inicial de aprendizaje de la escritura braille en las personas en situación de discapacidad visual, con el fin de lograr mayor accesibilidad, autonomía y desempeño?

Palabras clave: Aprendizaje, braille, discapacidad visual, herramienta tecnológica, inclusión social.

1. Introducción y contenidos

De acuerdo a cifras publicadas por el DANE en mayo de 2010, existe una población en Bogotá de 64.701 personas con limitación visual, 4.786 personas particularmente en Ciudad Bolívar [1].La ley 115 de 1994 (artículo 1) establece que la educación es un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes. Otros artículos de referencia como la ley 361 de 1997 (artículo 10) señala que el Estado Colombiano en sus Instituciones de Educación Pública garantizará el acceso a la educación y la capacitación. [2]. Se define entonces la limitación visual como la alteración del sistema visual que trae como consecuencia dificultades en el desarrollo de actividades que requieran el uso de la visión, según la Resolución 412 de febrero de 2000 [3]. Una solución dada a esta dificultad es un dispositivo electrónico que permite mejorar los tiempos en el aprendizaje Braille, ya que a través de este se mejoró la participación e inclusión social de personas con limitación visual, convirtiéndose en una herramienta útil en los procesos educativos, dicho proyecto está enfocado a niños principalmente.

El proceso inicial de escritura se realiza con una tabla manual de braille, haciéndose necesario la supervisión de un experto en este lenguaje, lo cual limita a la persona en situación de discapacidad visual ser autodidacta y autónoma en determinadas áreas de aprendizaje. Por lo tanto el proyecto plantea el siguiente interrogante ¿Cómo mejorar este proceso con el fin que el usuario en condición de discapacidad pueda verificar y disminuir los tiempos de la escritura braille y se facilite la participación y la inclusión social en el aula de tecnología de la Biblioteca del Tunal?

2. Descripción del proyecto

Inerdisap

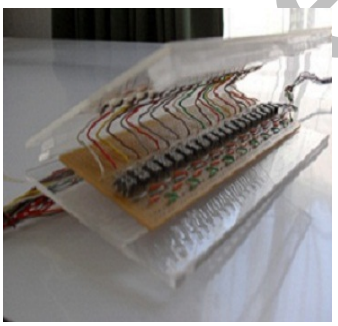
El proyecto en su totalidad se divide en cinco módulos principales como se indica en la Fig.1:

- Modulo de entrada
- Modulo de Control
- Modulo de almacenamiento
- Modulo de Comunicación
- Modulo de salida

Figura 1. Esquema General

2.1. Modulo de Entrada (Teclado): En el diseño del proyecto se buscó que la implementación del sistema manejara la iteración entre invidente - sistema y la funcionalidad en el proceso de aprendizaje de escritura braille. Para el desarrollo del proyecto se adaptaron elementos funcionales de fácil reconocimiento y maniobrabilidad para el usuario, en este caso la persona con discapacidad visual. Se elaboró el tablero digital, fabricando las cajetillas de manera manual, verificando que se respetara el estándar de medida general utilizado en diferentes regletas braille, con el fin de minimizar dificultades en el proceso de cambio a otra forma de aprendizaje si se hace necesario.

Estructura Mecánica. El diseño de este sistema consiste en un tablero digital de escritura braille, tal diseño está conformado básicamente por una estructura donde se encuentra la parte electrónica, una regleta fabricada con los mismos estándares que la utilizada convencionalmente y un punzón de agarre ergonómico, integrado todo en un solo sistema. En la Fig.2 se muestra la vista frontal del tablero, se señala la lámina superior los cajetines, los orificios metálicos y lamina guía.



(a)

(b)

Figura 2 (a y b). Vista frontal del teclado tablero Braille

erdisap

2.1.2. Captura de Datos. El proceso de captura y la codificación braille se realiza mediante el tablero digital. El usuario (persona en situación de discapacidad visual) ingresa la secuencia de pulsos en los símbolos generadores como en un sistema tradicional de regleta manual braille. La escritura se debe realizar de derecha a izquierda, invirtiendo la numeración de los puntos del cajetín, esta es la forma en la cual se debe aprender a escribir braille [4]. El modulo de entrada suministra los pulsos eléctricos ingresados por el usuario, los cuales van a un Microcontrolador PIC16F877A, este dispositivo es el encargado de traducir los pulsos recibidos y hacer la equivalencia entre el lenguaje braille y el código ASCII. Cada punto es interpretado como 1 bit, en este caso serian 6 puntos que constituyen el símbolo generador. Se diseña un arreglo matricial de 6 bits, haciendo la equivalencia y un barrido en cada punto. Si alguna de las 20 columnas (bordes) de la regleta realiza un contacto con el punto, el algoritmo del Microcontrolador le dará la ubicación y la letra. Luego estos datos se almacenan y se envían por el puerto serial.

2.2. Modulo de control. La integración del diseño entre los diferentes módulos, está determinado por el modulo de control, conformado por un Microcontrolador Microchip de la serie PIC16877A, y los buses de datos que lo comunican con los demás módulos. [3] El código de programación del Microcontrolador ha sido desarrollado en etapas con el fin de verificar cada proceso y obtener el funcionamiento integral de las tareas simultaneas en la identificación de los datos del Modulo de entrada y la coordinación de todo el sistema. El algoritmo empleado se indica en la Fig. 3:

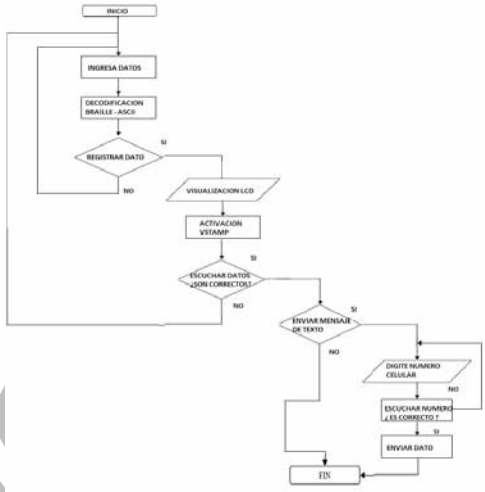


Figura 3. Algoritmo General

2.3. Modulo de voz: El Microcontrolador gestiona y envía de forma simultánea al Modulo Sintetizador de Voz (Vstamp) [5] dada la importancia de estimular el sentido auditivo, en razón de que este sentido en las personas con discapacidad visual, produce una motivación y consideración aceptable. Este Modulo es el encargado de generar la voz de manera artificial y reproducir una señal audible por medio de un parlante. También se puede visualizar la información ingresada por medio de una LCD para que pueda ser monitoreado el proceso de aprendizaje por una persona vidente que no conozca el lenguaje braille. El Modulo GSM podrá ser activado para el envió de mensajes de texto por medio de un pulsador el cual me ejecutará la orden de envío al teléfono de destino. La interfaz de salida se realiza con la idea de brindar un ambiente sencillo y amigable al usuario.

2.4. Modulo de comunicaciones: Para la decodificación y control del sistema se utiliza el PIC 16F877A y se desarrolla un código que permita interactuar con el hardware. A continuación se detalla todas las etapas y secuencia de operación. El programa en el Microcontrolador PIC debe realizar las siguientes tareas, para cumplir con los objetivos planteados:

- El Microcontrolador debe establecer un enlace con el modulo GSM (Enfora GSM0108) por medio del puerto serial [6].Una vez establecida la comunicación entre los dos dispositivos se debe programar el Microcontrolador para que transmita los caracteres que forman los comandos AT.El PIC siempre está detectando los datos que ingresa el usuario, para ser decodificados y enviados.Dependiendo del comando recibido, el PIC ejecutara envío del mensaje. Estas funciones se ejecutan de manera secuencial y ordenada, formando así el programa principal, estructura que se muestra en el diagrama de flujo de la Fig 4.

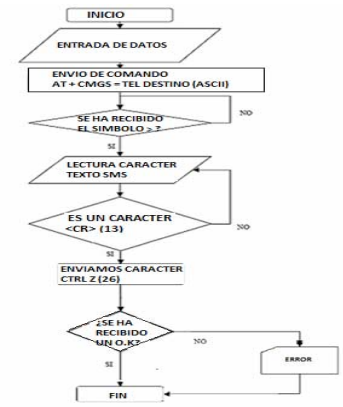


Figura 4. Diagrama de envío de Mensajes SMS

Iberc-cap

2.5. Modulo de almacenamiento: La memoria interna es utilizada como buffer de entrada y salida del módulo de comunicaciones, la memoria externa se utiliza para almacenar los datos que se van a presentar y el mapa de bits con la información que se envía a para visualización y reproducción [7]. El Microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. Como éste siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. El tipo de información almacenada es un arreglo de matrices por la cual se hace la equivalencia entre el carácter ingresado a código ASCII. El programa que se realizo con la finalidad de que el usuario interactúe de forma directa con el sistema y es aquí donde se ingresa los datos (palabras o frases) que se deseen reproducir o enviar, este tiene por objeto detectar si se ingresa algún dato, verificando la palabra o frase como se muestra en la Fig.5.

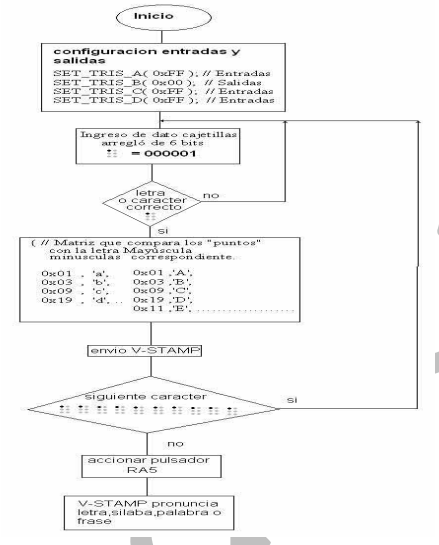


Figura 5. Diagrama de flujo de Almacenamiento

3. Resultados y discusión

En la implementación final y las pruebas se obtuvo un prototipo de Dispositivo electrónico de fácil acceso y comprensión a un costo razonable que permite mejorar tiempos en el proceso de aprendizaje inicial de la escritura braille, elevando el grado de autonomía del usuario, como se indica en la Fig.6.

Figura 6. Tablero digital Braille

3.1. Validación: Las pruebas y validación se realizan en la Biblioteca del Tunal en la sala de Tecnología para discapacitados y en el INCI (Instituto Nacional para ciegos), con los Docentes encargados del área de aprendizaje de escritura braille. Es necesario trabajar de derecha a izquierda e invertir el orden de los números en el cajetín, se debe escribir punteando de forma ordenada. Se eleva el tiempo de autonomía en el aprendizaje inicial de escritura braille en un 80% con respecto al sistema tradicional. La siguientes tablas presentan los tiempos aproximados de reproducción y envío de SMS con diferentes operados después de ingresar los caracteres al tablero digital Braille.

PALABRA	TIEMPO APROXIMADO DE REPRODUCCIÓN (Segundos)
CANTANTE	1,2
MEMORIA	1
HOLA	1,2
VIENTO	1,5
COLORES	1,3
FIGURA	1,2
MAR	1
ESPERANZA	1,4
PROMEDIO EN TIEMPO	1,225

FRASE	OPERADOR	TIEMPO DE ENVIO (Minutos)
Un país hermoso	Comcel	3
Un país hermoso	Tigo	4,3
Un país hermoso	Movistar	3,5
Viva el fútbol	Tigo	3,9
Viva el fútbol	Comcel	2,9
Viva el fútbol	Movistar	3,7

Tabla 1y 2. Tablas comparativas de tiempos de respuesta en reproducción de voz y envío de mensajes SMS

3.1.1. Tiempos de aprendizaje. Se debe tener en cuenta en el proceso de aprendizaje de escritura, el estimulo personal por aprender de la persona invidente ya que esta no cuenta con estímulos propios por lo que es necesario hacer atractivo el proceso. Otros aspectos a tener en cuenta:

- Apoyo familiar, la edad de la persona, el grado de desarrollo del tacto. Se debe tener en cuenta que no toda persona con limitación visual tiene un mayor desarrollo del sentido de tacto. La forma de aprendizaje. Implica habilidades profundas en el método utilizado para la consecución de la meta.

Para medir los tiempos de aprendizaje contamos con la colaboración de la Biblioteca Tunal y del INCI (Instituto Nacional para Ciegos), los cuales proporcionaron a disposición docentes de braille que con reuniones teóricas y prácticas periódicas, llegamos a los siguientes resultados:

- El tiempo máximo para un estudiante de braille de escribir un carácter o cajetilla es de 2 minutos
- El tiempo mínimo promedio de digitar o escribir un carácter es de 2 segundos, alcanzado únicamente por los docentes los cuales gracias a su habilidad adquirida por años de práctica.

Con el prototipo digital se mejora el aprendizaje del lenguaje y la velocidad de digitación ya que el estudiante recibe una confirmación audible cada vez que ingrese un carácter, esto genera un reflejo condicionado y una reacción más rápida en el momento de expresar una idea. El abecedario tiene 27 letras, el cual tiene una representación en braille. Medimos el tiempo de aprendizaje de los diferentes caracteres y su obtuvo la siguiente gráfica:

Iberdisc

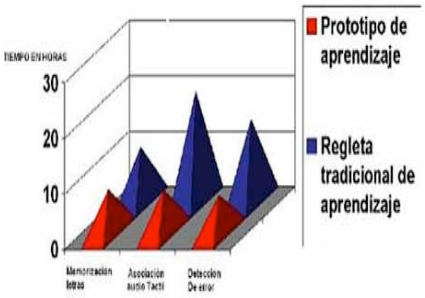


Figura 7. Gráfica Comparativa

El usuario aprende por medio del tacto es la localización de sonido. Si el niño pequeño voltea sus ojos hacia los sonidos familiares, tales como la voz la mamá, el medio de aprendizaje predominante es el oído. El aprendizaje por medio del oído sincroniza con el aprendizaje del tacto aumenta la información del usuario que recibe de su medio ambiente. Usa sus habilidades del oído usualmente depende de las señas táctiles para añadir más detalles a la información que capta por medio de su oído.

3.2. Porcentaje de error: El porcentaje de error del sistema es de 10% debido a que se puede presentar una pronunciación no acentuada es decir no hay diferencia por ejemplo entre papa y papá y la no posible identificación de caracteres especiales.

3.3. Costos: El costo del dispositivo en materiales es de $ 1.165.000.

3.4. Especificaciones Técnicas: En la siguiente tabla se describen los parámetros técnicos del sistema:

CARACTERISTICAS	MEDIDAS
Fuente de Alimentación	5VDC, 3,3VDC
Potencia de Transmisión	1W GSM 1800MHZ
Corriente	0,9 A
Rango de temperatura	0^0 a 45^0
Señalización de operación	6 Led's
Monitoreo del sistema	LCD 2 X20
Teclado	20 Cajetines
Altura del modulo	21 cm
Ancho del modulo	15 cm
Profundidad del modulo	5 cm
GPS	Antena GPS interna

Tabla 3. Parámetros Técnicos del sistema

4. Conclusiones y trabajos futuros

El desarrollo del proyecto cumple con los objetivos propuestos inicialmente.El sistema desarrollado facilita el proceso de escritura del lenguaje braille, con la supervisión de un instructor, se puede obtener un proceso integral donde se conjugan la pedagogía y la tecnología. El modulo de comunicaciones funciona en cualquier sitio con cobertura GSM y permite tener una conexión transparente a la red móvil celular GSM,

Ibcrdiscap

mediante la utilización de comandos AT. Con la realización de este proyecto podemos concluir que se ha desarrollado una herramienta eficaz para el proceso de aprendizaje de escritura braille. Este dispositivo permite que el tiempo de aprendizaje se reduzca en comparación con los métodos tradicionales, permitiendo que la persona en situación de discapacidad visual interactué con el dispositivo de una manera sencilla. Este dispositivo puede ser usado por personas videntes que deseen adquirir conocimiento en la escritura Braille.

- Recomendaciones

Dentro del desarrollo del proyecto es importante identificar las líneas de trabajo para dar continuidad al esfuerzo invertido. Estas líneas pueden resumirse en los puntos siguientes:

- La implementación y adaptación de una interfaz USB la cual permita la comunicación con un PC para guardar los datos que se ingresen al modulo. Este desarrollo sería muy práctico ya que funcionaría como una agenda digital para invidentes. Desarrollar Módulos de enseñanza de diferentes áreas que se puedan implementar en el prototipo. Se deja el registro de Código completo de la implementación con el fin de facilitar las modificaciones de este dispositivo y las posibles mejoras futuras con fines de inclusión social en personas discapacitadas especialmente con recursos limitados. La implementación de un sistema de celdas de lectura braille que complete el prototipo detallado en esta monografía, creando un dispositivo totalmente portable con fines de aprendizaje.

Referencias

[1]. Declaración de los Derechos de los Impedidos (1975). La Convención Interamericana contra todas las formas de Discriminación contra las Personas Discapacitadas OEA (1999) ratificada por Colombia Ley 762 de (2002). [En línea] Disponible en: Instituto Nacional para Ciegos – INCI Fuentes de Información estadística de la población con limitación visual disponible en http://www.inci.gov.co/info_estadistica.shtml (Consultado de 15-10-2009)

[2]. Ley 115 de Febrero 8 de 1994, Congreso de la republica de Colombia. [En línea] Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf (Consultado de 18-11-2009)

[3]. Resolución 412 de 2000. [En línea] Disponible en: http://www.pos.gov.co/Documents/Archivos/Normatividad_Regimen_Contributivo/resolucion_412_2000.pdf (Consultado de 12-03-2009)

[4]. Aprendizaje Sistema Braille [En línea] Disponible en:http://usuarios.discapnet.es/ojo_oido/sistema_braille.htm (Consultado de 09-03-2009)

[5]. RCsystems.V-STAMP,Synthesizer [En línea] Disponible en: http://www.rcsys.com/Downloads/v-stamp.pdf (Consultado de 20-04-2009)

[6]. Modem enfora GSM0108,[En línea] Disponible en http://www.enfora.com/index.cgi?CONTENT_ID=2403&User:LANGUAGE=en (Consultado de 02-03-2010)

[7]. Microchip PIC16F87XA Data Sheet, [En línea] Disponible en: http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf (Consultado 05 -03-2009)

libredisca p

Una herramienta tiflotecnológica de lectoescritura de 10 años de evolución

D. Beltramone[1], D.G. Obregón Kupisz[2]

[1]Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales / Laboratorio de Ingeniería en Rehabilitación: CC 755 Correo Central - CP 5000 - Córdoba - Argentina,
Tel:+54 (351) 433-4147 ext 103; dbeltramone@efn.uncor.edu,

[2]Ébano Soluciones: Estados Unidos 3585, Córdoba, Argentina,
Tel: +54 (351) 456-3884, dobregon@ebano-soluciones.com.ar

Iberdicap

Resumen.

Se presenta el caso de un joven que actualmente (año 2011) tiene 18 años, con multidiscapacidad: es ciego por anoftalmia y tiene hipotonía muscular generalizada que se evidencia particularmente en la motricidad fina de los dedos de sus manos. Hace 10 años su principal necesidad era la lectoescritura, ya que en ese momento repetía por tercera vez primer grado de la escuela primaria común debido a la currícula: no podía avanzar porque la exigencia era leer y escribir. En el año 2001 se diseñó e implementó una herramienta tiflotecnológica que implicó una combinación de hardware y software a medida.

El actual trabajo es el resultado de un proceso de 10 años de evolución de una herramienta tiflotecnológica, acompañando el proceso pedagógico del usuario en una escuela común donde estuvo integrado.

Palabras clave: Herramienta tiflotecnológica de lectoescritura, Multidiscapacidad, integración escolar.

1. Introducción y contenidos

En el año 2001 hemos conocido a un niño que en ese momento tenía 8 años. Lucas es ciego por anoftalmia (ausencia de globos oculares) y, según la evaluación clínica de sus terapistas, tiene una hipotonía muscular generalizada en su primera infancia, particularmente notoria en lo que refiere a la motricidad fina. Si bien logró mejorar notablemente el tono muscular general y controlar movimientos involuntarios gracias al tratamiento y estimulación temprana que recibió, no ha podido desarrollar la motricidad fina de las falanges de sus manos. Dicho en otros términos, Lucas es incapaz de mover los dedos de sus manos de manera independiente y delicada. Mueve bien sus manos y maneja relativamente bien el espacio, pero no puede desarrollar las habilidades motrices que le permitan acceder a la lectura y a la escritura utilizando el Sistema Braille convencional. Leer una línea de Braille implica el desarrollo de una sensibilidad especial en las yemas de los dedos, y habilidades motrices finas muy precisas, no presentes en Lucas. No obstante, su sentido del tacto se encuentra muy bien desarrollado, lo que le permite reconocer superficies y texturas.

Considerando sus capacidades auditivas, son óptimas: tanto su respuesta a frecuencias audibles como a la intensidad de los sonidos son completamente normales.

En cuanto a su capacidad intelectual, es muy buena. No se manifiestan en Lucas diferencias significativas respecto a otros niños de su edad. Estaba inserto en una escuela normal, asistido en la misma por una maestra especial de integración - profesora de ciegos. En el aspecto emocional ha tenido una fuerte

incidencia el tratamiento temprano, por lo que no presenta en la actualidad alteraciones emocionales importantes.

Considerando su cuadro general, su familia y equipo terapéutico consideran presente en él una capacidad no explotada para desarrollar los mecanismos de lectoescritura, impedidos precisamente por los aspectos físicos señalados.

Una síntesis de lo anterior se puede plantear del siguiente modo a nivel funcional: puede oír bien, reconocer texturas, y oprimir botones grandes utilizando la yema de todos los dedos de la mano de manera conjunta, no disociada.

1.1 Demanda

La demanda explicitada por Lucas, sus padres, terapistas y docentes consistía, en el año 2001, en poder pasar de grado. Ya era la tercera vez que repetía primer grado debido a que no podía acceder a la lectoescritura, contenido obligatorio de la currícula.

El principal aspecto considerado en el proyecto era la posibilidad de desarrollo de una herramienta tecnológica que permita superar los impedimentos físicos del sujeto en relación al desarrollo de habilidades de lectoescritura, y su posterior construcción e implementación. Sin embargo, en el ámbito del área problemática a trabajar, no sólo cabe considerarse las necesidades específicas del sujeto, sino su interrelación con diferentes aspectos, a saber:

- Pertinencia y usabilidad de la solución desarrollada: El contexto educativo, el ambiente áulico, la portabilidad de la solución y la adecuación funcional de la herramienta deben ser considerados.
- Autonomía del sujeto en el uso de la herramienta: Refiere a las posibilidades de utilización sin asistencia de terceros y el trabajo autónomo e independiente del sujeto con la herramienta.
- Posibilidades de aplicación pedagógica: La utilidad pedagógica de la solución en función de su objetivo determina fuertemente las características a considerar para el desarrollo.
- Interactividad entre el sujeto y su profesora, de cara a la misma solución: El nivel de interacción entre el sujeto y su maestra de integración, en torno a la herramienta, es un aspecto importante a considerar. Esto marcará de manera determinante los aspectos de interfaz para ambos actores que habrán de considerarse.
- Posibilidades de ampliación de la solución (escalabilidad): Es importante que el desarrollo de la solución sea evolutivo y escalable, como característica central del trabajo. No resulta adecuado pensar en una solución estanca y completa de manera inicial, sino en un marco flexible que posibilite la ampliación de las capacidades de la herramienta acompañando la evolución en el plan pedagógico que sigue el sujeto, inserto en una escuela normal.

1.2 Formulación del problema - objetivo

Interrelacionar los elementos tecnológicos disponibles en el diseño e implementación de una solución de las características señaladas como herramienta para el desarrollo de la actividad de lectoescritura por parte del sujeto, posibilitando su adaptación y evolución según las necesidades pedagógicas y funcionales en materia de lenguaje escrito.

1.3 Herramientas anteriores

Lucas ya utilizaba una herramienta tecnológica desarrollada en Buenos Aires, Argentina, pero no en forma local -Lucas Reside en Córdoba, Argentina-, por lo cual la respuesta a demandas puntuales era muy esporádica y de alto costo económico. La herramienta, llamada “Pizarra Interactiva” consistía en un tablero

iberdiscap

con 6 teclas de 7,5cm x 4,5 cm cada una, con una separación de 1 cm. Cada tecla tenía una textura distinta que Lucas podía discriminar. Tenía una electrónica en su interior que se comunicaba con un software. Cada tecla representaba un punto Braille, y la combinación de los mismos generaba un carácter Braille. El software mencionado, una vez generado el punto Braille, lo reproducía mediante audio previamente grabado. Este era el feedback (retroalimentación) que Lucas tenía del carácter ingresado.

Las características técnicas de esta herramienta la hacían no recomendable desde varios puntos de vista:

- Facilidad para romperse: los materiales con que estaba construida eran demasiado rígidos y habían tenido ya episodios de rotura por caídas accidentales.
- Dificultad de conexionado universal: se conectaba a la computadora utilizando el puerto paralelo y el puerto de Joystick, lo que impedía conectar dispositivos adicionales como impresoras, palancas de juego, y cualquier otro periférico que utilizara tales puertos de comunicación. Esto traía aparejado como complicación adicional que la frecuente acción de conectar y desconectar dispositivos terminara por falsear o romper los conectores. Adicionalmente, tenían una Notebook para que Lucas utilice, sin puerto de Joystick.
- Al tratarse de un producto adaptado y de fabricación no local, sólo funcionaban algunos de los botones del mismo -debido al poco mantenimiento por las distancias geográficas-, confundiendo al usuario respecto de su utilización.
- Las prestaciones del software de esta herramienta eran sumamente precarias: sólo consistía en posibilitar la pulsión de los puntos Braille y el mensaje grabado asociado a cada uno, sin posibilitar de modo alguno la actividad de lectoescritura planteada como objetivo.

No obstante, su familiaridad con la disposición física de sus botones y en especial la mecánica de reconocimiento de los botones mediante texturas, hicieron al equipo terapéutico de Lucas recomendar el diseño de un tablero de similares dimensiones, aunque con una electrónica y una aplicación completamente diferente.

2. Metodología

2.1 Diseño

La frecuencia esperada de uso de la solución es considerablemente alta: varias horas por día, al menos cinco días por semana. Esto obedece a la utilización de la herramienta en toda actividad de lectoescritura a desarrollar por el usuario tanto en el ámbito escolar como doméstico.

También resulta importante considerar la necesidad de portabilidad de la solución, dada precisamente por el hecho de disponer del software correspondiente a la misma en al menos tres computadoras diferentes: la Notebook y la PC de escritorio de su familia, y la computadora asignada para su uso en la escuela. Si bien la recomendación profesional es disponer de un teclado específico para su escuela y otro para su casa, la posibilidad de reemplazar un tablero por otro ante la eventual rotura de uno de ellos es fundamental; de ahí deviene su requisito de portabilidad.

Finalmente, también se consideró el riesgo de rotura por accidentes, caídas o golpes. Considerando estas posibilidades en un niño de la edad del usuario, los materiales a utilizar debían de ser resistentes, pero al mismo tiempo flexibles, para posibilitar su operación.

La interfaz debía diseñarse de acuerdo a las características de entrada (Input) requeridas en la aplicación de software a desarrollar. En este sentido, se previeron dos aspectos diferentes y concurrentes:

Iberdiscap

- La aplicación debería permitir la pulsión individual de los 6 (seis) puntos que componen cada carácter Braille, más dos pulsadores adicionales utilizados para indicar la aceptación y cancelación respectivamente del carácter en curso.
- Las diferentes acciones a desarrollar con la aplicación en términos de lectoescritura requerirían poder disponer de algún mecanismo de control y selección de comandos, tanto para las funciones específicas de edición de texto como para el desplazamiento en el texto y las operaciones de lectura. En este sentido resultaba adecuado pensar en un sistema de menús auditivos, controlables desde el mismo teclado especial a desarrollar. Para el desarrollo de estas funciones se aprovecharon los restantes ocho botones.

Podía darse satisfacción a estos dos aspectos de múltiples maneras, organizando los botones del tablero a desarrollar de diferentes maneras, según principios de ergonomía, usabilidad, frecuencia de uso de cada botón (en condiciones de operación normales de la herramienta), etc. No obstante, los aspectos considerados en el apartado "*Herramientas anteriores*" marcaron de manera específica las características de diseño a respetar.

2.2 Desarrollo

Los botones requeridos fueron organizados aprovechando la distribución espacial del tablero, en cuanto a las características mencionadas anteriormente.

La disposición matricial de 4 (cuatro) filas por 4 (cuatro) columnas permite separar los botones en dos grupos funcionales:

La mitad izquierda (dos primeras columnas: 8 botones) utilizados para el proceso de escritura, utilizándolos para la referenciación de los 6 puntos Braille más los botones para Aceptar el carácter especificado, y el de Cancelar. Sobre la funcionalidad de este último botón cabe señalar que debiera ser contextual, en el siguiente sentido: si el usuario se encuentra en proceso de escritura de un carácter Braille, el botón cancela su edición; en tanto que si no se encuentra editando, sino que acaba de aceptar un carácter y descubre que no es el que quería ingresar, con este botón eliminará dicho carácter del texto. Es un funcionamiento similar al Backspace de un teclado convencional.

La mitad derecha (dos últimas columnas: 8 botones) utilizados para la gestión del menú de la aplicación en cuanto a sus aspectos de configuración y desplazamiento sobre el texto, pero fundamentalmente, para comandar el proceso de "lectura" mediante la voz generada sintéticamente por una computadora personal.

A continuación se presenta un esquema con la funcionalidad diseñada para cada uno de los botones:

Botón #1 : Punto Braille 1; Botón #2 : Punto Braille 2; Botón #3 : Punto Braille 3; Botón #4 : Espaciador Braille Aceptar el carácter tecleado; Botón #5 : Punto Braille 4; Botón #6 : Punto Braille 5; Botón #7 : Punto Braille 6; Botón #8 : Cancelar Carácter / Eliminar último carácter tecleado (carácter a la izquierda del cursor); Botón #9 a #15 : Función de Menú (según contexto); Botón #16 : Leer Menú Actual (independiente de contexto)

Braillscap

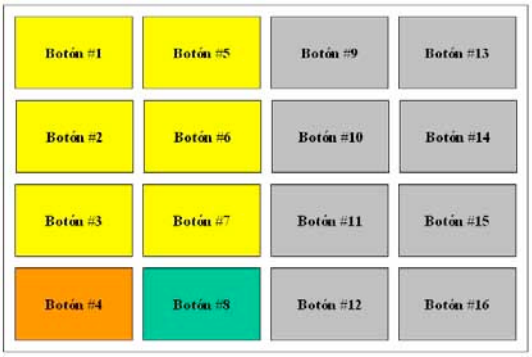


Fig. 1: Esquema con la funcionalidad diseñada para cada uno de los botones

2.2.1 Interfaz electrónica

La evolución de la interfaz electrónica se inició aprovechando la electrónica de un teclado convencional, luego se optó por comunicación serie RS-232 y finalmente comunicación tipo USB, que es la que se utiliza actualmente.

2.2.2 Síntesis de voz por software

El software desarrollado utiliza síntesis de voz para retroalimentar información a Lucas. Simplemente mencionaremos que a nivel general existen tres modelos funcionales y se eligió particularmente uno por sus características tecnológicas.

Los tres modelos funcionales que existen son:

1. Fonación por vocablos almacenados predefinidos (con o sin posibilidades de expansión, contextuales o libres de contexto)
2. Fonación por combinación silábica
3. Fonación por síntesis matemática de fonemas

El modelo funcional que se utilizó para Lucas fue el tercero, que posibilita la correcta lectura castellana de cualquier combinación de letras.

En cuanto al motor de palabra utilizado, se realizó una búsqueda y una preselección, se hizo un exhaustivo análisis teniendo en cuenta las siguientes características:

- Dependencia de Hardware específico
- Ambiente de Ejecución
- Soporte Multilingual
- Soporte de Idioma Español
- Sistema de Fonación
- Diccionario de Excepciones
- Implementación e Interfaz de Programación
- Estabilidad del Servicio

Iberdiscap

- Control de Estado del Motor
- Configuración de Características de Fonación.
- Lectura de números con decimales y otros signos en castellano
- Nivel de información y documentación disponible
- SDK (Software Development Kit)
- Instalación y disponibilidad

El motor de voz seleccionado, según las características descriptas, fue el SoftVoice Text-To-Speech : SVTTS.

2.2.3 Aplicación de software

Para el desarrollo de la Aplicación de Software de la solución diseñada, se consideraron los diferentes aspectos funcionales, pedagógicos y aplicativos mencionados previamente. Adicionalmente, todo el proceso fue llevado a cabo con permanente feedback del usuario, su maestra integradora y su familia, quienes concientes de sus capacidades e intereses, aportaron elementos conceptuales para la definición final de las funcionalidades de la aplicación.

El aplicativo desarrollado evolucionó a través de 4 versiones principales, con algunas sub-versiones adicionales orientadas básicamente a la solución de errores menores o inclusión de nuevas características de menor envergadura.

2.2.3.1 Versión 1.0 y siguientes

En la primera implementación de la solución, las características que se desarrollaron fueron las básicas del primer modelo aplicativo anticipado, en función de los requerimientos indagados inicialmente y la integración con la solución de Hardware construida. Estas características se resumen a continuación, presentando la interfaz del software:

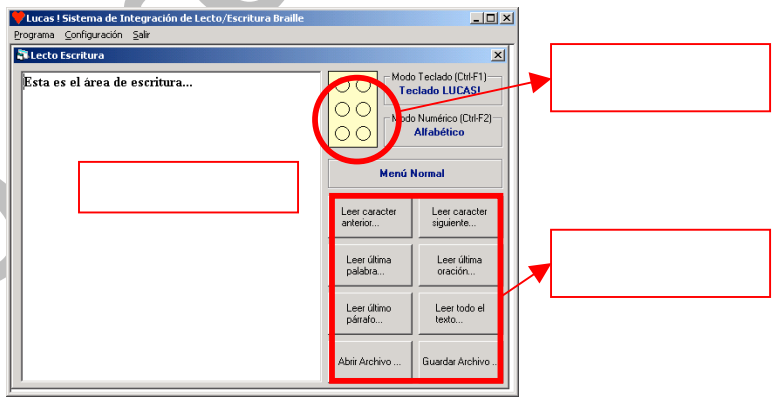


Fig. 2: Interfaz de software. 1: Feedback visual carácter Braille; 2: Feedback visual Menú-botones

Requerimientos iniciales

- Permitir el ingreso de caracteres Braille, mediante la selección de los puntos que lo componen (identificados como “punto 1”, “punto 2”, ... , “punto 6”).
- Reflejar en pantalla cada carácter ingresado, constituyendo el texto en el área de escritura (brindando así un feedback visual a la maestra integradora).

Ibercdiscap

- Proporcionar un feedback auditivo al usuario que confirme el efecto de cada tecla del tablero pulsada.
- Indicar al usuario, también de manera auditiva, cada carácter escrito correctamente, mediante su nombre.
- Identificar y procesar adecuadamente la codificación de caracteres numéricos del alfabeto Braille.
- Posibilitar el ingreso de caracteres de símbolos especiales contemplados en el alfabeto Braille.
- Permitir la "lectura" (mediante la pronunciación audible para el usuario) de cada palabra que haya terminado de escribir.
- Permitir la lectura del texto completo o fragmentos del mismo, tales como la última oración escrita o el último párrafo.
- Aportar información de contexto, indicando a solicitud del usuario la letra o carácter que se encuentre inmediatamente antes del cursor en el texto, o inmediatamente después, a los efectos de adquirir destreza en la corrección de los errores de escritura que pudiere producir.
- Salvar automáticamente y a intervalos regulares el texto en edición en un archivo, sin intervención del usuario, de manera que no se pierda lo escrito de una sesión de uso a otra.
- Posibilitar guardar el texto en edición en un archivo a elección del usuario.
- Posibilitar la recuperación de texto previamente salvado en un archivo, poniendo el mismo en el área de edición del usuario.
- Permitir al asistente del usuario las operaciones de edición sobre el texto en edición (copiar, cortar y pegar) desde otros orígenes de texto, con el fin de proponer al usuario actividades o lecturas adicionales a lo escrito por él mismo.
- Permitir la intervención de la maestra integradora - u otra persona que asista al usuario - en el proceso de escritura, pudiendo ubicar el cursor en cualquier punto del texto y posibilitando la modificación del texto propiamente dicho, agregando, quitando o corrigiendo los caracteres que lo componen

Este último punto fue crucial a la hora de la interacción docente-alumno: Lucas tenía la interfaz apropiada y su maestra integradora también, posibilitando a ella intervenir en cualquier momento. De este modo, se podía indicar el error justo en el momento de producirse.

Es importante señalar también una característica fundamental que diferenciaba este software respecto de la herramienta anterior: el software que Lucas tenía previamente sólo leía cada carácter en forma individual a medida que se iba conformando con sus puntos Braille, pero no leía la palabra. En resumen, la herramienta anterior no permitía la síntesis de la palabra. La nueva herramienta posibilitaba este aspecto, y fue la clave para que Lucas pueda incorporar la lectoescritura y por consiguiente pasar de grado.

Lectura y Botones Funcionales

Las diferentes funciones provistas al usuario en esta primera versión se dispusieron paralelamente en pantalla, para su utilización mediante la botonera visible en la parte derecha de la interfaz. Adicionalmente, el usuario principal de la aplicación accede a las mismas utilizando las dos columnas derechas de su tablero especial. Así, se guarda una relación de aspecto y disposición entre la forma de accionar los botones de función desde el tablero especial como desde la interfaz en pantalla, lo cual mantiene la coherencia e isomorfia entre ambos caminos de acceso.

Iberdiscap

Las teclas de función fueron etiquetadas “Función 1” a “Función 8” según el siguiente esquema:

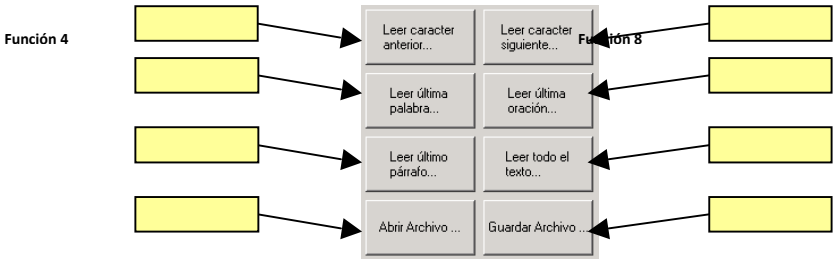


Fig. 3: Teclas de función con su etiqueta

Este esquema responde a la distribución de orden utilizada también en la asignación de botones para los puntos Braille, con lo que se simplifica su recordación por analogía con aquel sistema de distribución conocida por Lucas.

Las funciones consideradas en esta primera implementación guardan relación básicamente con las funciones de lectura de la aplicación, posibilitando las siguientes operaciones:

- **Función 1 y Función 5**: Leen, respectivamente, el carácter que se encuentra inmediatamente antes e inmediatamente después de la posición actual del cursor. Esto le permite al usuario conocer el contexto de escritura para tipear el carácter correcto. Si bien se preveía que podían producirse errores en la escritura (como componente natural del proceso de aprendizaje), la indicación pedagógica para la primera implementación fue que la asistente de Lucas le ayudara a organizarse en el proceso.
- **Función 2**: El software “lee” la última palabra más cercana a la posición del cursor. Es decir: si el cursor se encuentra en medio o al final de una palabra, el usuario la escuchará completa, en tanto que si se encuentra al principio de una palabra, escuchará completa la lectura del carácter inmediato anterior, típicamente, un espacio o signo de puntuación, que son los separadores de palabras definidos en el software. Esta funcionalidad aporta igualmente al sentido de contexto y posición de escritura en términos pedagógicos como se comentó anteriormente.
- **Función 6**: Con esta tecla el software “lee” la última oración escrita, siguiendo el mismo criterio que el enunciado anteriormente para determinar la última palabra. La diferencia radica en que los caracteres considerados separadores de oración son un subconjunto de los considerados separadores de palabra. Básicamente, son los signos de punto y seguido, punto y aparte, signo de exclamación o de interrogación, y salto de párrafo. El sentido de esta función es específico para la tarea de lectura y comprensión por parte del usuario.
- **Función 3**: Nuevamente, esta función posibilita la lectura de un conjunto aún más amplio: todo el párrafo en el que se encuentra el cursor. En este sentido, sólo el punto y aparte indica cambios de párrafo.
- **Función 7**: Finalmente, esta tecla le permite oír la lectura de todo el texto en edición.

Además de las señaladas, los dos últimos botones le permiten voluntariamente abrir un archivo o guardar la edición del actual, mediante las teclas de Función 4 y 8 respectivamente.

Inedi-cap

2.2.3.2 Versión 2.0 y subsiguientes

La segunda versión se generó a partir de los nuevos requerimientos académicos que debía enfrentar Lucas en la escuela, al pasar a segundo grado.

Básicamente se aportó a la utilidad pedagógica/áulica de la herramienta dotando a la aplicación de una Calculadora integrada en el software, con el mismo sistema de utilización y características reactivas. En principio se trató de una calculadora básica, y en posteriores evoluciones de la versión se amplió la funcionalidad de la misma para posibilitar la edición y cálculo automático de resultado de fórmulas o ejercicios combinados, utilizando paréntesis para jerarquizar las operaciones de los cálculos a resolver.

La interfaz de uso principal de la aplicación se mantuvo, a excepción de un área de pantalla reservada para la "lectura visual" de los mensajes auditivos que recibía Lucas, permitiendo a su maestra integradora "ver" lo que Lucas "oye".

2.2.3.3 Versión 3.0 y subsiguientes

En esta versión se implementaron básicamente tres aspectos nuevos bien diferenciados:

- Nuevo sistema de menús jerárquicos.
- Utilidades de movimiento del cursor sobre el texto y controles de edición del mismo.
- Ampliación de las características configurables en la aplicación.

Operaciones de desplazamiento y edición del texto

A partir de la experiencia de uso de la aplicación por parte del usuario y del mecanismo de interacción con su maestra integradora, surgió un nuevo "concepto" manejado por él: el de la posición del cursor en el texto. Experiencias pedagógicas anteriores con el usuario – incluso de varios años – no le habían permitido manejar los conceptos de orden y posición relativa dentro de un conjunto con éxito sustancial. Lo sorprendente de esta aplicación es precisamente el efecto organizativo y las habilidades intelectuales despertadas en Lucas a partir del uso de esta herramienta.

3. Resultados y discusión

Versión actual: 4.0 y subsiguientes

Las demandas recientes de Lucas se focalizaron en la navegación por Internet y la posibilidad de escribir correos electrónicos. Luego de analizar la situación, vimos conveniente crear un vínculo desde nuestra herramienta con un software del tipo estándar. Se realizó "un puente" entre la interfaz que tiene Lucas y el aplicativo Jaws®, posibilitando una apertura mayor a la que se obtiene con un software hecho a medida con funciones específicas. Este es un progreso conceptual muy importante en cuanto al uso de herramientas tecnológicas-informáticas: pasar de lo hecho a medida hasta la utilización de herramientas estándar.

4. Conclusiones y trabajos futuros

Lucas estuvo utilizando la herramienta durante estos 10 años, y la misma fue teniendo su evolución, acompañando su proceso pedagógico e incluso surgiendo posibilidades impensadas antes de la utilización de la misma, como fue el uso del cursor. En el año 2008 ingresó a Nivel Medio, con nuevos desafíos y demandas, y adecuaciones de la herramienta para satisfacerlas. También surgió la necesidad de la

Inclusicap

navegación por Internet y la posibilidad de escribir correos electrónicos, lo que llevó a comunicar el aplicativo con Jaws®, un software del tipo estándar.

No se vislumbran límites futuros para Lucas y el hecho de haber repetido varias veces primer grado hoy es una anécdota del pasado.

Referencias

[1] Sistemas multimediales de apoyo al apresto escolar y a la lectura y escritura inicial para niños discapacitados visuales , http://www.puc.cl/toquemagico/html/resumen.pdf

[2] Sánchez Montoya Rafael, "Ordenador y discapacidad", Ed CEPE SL

[3] Valdivia Miranda Carlos, "Arquitectura De Equipos Y Sistemas Informaticos", Ed Paraninfo

[4] Balena Francesco, "Programacion Avanzada Con Microsoft Visual Basic 6.0", Ed Mcgraw-Hill

[5] Morin Randy, "Programming Windows Services", John Wiley & Sons

[6] Appleman Dan, "Win32 API Puzzle Book And Tutorial For Visual Basic Programmers", Ed Apress

[7] Obregón Diego– Bongiovanni Érica– Farneti Alejandra, "Programación Lógica", Ed Colegio Universitario IES Siglo 21

[8] Beltramone Diego– Obaj Daniel, "Electrónica I", Ed Colegio Universitario IES Siglo 21

[9] "Resiliencia", http://www.psicologia-positiva.com/resiliencia.html

[10] Sense for deafblind people, http://www.sense.org.uk

Iberdiscap

Herramienta de apoyo basada en interacción tangible para el desarrollo de competencias comunicacionales en usuarios de CAA

Andrea Guisen[1], Sandra Baldassarri[2], Cecilia Sanz[1], Javier Marco[2], Armando De Giusti[1], Eva Cerezo[2]

[1]Universidad Nacional de La Plata/Facultad de Informática/Instituto de Investigación en Informática LIDI: 50 y 120 – 2do Piso, La Plata, Argentina, 54-0221-4227707, 54-0221-4227707, aguisen, csanz, degiusti@lidi.info.unlp.edu.ar

[2]Universidad de Zaragoza/ Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas: c/Maria de Luna 1, Zaragoza, España, Tel.976-762357, sandra, javi.marco, ecerezo@unizar.es

Resumen.

En este trabajo se presenta una propuesta de aplicación educativa basada en superficies interactivas horizontales (tabletop) de interacción tangible para asistir al desarrollo de competencias comunicacionales orientada a alumnos con Necesidades Complejas de Comunicación (NCC) en el marco de la Educación Especial. En particular, se enfoca al escenario de usuarios de Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA) con diferentes estadíos en el desarrollo del lenguaje. Muchos de ellos, son usuarios de Sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa (SAAC), que se consideran instrumentos que permiten mejorar la comunicación, ya sea aumentando o bien supliendo el lenguaje oral.

Con la creación de esta aplicación educativa se busca innovar en el uso de TIC en este escenario educativo, integrar una nueva herramienta al conjunto de materiales didácticos creativos y "Tecnologías de apoyo" que se utilizan habitualmente. Se describe aquí su funcionalidad y fundamentación a partir de trabajos de campo realizados.

Palabras clave: interacción tangible, tabletop, Comunicación Aumentativa y Alternativa, educación especial

1. Introducción y contenidos

Los Sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa (SAAC) son instrumentos para la enseñanza y uso CAA, que permiten llevar a cabo actos de comunicación. Los sistemas aumentativos complementan el lenguaje oral cuando, por sí sólo, no es suficiente para entablar una comunicación efectiva con el entorno; los alternativos, lo sustituyen cuando éste no es comprensible o está ausente [1]. Son usuarios de SAAC asistido un amplio espectro de personas con Necesidades Complejas de Comunicación (NCC). Para ellos, la CAA puede ser una herramienta de apoyo al lenguaje expresivo y/o comprensivo, un medio de expresión, o un medio de expresión y comprensión.

Los SAAC se clasifican en [2]:

- *"No asistidos" o "sin ayuda"*: no requieren del uso de un instrumento exterior, sólo del propio cuerpo. El lenguaje de señas o deletreo es un ejemplo claro de SAAC no asistido.

Iberdiscap

- *"Asistidos" o "con ayuda":* precisan de un dispositivo externo que actúe como soporte del sistema. Entre los asistidos, se puede hablar de SAAC de baja, media y alta tecnología (AT), que van desde el uso de cartones con signos gráficos a computadoras que a través de un software específico integran elementos hipermediales para la comunicación.

En particular para este trabajo, interesan aquellos de alta tecnología. Las posibilidades que otorga el avance de la tecnología informática posibilita el traslado y uso de los SAAC de AT, efectivizando así la sociabilización del usuario en diferentes entornos de la vida cotidiana, y convierten el uso de estos dispositivos en una tendencia creciente. Su utilización final implica la tarea de abstracción del objeto real, pasando por la manipulación de signos tangibles e imágenes, hasta llegar a un sistema de signos gráficos [3] [4]. Así, el proceso de significación, inherente al desarrollo del lenguaje, en el que el sujeto le otorga sentido a una entidad física externa mediante la construcción de un concepto (imagen mental) y una imagen acústica, se hace fundamental para los potenciales usuarios de SAAC.ACoTI (Augmentative Communication through Tangible Interaction), herramienta que se presenta en este trabajo, se diseña con el motivo de apoyar al sujeto en el desarrollo de las competencias comunicacionales necesarias en este proceso.

Por otra parte, en el área de la interacción natural con aplicaciones digitales, las propuestas basadas en interacción tangible están recibiendo especial atención por parte de diseñadores y educadores [5] dadas sus posibilidades de control de aplicaciones informáticas de forma embebida en objetos de uso cotidiano y bien conocido por los usuarios [6].
La aplicación de la interacción tangible en superficies horizontales aumentadas computacionalmente (tabletops) abre enormes posibilidades de acción en el ámbito educativo [7] [8] [9] [10][11]. La disposición de los usuarios alrededor de una mesa refuerza la interacción humana y el contacto visual entre alumnos y educadores. A su vez, el uso de entornos virtuales, animaciones y sonido digital son un importante estímulo para el alumno, reforzando su motivación durante la realización de las tareas educativas. En este mismo sentido, se han comprobado los beneficios de los tabletops tangibles a través de experiencias de uso con niños con síndromes de relación social [12] [13] [14]. En el área de la educación especial, la interacción multimodal cobra un valor mayor, ya que permite incorporar diferentes formas de comunicación entre los usuarios y el ordenador, mejorando así la accesibilidad de las aplicaciones [15] [16]. Por último, es interesante destacar el trabajo desarrollado en el Politécnico de Milán [17] destinado a usuarios de comunicación aumentativa y alternativa, en el que se trabaja interactuando con gráficos en papel asociándolos a recursos multimedia.
Tomando como partida estos antecedentes y el trabajo de campo realizado, se propone la utilización de un dispositivo tabletop, como una herramienta de interacción tangible y multimodal con un software especialmente diseñado para asistir al desarrollo de competencias comunicacionales propias a la adquisición del lenguaje en potenciales alumnos usuario de SAAC de AT. La herramienta propuesta estará integrada en el conjunto de materiales didácticos creativos y "Tecnologías de apoyo" que se utilizan habitualmente en este escenario educativo.

2. Metodología

La metodología en la que se basa este trabajo consiste por un lado, en una investigación teórica, revisando las principales fuentes bibliográficas; y por otra parte, en el trabajo de campo realizado en escenarios propios a la situación planteada (escuelas especiales y otros institutos educativo-terapéuticos para personas con capacidades diferentes). En particular, se aplicaron las siguientes técnicas de recolección de información: observación participante, entrevistas abiertas y semi-estructuradas [18] [19] con el fin de identificar los actores sociales interviniente en la problemática, las características del usuario de CAA y su contexto cercano, la metodología de enseñanza y aprendizaje prevaleciente en este escenario educativo. También las limitaciones y posibilidades de los SAAC de baja, media y alta tecnología y las fases que integran el desarrollo de competencias comunicacionales para la adquisición del lenguaje e incorporación de

Iberamicap

un SAAC. Además, para determinar la necesidad del trabajo, se utilizó la técnica Focus Group entre expertos, contando con fonoaudiólos y logopedas, especialista en CAA, y académicos e investigadores en TIC y CAA tanto del ámbito de la Ciencia Informática como de la Ciencias de la Educación.
A partir de la aplicación de estas técnicas se analizó que, para abordar el proceso de abstracción necesario para la utilización de un SAAC, el sujeto debe "vivenciar" el objeto, percibir los múltiples aspectos que lo integran activando todos sus sentidos e identificando su relación con los otros objetos del entorno. A través de la percepción e interpretación de esta entidad física, el sujeto construye un concepto o imagen mental, que luego asocia a una palabra (parte de la propia lengua) creando una imagen acústica. Es entonces, cuando se impulsa el proceso de significación básico que permitirá posteriores estadios en el desarrollo del lenguaje. Luego, se dejan de lado los objetos reales para manipular su representación en elementos miniatura. De esta manera, se lleva al objeto a un grado cada vez de mayor abstracción ("abstracción del objeto real") y se fortalece su representación mental hasta llegar al sistema de signos gráficos, en el que se trabaja constantemente incorporando nuevos conceptos con el fin de ampliar el léxico. Posteriormente, se comienza a trabajar con los diferentes tipos de signos en relación al grado de abstracción en la representación (*"aprendizaje de la CAA"*).
En cada una de las fases en las que el alumno desarrolla sus competencias comunicacionales, propias a la adquisición del lenguaje, para la incorporación final de un SAAC de AT, se identifican instrumentos que los profesionales utilizan como herramientas o "tecnología de apoyo". Sin embargo, se observa la necesidad de contar con herramientas que asistan a los sujetos en la fase de "abstracción del objeto real y aprendizaje de la CAA".
Así, se abre camino al diseño de una propuesta de aplicación educativa concebida como herramienta de apoyo al proceso de abstracción del objeto real hasta la identificación de su representación en el plano propia a un sistema de signos gráficos. Para el diseño de esta herramienta,se han considerado los resultados obtenidos del trabajo de campo realizado en el que se identificaron las siguientes características del desempeño dentro del aula:
- *Se trabaja con grupos reducidos.*Cuando se trata de usuarios de CAA, normalmente los grupos se conforman de 5 alumnos aproximadamente. Estos se agrupan por niveles según el resultado de la evaluación de sus competencias.
- *La enseñanza es particularizada.* Se respeta el proceso individual que precisa cada alumno para construir el conocimiento. Las actividades didácticas se personalizan acorde al grupo de alumnos o al alumno destinatario en cada caso.
- *El conocimiento se construye de manera conjunta en dinámicas colaborativas.*La participación activa de un miembro actúa como disparador para la intervención de otro. Las dimensiones individuales y sociales del aprendizaje son consideradas complementarias y esenciales.
- *El aprendizaje es situado.* Los alumnos trabajan sobre escenarios propios a su contexto cultural. El diseño de los contextos de aprendizaje se convierte en una de las tareas básicas del docente.
- *El léxico se enseña por categorías.* El lenguaje no se divide según su gramática (verbos, sustantivos, adjetivos, etc.) sino en categorías semánticas, agrupando conceptos que se asocian a un mismo contexto de uso. Este método se hace necesario para la posterior utilización de un SAAC.
- *Se busca una Comunicación multimodal.* Se busca fortalecer todos los canales de comunicación del alumno, estimular sus sentidos a través de la combinación y asociación de diferentes medios de representación de la información (objetos, imágenes fijas y en movimiento, sonidos).

La aplicación propuesta debe adaptarse a esta metodología de trabajo incorporando estos requerimientos en el diseño de la herramienta propuesta, tal y como se detalla en la próxima sección.

3. Resultados y discusión

iberdiscap

Como primer resultado, se ha diseñado e implementado ACoTI, que consiste en una herramienta educacional compuesta por una mesa de interacción tangible [20] y un software o juego para ordenador. Los alumnos interactúan con el juego a través de objetos físicos (generalmente juguetespequeños), tal y como se puede observar en la Figura1. Este diseño se ha basado en las consideraciones y objetivos antes planteados.

Figura 1 – Niños jugando con nuestra mesa de interacción tangible

A continuación se hace una breve descripción técnica del dispositivo sobre el que se desarrolló la aplicación, y posteriormente se describe en detalle el funcionamiento de la misma.

3.1 Soporte para la aplicación ACoTI

ACoTI requiere la utilización de una tabletop, como la NIKVision (diseñada específicamente por uno de los grupos intervinientes en este proyecto). Esta es una superficie activa horizontal, que permite la interacción con aplicaciones educativas a través de la manipulación de objetos convencionales en su superficie. En su diseño se ha priorizado el bajo costo, la tecnología sencilla y resistente, y que sea fácilmente montable y transportable con el fin de simplificar la evaluación de las aplicaciones en las clases de los niños. También, fueron consideradas cuestiones de tamaño, seguridad y estética (ver Fig.2Derecha).

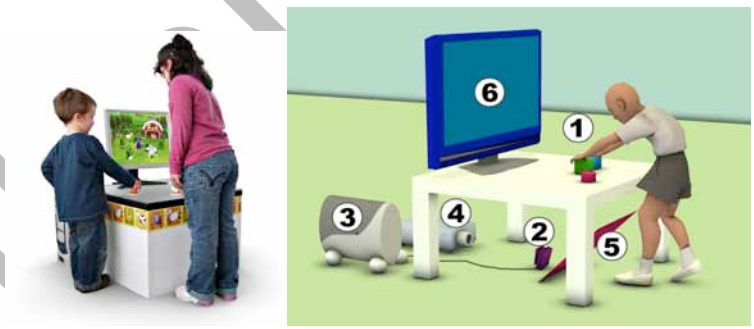


Figura 2.Izquierda: Tabletop NIKVision - Derecha: Componentes de NIKVision

- Para el reconocimiento y seguimiento de los objetos dispuestos en la mesa (ver Fig. 2. Derecha), se ha adoptado el framework del software “Reactivision”[21], el cual analiza la imagen capturada por una cámara de video colocada en el interior de la mesa (ver Fig 2. Derecha-2) con el fin de capturar visualmente los objetos colocados en la superficie. La ventaja de este sistema es que no requiere añadir electrónica especial en los objetos a ser utilizados en las aplicaciones,

basta con adicionar un marcador impreso (fiducial) (ver Figura 3) en la base del objeto seleccionado para la interacción de manera que pueda ser identificado por Reactivision.

Figura 3. Marcadores impresos (fiduciales) añadidos a la base de los juguetes

Tanto el software de reconocimiento visual, como el de las aplicaciones educativas, se ejecutan en una estación informática convencional (Fig. 2. Derecha 3), que gestiona las dos salidas de imagen digital de NIKVision: una en la superficie de la mesa donde tiene lugar la manipulación de los objetos (Fig. 2. Derecha 4 y 5), y la otra a través de un monitor colocado en la mesa frente a los niños (Fig. 2. Derecha 6). La imagen en el monitor se utiliza para mostrar a los niños entornos virtuales 3D como los que se pueden ver en videojuegos convencionales, mientras que la imagen proyectada en la superficie sirve de guía a las manipulaciones de los objetos sobre la mesa.El sencillo diseño de Nikivision permite que la aplicación sea fácilmente replicada en diferentes tamaños y formas; la hace versátil, de manera que pueda ser utilizada en diferentes entornos y por usuarios disímiles; y permite dar soporte a una gran variedad de actividades lúdicas y educativas.

3.2 Juego basado en interacción tangible

- La herramienta desarrollada consiste en un software educativo orientado a acompañar a alumnos usuarios de CAA en el proceso de adquisición de competencias comunicacionales, y en particular, su preparación para poder llegar a utilizar un SAAC.
- En esta aplicación se presenta un conjunto de elementos de forma que el alumno debe identificar cuáles están conceptualmente relacionados con una cierta categoría. Con la utilización de diferentes escenarios para el juego, se aprende e incorpora el léxico del sistema de signos propios a la CAA. El docente o terapeuta puede configurar el sistema, dependiendo del grado de desarrollo del lenguaje del alumno y las correlativas competencias de comunicación que se desean trabajar. Como ya se explicó, los elementos que se conforman como soporte de la aplicación para el alumno son el monitor, la mesa interactiva y una serie de objetos reales o su imitación en tamaño miniatura.
- En el monitor aparece un entorno virtual 3D (escenario) incompleto, por ejemplo, podría ser una granja. En la superficie de la mesa se proyectan un conjunto de iconos o símbolos que responden a un vocabulario nuclear organizado en categorías. Cada categoría se ubica en su escenario natural en la superficie de la mesa. El niño dispone de varios objetos que puede colocar en la mesa. El espacio donde debería ubicarse cada elemento se encuentra sugerido ya sea mediante el contorno de la figura del elemento (Fig. 4.a), el pictograma donde se expresa su representación simbólica (Fig. 4.b), o la palabra escrita (Fig. 4.c). Esto dependerá de la forma en que el docente elija trabajar. La tarea del alumno consiste en completar el escenario mediante la asociación del objeto (Fig. 4.d) con alguna de sus representaciones proyectadas en la mesa.

Iberdiscap

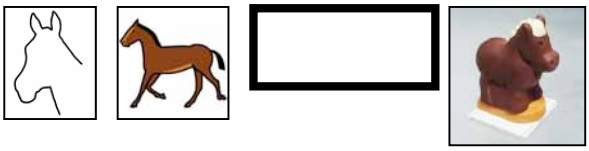


Fig. 4 a. Contorno del objeto a asociar con el objeto miniatura - b. Pictograma a asociar con el objeto miniatura - c. Palara escrita a asociar con el objeto miniatura - d. Objeto miniatura que el alumno manipula

Cada vez que el niño ubica correctamente el objeto, la imagen del elemento se incorpora al escenario 3D mostrado en el monitor, obteniendo el tamaño y ubicación lógicas en dicho escenario. En ese momento, la imagen se anima emitiendo un movimiento y sonido característico asociado al objeto real.

Una vez que se han ubicados todos los objetos del escenario, el mismo se pone en movimiento. Los elementos "cobran vida" todos al mismo tiempo, y un personaje virtual saluda al alumno, a modo de indicarle que ha realizado su tarea satisfactoriamente.

Mediante la manipulación de los elementos miniatura que brinda ACoTI el sujeto "vivencia" el objeto, lo percibe en todos sus aspectos. Luego, la identificación de su representación en la interfaz gráfica de usuario (monitor) impulsa el proceso de significación en el que el sujeto le otorga sentido a la entidad física, mediante la construcción de su concepto e imagen acústica. En la medida en que el docente configura el sistema para la visualización de signos cada vez más complejos, el alumno logra un mayor grado de abstracción del objeto real. Con la utilización de diferentes escenarios para el juego, se aprende e incorpora el léxico del sistema de signos propios a la CAA.

De esta manera, ACoTI es una herramienta de apoyo a la abstracción del objeto real hasta su identificación en el plano, competencia comunicacional básica para la adquisición del lenguaje; y a medida en que se trabaja con los diferentes escenarios, se aprende y se amplía el léxico del sistema de símbolos con los que, más adelante, se conformará el SAAC. Además, en este proceso se motiva al alumno y se lo estimula a partir de diferentes representaciones multimediales.

Por otra parte, se destaca que en el diseño de la herramienta se han tenido en cuenta las características definidas en el trabajo de campo, de modo que ACoTI: permite el trabajo con grupos reducidos (varios niños pueden jugar al mismo tiempo construyendo un escenario específico), es configurable por docentes y terapeutas, permite definir si se trabaja de forma individual o grupal para fomentar las dinámicas colaborativas, respeta el principio de aprendizaje situados (trabaja a partir de escenarios que forman parte de la vida diaria de los usuarios), incluye las categorías que se utilizan en los SAAC, ofrece interacción multimodal facilitando la comunicación a través de diferentes medios (audio, imagen estática, imagen dinámica, texto, etc.).

En resumen, se ha considerado la metodología que se ha observado en el estudio de campo para incluir los aspectos más relevantes en el diseño del software.

3.3 Proceso de Evaluación de ACoTi

La evaluación planificada consiste en poner a prueba el sistema en establecimientos educativos alos que concurran usuarios de comunicación aumentativa y alternativa. Se focalizará al grupo destinatario específico, y se trabajará en forma directa con alumnos, docentes y terapeutas involucrados.

Iberdisap

Se han diseñado dos instrumentos específicos para recoger datos de interés acerca del sistema. Uno orientado a los docentes y terapeutas, con el fin de identificar información acerca de la pertinencia o no de ACoTi para la problemática planteada, ajustes necesarios, facilidad de uso y otras observaciones que pudieran realizar durante la puesta en práctica del software; y otro basado en la observación participante durante las experiencias de trabajo diseñadas para con los alumnos. En esta instancia se buscará analizar actitudes, formas de participación y dificultades por parte de los alumnos en el uso del sistema.

Resta poner en ejecución el plan diseñado, y analizar los primeros resultados. A la actualidad, se han identificado y consultado a las instituciones donde se llevarán adelante estas primeras experiencias.

4. Conclusiones y trabajos futuros

Se ha presentado en este trabajo una propuesta de aplicación educativa basada en superficies interactivas horizontales (tabletop) de interacción tangible, para asistir al desarrollo de competencias comunicacionales orientada a alumnos con NCC, usuarios de CAA.

ACoTI (Augmentative Communication thought Tangible Interaction)pone en juego estrategias de interacción natural a través de la utilización de objetos reales (en este caso juguetes) para abordar el trabajo con el software educativo y el entorno 3D que lo caracteriza. Se considera una herramienta innovadora en el conjunto materiales didácticos y Tecnologías de Apoyo aplicadas en este escenario educativo.

En lo inmediato, queda llevar adelante las evaluaciones pertinentes para mejorar y adecuar el software acorde a las observaciones de los expertos participantes y alumnos en cuestión para, finalmente, analizar los primeros resultados.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto FRIVIG, D/031964/10, de la AECID.

Referencias

[1] A. Abadín, C. I. Delgado Santos, A. Vigara Cerrato. Comunicación aumentativa y Alternativa. Guía de referencia. Edición CEPAT, 2009.

[2] R. Sánchez Montoya. Ordenador y discapacidad. Madrid. Ciencias de la educación preescolar y especial. ISBN: 8478694021, 2002.

[3] J. Boix, C. Basil. CAA en atención temprana. Comunicación y pedagogía: NT y recursos didácticos. ISSN: 1136-7733, Nº 205, pp. 29-35, 2005.

[4] C. Basil, E. Soro-Camats, C. Rosell. Sistema de Signos y ayudas técnicas para la Comunicación Aumentativa y la escritura. Principios teóricos y aplicaciones. Ed Masson. Barcelona (Spain). pp. 382-389, 2004.

[5] C. O'Malley, D. Fraser: Literature Review in Learning with Tangible Technologies. NESTA Futurelab, 2004.

[6] B. Ullmer, and H. Ishi.: Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces. HCI in the New Millenium, John M. Carroll, Ed. Pp. 579—601, 2001.

[7] D. Africano, S. Berg, K. Lindbergh, P. Lundholm, F.Nilbrink, A. Persson: Designing tangible interfaces for children's collaboration. CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 853-868, 2004.

[8] P. Marshall, S. Price, and Y. Rogers: Conceptualising tangibles to support learning. Conference on interaction Design and Children. IDC '03, 2003.

[9] F.Rizzo and F.Garzotto: "The Fire and The Mountain": tangible and social interaction in a museum exhibition for children. Conference on interaction Design and Children, 2007.

iberdiscap

[10] K. Ryokai, S. Marti, and H. Ishii. I/O brush: beyond static collages. In CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI EA '07). ACM, New York, NY, USA, 1995-2000.
[11] J. Soler-Adillon, J. Ferrer, N. Parés: A novel approach to interactive playgrounds: the interactive slide project. Conference on interaction Design and Children, 2009.
[12] A. Piper, E. O'Brien, M. Morris, T. Winograd: SIDES: a cooperative tabletop computer game for social skills development. 20th Conference on Computer Supported Cooperative Work, 2006.
[13] M. Veen.: Improving collaboration with raketeer: development of a serious game with multi-touch interaction for teaching children with PDD-NOS collaboration. Doctoral thesis. Rijksuniversiteit Groningen, 2009.
[14] A. Battocchi, A. Ben-Sasson, G. Esposito, E.Gal, F. Pianesi, D. Tomasini, P.Venuti, P. Weiss and M. Zancanaro: Collaborative Puzzle Game: a Tabletop Interface for Fostering Collaborative Skills in Children with Autism Spectrum Disorders. Journal of Assistive Technologies. 4(1): pp. 4-14, 2010.
[15] A. Tartaro A., J. Cassell: Playing with virtual peers: bootstrapping contingent discourse in children with autism. 8th International conference for the learning sciences. Vol. 2, 2008.
[16] M. Foster, K. Avramides, S. Bernardini, J. Chen, C. Frauenberger, O. Lemon, K. Porayska-Pomsta: Supporting children's social communication skills through interactive narratives with virtual characters. International Conference on Multimedia. pp. 1111-1114, 2010.
[17] F. Garzotto, M. Bordogna: Paper-based multimedia interaction as learning tool for disabled children. In IDC '10: Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children, 2010.
[18] L. Cohen, L. Manion: Métodos de investigación educativa. Colección aula abierta. Ed. La Muralla. Madrid (Spain) ISBN: 8471335654 (in Spanish), 2002.
[19] J. Nielsen: Usability Engineering. John Wiley and Sons, 1993.
[20] J.Marco, E.Cerezo, S. Baldassarr, E. Mazzone, J. Read: Bringing Tabletop Technologies to Kindergarten Children. 23rd BCS Conference on Human Computer Interaction. pp. 103-111, 2009.
[21] M. Kaltenbrunner and R. Bencina. ReacTIVision: a computer-vision framework for table-based tangible interaction. 1st international Conference on Tangible and Embedded interaction TEI '07, pp. 69-74, 2007.

Iberdiscap

Tecnologias de Apoio e Multideficiência

C. Nunes[1]

[1]Escola Superior de Educação de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, membro da Unidade de Investigação do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa: Campus de Benfica, Lisboa, Portugal, Tel. 00351 966 634 383, e-mailclarisse@eselx.ipl.pt

Resumo.

A educação de alunos com multideficiência coloca inúmeros desafios aos docentes que com eles trabalham, exigindo recursos humanos e materiais especializados que respondam de forma adequada às suas necessidades. As Tecnologias de Apoio (baixa e alta tecnologia) constituem um dos recursos importantes para a sua educação. Neste contexto desenvolvemos um estudo em Portugal que envolveu 13 unidades de apoio especializado à educação desta população, as quais eram frequentadas por 65 alunos com multideficiência, cujas idades variavam entre os cinco e os 18 anos, e 27 docentes de educação especial e do ensino regular. Os dados recolhidos evidenciam a existência de uma quantidade reduzida de Tecnologias de Apoio nestes contextos, as quais se relacionam com as acessibilidades digital e física. A sua utilização é pouco frequente, particularmente as ligadas à acessibilidade digital. Os professores sentem dificuldades na sua utilização, indicando necessitarem de formação específica na área.

Palavras clave:multideficiência, tecnologias de apoio, necessidades, professores de educação especial

1. Introdução e conteúdos

O estudo que apresentamos é parte da investigação em curso no âmbito do doutoramento em Educação, especialidade em Tecnologias da Informação e da Comunicação na Educação, o qual tem como objectivos principais: i) conhecer quais são as tecnologias de apoio actualmente disponíveis para auxiliar o desenvolvimento das capacidades comunicativas das crianças e jovens com multideficiência e promover a sua aprendizagem; ii) perceber quais são as necessidades dos professores, mormente a nível da utilização das tecnologias de apoio com estas crianças e jovens e iii) compreender quais as características das práticas educativas dos professores, designadamente a nível das tecnologias de apoio que usam.Perante estes objectivos definimos as seguintes questões orientadoras desta investigação:

Quais são as tecnologias actualmente disponíveis para auxiliar o desenvolvimento das capacidades comunicativas dos alunos com multideficiência, bem como para promover a sua aprendizagem?

Quais são as características das práticas educativas desenvolvidas pelos docentes de alunos com multideficiência, designadamente a nível das tecnologias de apoio que usam?

Quais as necessidades dos docentes que trabalham com alunos com multideficiência, mormente a nível da utilização de tecnologias com estes alunos?

Parece-nos importante conhecer estes aspectos dado que nas últimas décadas têm-se observado evoluções no que à educação de crianças e jovens com deficiência diz respeito. Não são apenas as alterações nas estruturas e funções físicas e mentais dessas pessoas que devem ser tidas em atenção na sua educação. Os factores ambientais são igualmente importantes, particularmente a forma como estes se organizam para responder às necessidades detectadas, incluindo os recursos materiais utilizados para as ajudar a comunicar, a aprender, a serem mais autónomas, enfim a terem uma melhor qualidade de vida.

iberdisap

Este factor é vital na medida em que a participação em actividades realizadas em contextos naturais constitui um facilitador do desenvolvimento e do funcionamento humano.

No caso particular das crianças/jovens com multideficiência, a extensão e severidade das limitações que apresentam nas estruturas e funções do corpo (cognitivas, motoras, sensoriais, etc.) resultam em dificuldades continuadas a nível da mobilidade, da comunicação e interacção com pessoas e objectos, do acesso à informação, da autonomia, do relacionamento e participação social e da aprendizagem [1],[2]. Representam um grupo bastante heterogéneo e vulnerável [3]. As suas capacidades e necessidades são únicas e exigem respostas específicas e singulares, constituindo a sua educação um desafio para os profissionais que com elas trabalham [4]. Ou seja, as suas limitações colocam significativas barreiras à sua educação, inclusão social e escolar.

Estas crianças e jovens necessitam de ajuda para se movimentar e ter acesso a recursos, informações e interacções significativas que optimizem as suas capacidades, as ajude a controlar os ambientes onde se encontram e a participar e a envolver-se de forma activa nos diversos contextos de vida. Enfim, exigem apoio intenso e continuado em mais do que uma actividade normal do dia-a-dia, de forma a poderem participar em diversos ambientes comunitários [5],[4].

O recurso a Tecnologias de Apoio que minimize as suas dificuldades e contribua para o seu desenvolvimento, participação nas situações do dia-a-dia e aprendizagem constitui, por vezes, a única forma que têm para interagir activamente com o ambiente envolvente, incluindo a aprendizagem em conjunto com os seus pares [6]; [7] [8]. Consideramos Tecnologias de Apoio qualquer produto que lhes proporcione capacidade para realizar tarefas que de outra forma não seria possível [9], podendo estas relacionar-se com a acessibilidade física (posicionamento, mobilidade e auto-cuidados) ou com a acessibilidade digital (acesso ao computador, comunicação, estimulação sensorial e recreação e software educativo). Porém, a necessidade de se afectar tecnologias a nível da comunicação, do posicionamento, das actividades de vida diária, da recreação e do controlo do ambiente, constitui frequentemente mais um constrangimento à sua instrução. Implica que os docentes conheçam as tecnologias existentes que são adequadas a estas crianças e jovens, as suas potencialidades e as saibam utilizar, o que nem sempre acontece [6].

Neste contexto, consideramos importante investigar o papel que as tecnologias de apoio desempenham na organização de respostas educativas adequadas a estas crianças e jovens.

2. Metodología

Neste estudo usamos uma metodologia e procedimentos de natureza predominantemente descritiva, pois procuramos uma abordagem compreensiva e qualitativa do objecto de estudo. Recorremos aos seguintes instrumentos de recolha de dados: i) entrevistas semi-estruturadas a professores de crianças e jovens com multideficiência, bem como a especialistas em tecnologias de apoio e ii) observação de práticas desenvolvidas pelos professores junto destas crianças e jovens.

Efectuámos cinco entrevistas a seis especialistas em tecnologias de apoio para alunos com Necessidades Educativas Especiais; 13 entrevistas a 27 professores do ensino regular e da educação especial, os quais trabalhavam com 67 alunos que frequentavam 13 unidades de apoio especializado à educação de crianças e jovens com multideficiência; e 62 observações não participantes em 11 das 13 unidades envolvidas no estudo, o que representou 84,6% do total. As unidades pertenciam a duas regiões: Grande Lisboa (n=5) e Oeste (n=6). As entrevistas e as observações ocorreram durante os períodos da manhã e da tarde, no decorrer dos meses de Abril, Maio e Junho de 2010. A informação recolhida nas entrevistas e nas observações foi sujeita à respectiva análise de conteúdo, recorrendo ao programa Atlas.Ti, versão 5.0.

3. Resultados e discussão

Iberdisca

3.1. Tecnologias de apoio úteis a alunos com multideficiência

Os seis especialistas entrevistados encontram-se activamente ligados ao uso de tecnologias de apoio (TA) para pessoas com algum tipo de incapacidade. Três são do género feminino e outros tantos pertencem ao género masculino. Quatro deles têm idades compreendidas entre os 41 e os 50 anos e dois têm mais de 50 anos. Todos têm pós-graduações: três especializações em educação especial, dois mestrados relacionados com a educação especial e um doutoramento relacionado com a engenharia de reabilitação.

Segundo estes especialistas as tecnologias de apoio actualmente disponíveis e consideradas relevantes para a educação de crianças e jovens com multideficiência relacionam-se com as acessibilidades digital e física. Em termos das relacionadas com a acessibilidade física (ver tabela 1) é realçada a importância da existência de equipamentos que permitam à criança: i) ter um posicionamento adequado que a ajude a estar disponível para a aprendizagem e a comunicação e ii) deslocar-se com a autonomia possível.

Acessibilidade física	Exemplos assinalados
Mobilidade e posicionamento	Cadeiras de rodas simples e eléctricas; cadeiras de transporte, andarilhos; PALMIBER
Actividades de auto-cuidados	Cadeiras de posicionamento sanitário; talheres adaptados; rebordos para pratos

Tabela 1. Tecnologias de apoio relacionadas com a acessibilidade física referenciadas como úteis a alunos com multideficiência

As cadeiras, particularmente as eléctricas (muito pouco usadas com estas crianças/jovens), e os andarilhos são as tecnologias de apoio à mobilidade e posicionamento mais assinaladas. As cadeiras de posicionamento sanitário, os talheres adaptados e os rebordos para pratos constituem as mais referenciadas a nível dos auto-cuidados.

São salientadas, ainda, um conjunto distinto de tecnologias de apoio ligadas à acessibilidade digital, as quais agrupamos em quatro categorias: comunicação; acesso ao computador; software educativo e estimulação sensorial e recreação. As tecnologias de apoio relacionadas com o acesso ao computador são das mais assinaladas (n=36), a par do software educativo (n=32) e da comunicação aumentativa e alternativa e controlo do ambiente (n=30). Referem os especialistas que algumas destas tecnologias possibilitam uma maior controlo do ambiente "*Inclusivamente não falámos do controlo do ambiente, mas é uma coisa que é importante, por exemplo controlar um brinquedo a distância através de um computador.*" [Entrevista_5.rtf - 5:38 (31:31)].

A nível da comunicação são sublinhados produtos sofisticados (alta tecnologia), como sejam comunicadores simples com saída de voz digitalizada (particularmente o BigMack e o GoTalk+) e produtos simples (baixa tecnologia), como por exemplo: tabelas e álbuns de comunicação. Os programas de causa-efeito constituem os softwares educativos mais referenciados como sendo úteis a estas crianças e jovens. O programa Boardmaker é também anunciado como muito útil para o docente preparar materiais de comunicação a usar com algumas crianças/jovens com multideficiência. Os programas Speaking Dynamically e Grid2 também são assinalados. Para acesso ao computador sãoapontados,sobretudo, ecrãs tácteis e manípulos simples, mais sistemas de controlo pelo olhar (Magic Eye e My Tobii). São ainda referenciados como importantes os kits multisensoriais e os brinquedos adaptados, a nível da estimulação sensorial e recreação. O conjunto de tecnologias de apoio descrito está patente na tabela 2.

Iberdiscap

Acessibilidade digital	Exemplos
Comunicação aumentativa e alternativa	Comunicadores simples tipo Big Mack, Go talk e Cheaptalk; SICAM e adaptador de livros de histórias com saída de voz; tabelas de comunicação e álbuns de comunicação
Acesso ao computador	Ecrãs tácteis, manípulos diversos, teclados alternativos e sistemas de controlo pelo olhar (Magic Eye e My Tobii) foram as tecnologias mais referenciadas
Software educativo	Programas para apoio à comunicação e controlo do ambiente, como por exemplo: Boardmaker, Speaking Dynamically; Grid; programas de causa-efeito e estimulação sensorial, como o Abracadabra; Hoops e Caleidoscópio e alguns programas para promover aprendizagens escolares básicas, como sejam: Overlay Maker e o Intellipics Studio.
Estimulação sensorial e recreação	Kits multisensoriais, brinquedos adaptados, equipamentos para recreação no exterior e Soundbeam foram as tecnologias destacadas

Tabela 2. Tecnologias de apoio relacionadas com a acessibilidade digital referenciadas como úteis a alunos com multideficiência

Opinaram os especialistas ser importante realizar-se mais investigação nesta área, embora actualmente em Portugal se registem alguns estudosque envolvem a produção de tecnologias de apoio para estes alunos: criação de um manípulo e de softwares de causa-efeito simples, são exemplos assinalados. A sua maioria resulta de investigações efectuadas em instituições do ensino superior, decorrentes de teses de mestrado ou de doutoramento, ainda em curso.

3.2. Tecnologias de apoio existentes nas Unidades de apoio a alunos com multideficiência

As 13 unidades de apoio envolvidas no estudo são frequentadas por 67 crianças e jovens com idades compreendidas entre os cinco e os 18 anos, sendo que 46,4% se situa entre os 10 e os 15 anos e 43,6% tem entre seis e 10 anos de idade. Estes alunos apresentam características bastante diversas: um grupo importante (63%) manifesta limitações muito acentuadas em todos os domínios de funcionamento: motor, cognitivo, sensorial, comunicativo e saúde física, as quais condicionam a sua autonomia e participação e os leva a necessitar de muito apoio; e outros (37%) apresentam especiais limitações no funcionamento cognitivo e na comunicação/linguagem oral. Todos manifestam limitações no funcionamento cognitivo, sendo que a sua extensão e gravidade varia entre moderado a profundo. A maioria (80%) dos alunos não usa a fala para comunicar, sendo poucos os que comunicam recorrendo a formas mais elaboradas de comunicação como sejam os símbolos e outras imagens. Metade do grupo de alunos apresenta restrições graves no movimento e na deslocação e 31% tem ainda graves limitações sensoriais (visão e audição) e alguns problemas de saúde.

Para auxiliar o desenvolvimento e funcionamento deste grupo de alunos existem, nos contextos educativos que frequentam, tecnologias de apoio ligadas à acessibilidade física e à acessibilidade digital (ver tabela 3). Os dados recolhidos revelam a existência de um pouco mais de duas centenas de produtos de apoio (n=227), relacionando-se a sua maioria (58,1%) com a acessibilidade digital, sendo quase metade (47,8%) constituída por software educativo. As tecnologias ligadas à acessibilidade física correspondem a 41,9% do total.

Ibero-Scap

Acessibilidade digital	Acessibilidade física
132	95

Tabela 3. Tecnologias de apoio existentes nas unidades de apoio a alunos com multideficiência

Registamos a existência de inúmeras tecnologias de apoio ligadas à acessibilidade física, constituídas por produtos que: i) facilitam a mobilidade (como por exemplo: cadeiras de rodas, cadeiras de transporte e andarilhos); ii) permitem posicionamentos em situações diversificadas (particularmente planos inclinados, *standing-frame*, cunhas, coletes e puffs) e iii) visam auxiliar a realização de actividades relacionadas com os auto-cuidados (como sejam a higiene: bancadas de muda de fraldas, banco sanitário e alarme de casa de banho; e a alimentação: talheres adaptados, rebordos e ventosas para pratos, anti-derrapantes, seringas e sondas gástricas). Verificamos ainda a existência de alguns tabuleiros para cadeiras de rodas ou de transporte, assim como uma ou outra mesa adaptada, oxímetro e botijas de oxigénio.Inferimos que a existência deste tipo de tecnologias se deve ao facto de um pouco mais de metade dos alunos (n=35) manifestar graves restrições motoras, que dificultam a sua mobilidade e posicionamento. Na tabela 4 descrevemos a quantidade de produtos de apoio registados considerando as três categorias descritas: mobilidade, posicionamento e auto-cuidados.

Mobilidade	Posicionamento	Auto-cuidados
35	41	19

Tabela 4. Tecnologias de apoio ligadas à acessibilidade física existentes nas unidades de apoio a alunos com multideficiência

A análise destes dados diz-nos que as tecnologias de apoio facilitadoras do posicionamento dos alunos e da sua mobilidade sãodas mais comuns. As ligadas aos auto-cuidados existem em menor quantidade. Assim, consideramos existir alguma preocupação a nível do posicionamento e da mobilidade, mas o mesmo não podemos dizer relativamente à promoção do desenvolvimento da autonomia destes alunos na realização de actividades de auto-cuidados.

A nível da mobilidade destacamos o facto de metade dos produtos de apoio integrados na categoria "mobilidade" serem cadeiras de transporte (n=18). As cadeiras de rodas que possibilitam aos alunos deslocarem-se de uma forma mais autónoma são em menor número (n=11). Não há registos de cadeiras de rodas eléctricas. Portanto, embora existam produtos de apoio que facilitam a mobilidade dos alunos, muitos continuam a depender de outra pessoa para se deslocarem, não o podendo fazer autonomamente. Pensamos ser importante criar mais oportunidades para que estes alunos tenham possibilidade de ser mais autónomos na mobilidade, bem como na realização de actividades ligadas aos auto-cuidados. Como dizem Coleman & Heller (2009) é útil ajudar os alunos a deslocarem-se com a independência possível, de modo a aumentarem as oportunidades para explorarem o meio ambiente e a interagirem com as pessoas e objectos aí existentes. No geral, consideramos ser necessário investir um pouco mais nas tecnologias de apoio ligadas aos auto-cuidados, bem como nas que possam facilitar um maior nível de autonomia na deslocação dos alunos.

A maioria (n=62, corresponde a 65,3%) destes produtos de apoio pertence aos alunos que os utilizam, nomeadamente os relacionados com a mobilidade e o posicionamento, o que nos parecenatural.

Observamos ainda um total de 132 produtos de apoio ligados à acessibilidade digital, facilitadores do acesso ao computador, à comunicação, à recreação e à estimulação sensorial, distribuídos da seguinte forma.

Inedisca

Comunicação	Acesso ao computador	Software Educativo	Estimulação Sensorial e Recreação	TIC
16	25	63	3	25

Tabela 5. Tecnologias de apoio ligadas à acessibilidade digital existentes nas unidades de apoio a alunos com multideficiência

Destacamos a existência de uma variedade de software educativo, que corresponde a 47,8% do total deste tipo de tecnologias de apoio. O software educativo relaciona-se com: acesso ao computador; comunicação; estimulação sensorial e recreação, actividades escolares (softwares ligados à literacia, numeracia, memória, associação, etc.) e outros.

Nas 13 unidades existem 25 equipamentos informáticos (TIC), o que pode parecer à partida um número interessante de produtos de apoio incluídos no grupo das TIC, mas na realidade seis encontram-se avariados ou obsoletos, não funcionando com os periféricos e os softwares educativos existentes e outros ainda não se encontram operacionais. Como nos dizem alguns professores: "*… os computadores, que agora não funcionam*" [Entrevista_3.rtf - 3:136 (153:153)] e "*O software que tem o computador já é muito antigo e não aceita o switch*" [Entrevista_5.rtf - 5:93 (162:162)]. Este facto leva a que alguns professores mencionem necessitar de equipamentos mais recentes, que funcionem melhor. Uma das unidades não tem nenhum equipamento informático e outras não têm ligação à Internet. Constatamos que nem todas as unidades de apoio dispõem de equipamentos informáticos, pelo que entendemos haver necessidade de se investir mais neste tipo de tecnologias, consideradas básicas nos dias de hoje.

Certificamos a existência de alguma variedade de tecnologias de apoio que facultam o acesso dos alunos ao equipamento informático, embora em número pouco significativo: nove manípulos, sete teclados alternativos e Lifetech, quatro ecrãs tácteis, duas trackballs e dois Inproman e um Joystick. O estado de conservação destas tecnologias de apoio é bastante bom na generalidade das situações.

A existência de tecnologias para apoiar o processo de comunicação é bastante reduzido no conjunto das 13 unidades de apoio (corresponde a apenas 7% do total das tecnologias ligadas à acessibilidade digital). Porém, a generalidade dos alunos que frequenta estes contextos educativos não usaa fala para comunicar. Depreendemos existir pouco investimento neste tipo de tecnologias de apoio nestes contextos educativos. As razões podem ser diversas: o elevado preço das tecnologias, o desconhecimento da sua existência, a pouca valorização da sua importância, ou a dificuldade em trabalhar com as mesmas. Estas tecnologias são constituídas, essencialmente, por digitalizadores da fala (comunicadores), sendo uns mais simples e outros um pouco mais complexos, os quais podem ser acedidos exclusivamente através de selecção directa. Na maioria das situações são digitalizadores simples, com poucas células. Existem ainda em duas unidades de apoio cadernos de comunicação.

Embora a recreação seja um aspecto importante a considerar no desenvolvimento de qualquer criança e jovem, este tipo de tecnologias de apoio é praticamente inexistente nos contextos educativos envolvidos no estudo. Assinalamos apenas a presença de um brinquedo adaptado, um manípulo multisensorial e um centro de actividades multisensorial. Inferimos que ao grupo de alunos que frequenta as 13 unidades de apoio especializado são disponibilizados brinquedos e/ou objectos comuns aos seus pares sem necessidades especiais, podendo, eventualmente, não serem estes adequados às suas capacidades e necessidades. Entendemos ser útil estimular o uso destas tecnologias de apoio, dado este ser praticamente inexistente.

Inedisciap

Assinalamos também a presença de 63 softwares educativos. Grande parte destes programas assume-se como recurso para os alunos, apenas os relacionados com a comunicação constituem recursos para professores.

Dos softwares que constituem recurso para os alunos, salientamos os programas designados de causa e efeito e de estimulação sensorial (n=19), bem como os ligados às actividades académicas (n=18) por serem os mais presentes (representam 58,8% do total). Do software educativo de causa efeito e de estimulação sensorial os programas mais assinalados foram o «*Filiokus*»; o «Fala mais alto»; o «Hipp!»; o «Abracadabra» e o «Caleidoscópio». Quase todo este software pertence às unidades de apoio. De referir que não encontramos em nenhuma unidade de apoio, softwares educativos de causa e efeito referidos na literatura como sendo específicos para alunos com multideficiência, como seja o caso do «*SENSwitcher*» e o «*Herramienta Multimédia para Estimulación sensoriomotriz*», os quais se encontram disponíveis gratuitamente na Internet.

Regista-se igualmente alguma diversidade de programas existentes a nível das aprendizagens mais académicas/escolares, como seja a literacia e a numeracia, os jogos de associação e de memória e ainda histórias adaptadas. Assinalamos o facto de nem todos os programas mencionados serem acessíveis a alunos com necessidades educativas especiais de carácter permanente (NEE), particularmente os que apresentam multideficiência. Referimos também a presença de alguns softwares (n=12) que não se enquadram em nenhum dos tópicos anteriormente indicados (são softwares praticamente comuns aos usados com crianças e jovens sem NEE). Inferimos que este grupo de softwares se adequa mais a ser usado por alunos que apresentam um nível de funcionamento superior ao que habitualmente é esperado para o grupo de crianças e jovens com multideficiência.

Dos softwares educativos que constituem recursos para os professores(os que servem para a construção de materiais facilitadores do processo de comunicação dos alunos que têm dificuldades na comunicação ou linguagem oral), destacamos os programas «*Boardmaker (SPC)*» (n=6) e «*Boardmaker* e *Speaking Dinamically*» (n=4).

Concluímos que existem relativamente poucas tecnologias de apoio ligadas à acessibilidade digital, com especial ênfase para as relacionadas com a comunicação e a estimulação sensorial e recreação. As tecnologias ligadas aos auto-cuidados e à mobilidade mais autónoma dos alunos, integradas na acessibilidade física, é igualmente escassa.

3.3. Utilização de Tecnologias de apoio com alunos com multideficiência

A análise dos dados recolhidos indica-nos que as tecnologias de apoio mais utilizadas são as ligadas à acessibilidade física, embora existam mais produtos relacionados com a acessibilidade digital nos contextos educativos estudados.

A nível da acessibilidade física sobressai a utilização de tecnologias que permitema mobilidade e o posicionamento (as que não são usadas são essencialmente mesas e tabuleiros) dos alunos. Embora existam poucas tecnologias ligadas aos auto-cuidados, as que existem são usadas (ver tabela 6) frequentemente.

Uberdisciip

	Tecnologias de apoio ligadas à acessibilidade física		
	Posicionamento	Mobilidade	Auto-cuidados
Existentes	41	35	19
Usadas	37	35	19

Tabela 6. Relação entre as TAligadas à acessibilidade física existentes e usadas nas unidades

Relativamente às tecnologias de apoio ligadas à acessibilidade digital investigamos que menos de metade (45,5%) é utilizada. Consideramos ser relativamente baixo este índice de utilização, dadas as características das crianças e jovens com multideficiência, o qual difere consoante o tipo de tecnologia de apoio em estudo. Como atesta a tabela 7,são utilizadas, sobretudo, algumas TIC; tecnologias de apoio à comunicação e softwares educativos. As tecnologias menos usadas são as de acesso ao computador e as de estimulação sensorial e recreação.

Tecnologias de apoio ligadas à acessibilidade digital					
	TIC	Acesso ao Computador	TA à comunicação	Estimulação sensorial e Recreação	Software educativo
Existentes	25	25	16	3	63
Usadas	14 (56%)	9 (36%)	8 (50%)	1 (33,3%)	28 (44,4%)

Tabela 7. Relação entre as TAexistentes e as usadas nas unidades de apoio a alunos com multideficiência

Conquanto as TIC sejam o grupo de tecnologias de apoio com maior percentagem de utilização, apenas 14 equipamentos estão a ser usados, sendo que metade é apenas uma a duas vezes por semana e somente quatro são utilizados todos os dias. Os professores recordam que alguns destes equipamentos não estão em condições para serem utilizados e outras tecnologias ainda não estão a ser usadas por não estarem instaladas, como ilustramos de seguida: "*como os computadores vão ser mudados, não podemos instalar*." [Entr.11_11:91, (169:169)]. Dos dois computadores portáteis apenas um é utilizado pelos alunos. O outro é para uso exclusivo dos professores. A existência deste tipo de tecnologia não é sinónimo de uma utilização frequente.Assinalamos também o facto de existirem dois projectores de vídeo, embora apenas um esteja em condições para funcionar, mas só é usado muito esporadicamente.

A nível das Tecnologias de Apoio à comunicação, que existem em quantidade muito reduzida, as mais usadas são os comunicadores simples e baixa tecnologia, como sejam cadernos de comunicação, o sistema PECS, etc. Estas tecnologias sãomuito pouco utilizadas, verificando-se uma «Reduzida consistência no uso de TA à comunicação». Somente em cinco situações (6,2%) se verifica uso frequente deste tipo de TA. Este deve ser um aspecto a melhorar.

Quanto ao software educativo que até existe em quantidades consideradas razoáveis, os de causa-efeito são os mais usados, embora com pouca frequência, pois exigem o uso de TIC, que nem sempre estão em condições.

Iberdiscap

A utilização que o adulto faz destas tecnologias, em praticamente metade das situações (49%), limita-se a «Posiciona | desloca o aluno sem o envolver no uso da TA». Éo adulto que utiliza a tecnologia e não tanto o aluno. Outro comportamento bastante observado (em 37,7% das situações) é o do adulto dar indicações ou *feedback* sobre a tecnologia recorrendo ao uso da fala. Outras formas de utilização da tecnologia pelo adulto a realçar, por entendermos serem mais positivas (do ponto de vista do aluno),são: o auxiliar o aluno na utilização da tecnologia de apoio, embora tivesse sido observado poucas vezes (n=15, corresponde a 13,1% dos comportamentos) e o adequar o uso da tecnologia ao aluno e explicar-lhe como este a deve utilizar (n=6, equivale a 5,3% dos comportamentos). Entendemos ser importante registar-se uma inversão na frequência com que estas formas de utilização das TA acontecem. Ou seja, aumentar a frequência dos comportamentos que envolvem mais o aluno no uso da TA e reduzir ao mínimo os outros.

Quanto à utilização das Tecnologias de Apoio pelo aluno, salientamos o facto de, em muitas situações (n=42, equivalente a 36,8% dos comportamentos observados) haver 'reduzido envolvimento do aluno' na utilização do(s) produto(s) em causa. Todavia registamos comportamentos que retratam um maior envolvimento do aluno na utilização da TA, como seja o 'accionar, clicar ou tocar' no produto, ou o 'segurar e usar'. Estes e outros comportamentos, que revelam maior participação por parte do aluno, representaram 57% do total das condutas observadas. Perante estes dados, deduzimos que, em muitas situações, as tecnologias não foram usadas de modo a promover uma maior participação e autonomia dos alunos envolvidos.

O desenvolvimento de competências comunicativas e a promoção da autonomia parece ser pouco valorizado na utilização destas tecnologias de apoio. Em muitas situações, as tecnologias servem mais para facilitar a tarefa do adulto do que da criança/jovem, sendo, por vezes pouco útil à sua participação.

As principais estratégias usadas pelos professores para inserir as tecnologias de apoio descritas nas actividades são: i) o recurso à «Disponibilização ou mostra dos materiais | TA», a qual aconteceu em 60,6% das circunstâncias, e ii) o dar informação verbal à criança/jovem, representando 27,3% das estratégias observadas. Perante as características de muitos dos alunos que frequentam as unidades, entendemos ser útil ter-se mais atenção à forma como a utilização das tecnologias de apoio são comunicadas às crianças e jovens. Pensamos importante apelar ao uso de formas de comunicação que sejam mais facilmente compreendidas pelas crianças/jovens, nomeadamente: símbolos, gestos ou objectos de referência. Na realidade este tipo de estratégia apenas foi observada nove vezes, equivalendo a 6,8% das situações. O «recurso ao uso do sistema de calendário» para introduzir as tecnologias foi utilizada apenas sete vezes, representando 5,3% das estratégias usadas. Não se registou, portanto, uma grande diversidade de estratégias usadas para introduzir as tecnologias de apoio aos alunos envolvidos nas actividades.

As tecnologias de apoio nem sempre são integradas nas actividades de uma forma muito adequada, registando-se um reduzido envolvimento da criança/jovem na sua utilização. É frequente os professores posicionarem ou deslocarem a criança/jovem sem a envolver no uso da tecnologia de apoio, recorrendo à fala para lhe dar feedback. É pouco comum auxiliá-la na utilização da tecnologia de apoio, ou explicar-lhe como a pode usar, ou ainda adequar o seu uso ao sujeito com quem está a trabalhar. Apuramos também a existência de reduzida consistência no uso de tecnologias de apoio ligadas à comunicação.

Quanto às estratégias usadas pelo adulto destacamos o facto de todas elas serem facilitadoras de uma maior participação do aluno na actividade, sendo que o dar ajuda física foi a mais observada (em 52,4% das situações). Apesar de positiva esta estratégia e as outras duas («dá oportunidades de escolha» e «espera pela resposta do aluno») foram observadas com reduzida frequência.

Inferimos ainda que os professores estão pouco conscientes de como podem usar as tecnologias de apoio e com que finalidade, embora procurem adequá-las às características dos seus alunos. É necessário

ibeRiscaP

melhorar o modo como as tecnologias de apoio são usadas com este grupo de alunos e a frequência com que o são.

3.4. Necessidades dos professores a nível das Tecnologias de Apoio

Os dados recolhidos permitem perceber quais são as principais necessidades e dificuldades dos professores, mormente a nível da utilização das tecnologias de apoio. As maiores dificuldades situam-se na prática pedagógica, nomeadamente na organização e gestão do currículo, na comunicação e interacção com as crianças/jovens e na utilização das tecnologias de apoio.

Quanto ao uso das Tecnologias de Apoio (TA) quase todos os professores (apenas cinco não as referem) indicam sentir dificuldade, essencialmente na sua utilização mas também no conhecimento do que existe. Explicam as razões pelas quais não usam determinada TA (por desconhecimento e por não conhecerem muito bem como estas podem ser usadas com os seus alunos – exaltada a falta de formação na área) e mencionam as suas opiniões acerca do elevado custo das TA. Alguns destes indicadores encontram-se descritos nos excertos que seguidamente apresentamos: "*Temos dificuldades. O nosso conhecimento de alguns materiais não é suficientemente aprofundado para sabermos adequar às características e necessidades de cada criança*" [Entr.12_12:134, (152:152)] e "*Tenho dificuldade em saber utilizá-las*" [Entr.11_ 11:108, (204:204)].

Os resultados revelam também a existência de inúmeras dificuldades relacionadas com os recursos: gestão dos recursos humanos, inadequação dos espaços físicos e aquisição de recursos materiais, incluindo as tecnologias de apoio. A dificuldade em aceder a formação é similarmente muito marcada. O aumento e a melhoria dos recursos materiais (incluindo as tecnologias de apoio) constituem, a par da formação, as necessidades mais apontadas por este grupo de professores. Em termos da prática pedagógica sobressai a necessidade de ter formação relacionada com as tecnologias de apoio e a sua utilização, bem como a comunicação e multideficiência.

4. Conclusões e trabalhos futuros

As tecnologias de apoio actualmente disponíveis para pessoas com necessidades especiais são inúmeras. Todavia, as especialmente pensadas para as características particulares das crianças/jovens com multideficiência (as que apresentam limitações graves ou profundas a nível intelectual, motor e sensorial)são relativamente poucas, nomeadamente as que permitem uma maior acessibilidade digital. É igualmente escassa a investigação relacionada com a utilização de tecnologias de apoio, particularmente com as que apresentam limitações mais graves.

Em Portugal, as unidades de apoio especializado à educação de crianças e jovens com multideficiência envolvidas no estudo, não dispõem de produtos de apoio em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades destes alunos, sendo particularmente reduzidos os ligados à comunicação,ao acesso ao computador, à estimulação sensorial e recreação. Por outro lado, os que há são também pouco usados. Concluímos que as tecnologias de apoio existentes, embora reduzidas, também não estão a ser completamente aproveitadas as suas potencialidades.

Os professores têm escassa formação sobre tecnologias de apoio e sentem dificuldades em as utilizar, pelo que é necessário disponibilizar formação neste âmbito. Os professores devem aprender a envolver mais estas crianças/jovens no uso das tecnologias de apoio, entre elas as ligadas à comunicação, designadamente as que facilitam o estabelecimento de interacções sociais e o acesso à informação, incluindo as consideradas de baixa tecnologia. É indispensável que essas tecnologias sejam usadas de uma forma consistente, de modo a criar mais oportunidades de aprendizagem para estes alunos. A realização e disponibilização de tutoriais que expliquem e ilustrem como essas tecnologias de apoio, especialmente as ligadas à comunicação e à estimulação sensorial e recreação, podem ser usadas com

Iberdiscap

crianças e jovens com multideficiência pode ser uma estratégia útil para promover uma maior e melhor utilização das mesmas.

Referencias

[1] I. Amaral, C. Nunes. Educação, multideficiência e ensino regular: um processo de mudança de atitude. Diversidades, Abril, Maio, Junho, 6, 20, pp.4-9, 2008.

[2] J. Pawlyn, S. Carnaby. Profound intellectual and multiple disabilities. Nursing complex needs. Wiley-Blackwell Publishing, 2009.

[3] M. Arthur-Kelly, P. Foreman, D. Bennett, S. Pascoe. Interaction, inclusion and students with profound and multiple disabilities: towards an agenda for research and practice. Journal of Research in Special Needs, Vol. 8, nº3, pp. 161-166, 2008.

[4] C. Vlaskamp, A. van der Putten. Focus on interaction: the use of an individualization support program for person with profound and multiple disabilities. Research in Developmental Disabilities, 30, pp.873-883, 2009.

[5] F. Orelove, S. Sobsey. Educating children with multiple disabilities: a transdisciplinary approach. Third Edition. Baltimore, Paul Brookes Publishing, 1996.

[6] J. Copley, J.Ziviani. Barriers to the use of assistive technology for children with multiple disabilities. Occupational Therapy International, Vol. 11, nº 4, pp.229-243, 2004.

[7] J. Downing, M. Demchak. First steps. Determining individuals abilities and how best support students. In: J. Downing, Including students with severe and multiple disabilities in typical classrooms. Practical strategies for teachers. Baltimore, Paul Brookes, pp.49-89, 2008.

[8] G. Lancioni, N. Singh, M. O'Reilly, J. Sigafoos, D. Oliva, E. Cingolani. Students with multiple disabilities using technology-based programs to choose and Access stimulus events alone or with caregiver participation. Research in Developmental Disabilities, Elsevier, Vol.30, pp.689-701, 2009.

[9] M. Coleman, K. Heller. Assistive technology considerations. In: K. Heller, P. Forney, P. Alberto, S. Best, M. Schwartzman. Understanding physical, health and multiple disabilities. Second Edition, London: Pearson Education, pp.139-153, 2009.

Iberdiscap

Iberdiscap

ACCIONES HORIZONTALES

Iberdiscap

Iberdiscap

Programa Nacional Brasileiro de Formação de Professores: Construindo a Inclusão Sociodigital

Lucila Maria Costi Santarosa[1], Débora Conforto[2]

[1]UFRGS/NIEE: Rua Paulo da Gama 110, Porto Alegre- RS, Brasil, 55+05133083269, lucila.santarosa@ufrgs.br

[2]UFRGS/NIEE: Rua Paulo da Gama 110, Porto Alegre- RS, Brasil, 55+05133083269, conforto@terra.com.br

Resumo.

Apresentamos, neste trabalho, o Programa Nacional de Formação de Professores, da Secretaria de Educação Especial do Ministério da Educação e Cultura (SEESP/MEC), na modalidade a distância, desenvolvido pelo grupo NIEE/UFRGS, que visa fornecer subsídios teóricos e práticos sobre as tecnologias digitais, com ênfase na Acessibilidade para a inclusão sociodigital e educacional de alunos com necessidades especiais. O curso envolve módulos de conteúdos e estratégias metodológicas e objetiva a formação de professores em todo o Brasil e professores de países ibero-americanos como Uruguai, Costa Rica, México e Panamá. Uma cultura relacionada à Acessibilidade com a Tecnologia Assistiva, associada, principalmente, às tecnologias digitais, já se faz presente em âmbito escolar e concretiza a construção de uma sociedade inclusiva. A promoção de espaços de formação docente impulsiona o crescimento conjunto de TODOS, no cenário educativo contemporâneo, no que se refere à construção do conhecimento que circunscreve a acessibilidade e a inclusão sociodigital.

Palavras chaves: Formações de Nacional de Professores; Acessibilidade; Inclusão Sociodigital;

1. Tecnologias digitais acessíveis na formação de professores

As tecnologias digitais têm disponibilizado importantes cenários para a interação e comunicação, produzindo movimentos que começam a concretizar práticas de **respeito** e de **valorização da diversidade humana**. No rastro desses movimentos, processos de inclusão em diferentes contextos socioculturais têm sido edificados, tempos e espaços que emergem alicerçados sob a lógica de novas relações socioculturais, afetando substancialmente dimensões da vida humana. São esses movimentos de respeito à diversidade humana que começam a potencializar a construção de espaços socioculturais modelados a partir de princípios de equidade e de justiça social,. Ao nos distanciarmos da infoexclusão, ou exclusão digital, nos aproximamos da inclusão digital e social de TODOS os seus participantes, em especial das Pessoas com Necessidades Especiais (PNE).

A projeção de tecnologias digitais como interfaces de cidadania promove e concretiza o inédito-viável de uma sociedade igualitária. Permeiam,nessa projeção, conceitos fundamentais como o de **inclusão,**que se configura como um movimento para aproximar aqueles que estiveram historicamente excluídos ou deixados na exterioridade dos espaços socioculturais, como conseqüência da forma dualista de concepção do mundo - incluídos *versus* excluídos [4].

Iberdisap

Nesse contexto, o postulado de **inclusão social e educacional** consiste em tornar toda a sociedade em um lugar para a convivência com a diversidade humana na efetivação de seus direitos, necessidades e potencialidades. De forma paralela às tecnologias digitais, emerge o conceito de **inclusão digital**, termo empregado em contextos diferenciados, porém, raramente definido em toda a sua positividade. Assumindo a real dimensão que esse movimento projeta, o nomeamos como **inclusão sociodigital** e o caracterizamos como o processo de apropriação de artefatos e técnicas digitais para promover e possibilitar a participação de todos os autores sociais em diferentes tempos e espaços culturais. A força que projeta a união dos conceitos **social** e **digital** opera na impossibilidade de se falar em inclusão sem que essa impulsione práticas sociais de exercício do direito à cidadania.

Assim, a promoção da inclusão sociodigital passa, indiscutivelmente, pela busca da**acessibilidade**, a qual deve trazer, em seu escopo, a flexibilização de acesso de usuários que possuam algum tipo de necessidade especial, que revelem algum tipo de fragilidade que leve a restrições aos mecanismos de navegação, à operação com software e com hardware e às adaptações aos ambientes e situações.Dos movimentos iniciais de enfrentamento das barreiras arquitetônicas características das décadas de 40 a 70, passamos, a partir dos anos 80, a problematizar também a modelagem de espaços digitais, projetando uma ampliação para o conceito de**acessibilidade**[1]. Com a emergência de uma nova perspectiva conceitual para a acessibilidade, projeta-se e promove-se a construção de contemporâneos acessos que operam como pontes e rampas tecnológicas e que efetivamente podem melhorar as condições e a qualidade de vida para a diversidade humana, no acesso à informação e formação, na interação e comunicação e na participação efetiva dos espaços socioculturais [8].

Embora, nos últimos anos, o crescimento na área da inclusão sociodigital e escolar sejam inegáveis, ainda se vivencia uma realidade brasileira não - favorável para a diversidade humana, fato comprovado pela quantidade de sujeitos ainda colocados na exterioridade de processos educativos na rede escolar, por fragilidade na área sensorial ou cognitiva. Somam-se a esse fato, a dura realidade das condições de trabalho docente e a frágil formação dos professores, aspectos que têm impulsionado posições reducionistas centradas nas limitações e nas dificuldades do sistema de ensino regular em atender a diferença e a deficiência. Frente a isso, a mudança valorativa e a ação por parte de órgãos governamentais, educadores, pesquisadores e agentes sociais levaram à conquista de um espaço para a construção de respostas ao desafio de garantir o direito à diversidade humanaà inclusão no ensino regular.

A configuração da educação inclusiva traz benefícios para a sociedade e para todos os envolvidos no processo educativo, pois propicia a criação de um ambiente escolar e social em que os indivíduos aprendem a respeitar, a compreender e a admirar as qualidades de TODOS, independentemente de suas diferenças físicas e cognitivas, aspectos que possibilitam a efetivação de uma sociedade com justiça e equidade social. O Brasil vem desenvolvendo um processo de inclusão por meio das Políticas Públicas em apoio à Educação Inclusiva e dos projetos de Formação Continuada de Professores. O Ministério da Educação (MEC) assumiu como premissa a indissociabilidade entre teoria e prática e a concepção de um processo educativo que necessita ser transformado e reinventado.

Explicitando ideais de justiça e equidade social, a Rede de Formação Continuada de Professores, da Secretaria de Educação Especial do Ministério da Educação e Cultura (SEESP/MEC), gerencia e financia cursos de aperfeiçoamento, extensão e especialização na modalidade a distância, visando à capacitação de professores na perspectiva da Educação Inclusiva. Das inúmeras possibilidades de recursos e de formas de apoio que se apresentam no cenário educativo contemporâneo, as tecnologias digitais têm revelado, em âmbito nacional e internacional, o grande potencial do campo de saber da Informática na Educação Especial. Entrelaçando tecnologias digitais de informação e comunicação com um qualificado plano de atendimento especializado, um ajuste às especificidades e à variedade de histórias de vida de sujeitos em processo educativo tem sido desencadeado, permitindo que a heterogeneidade e a diferença sejam lidas como vantagem e não como prejuízo. No entanto, recursos computacionais, por si só, não

Ibero-Americana

desempenham as funções esperadas se não forem mediados por professores formados sob os preceitos da Educação Inclusiva [6].

Para responder ao desafio de formação docente no âmbito das tecnologias digitais, e compondo a rede de formação continuada projetada pela SEESP/MEC, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em especialo Núcleo de Informática na Educação Especial (NIEE) e o Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED), vem desenvolvendo, ao longo dos últimos oito anos, o curso de "Formação De Professores em Tecnologias de Informação e Comunicação Acessíveis", com os objetivos de:

- *Aperfeiçoar e formar em serviço, na modalidade a distância, via Internet, professores de escolas públicas inclusivas, com efetiva docência na Educação Básica, na apropriação e aplicação pedagógica das Tecnologias da Informação e da Comunicação com vistas à inclusão de alunoscom necessidades especiais.*
- *Utilizar, no contexto educativo, tecnologias de informação, recursos computacionais de acessibilidade e objetos de aprendizagem, com criticidade e autonomia, para projetar a escola como tempo-espaço integrador de instrumentos de inserção sociodigital.*
- *Experienciar, projetar e desenvolver ações pedagógicas significativas mediadas pelas tecnologias digitais de informação e de comunicação e de recursos de acessibilidade alicerçados na premissa da inclusão sociodigital de sujeitos com necessidades educativas especiais no cenário sociocultural contemporâneo.*
- *Forjar uma ação integrada - docente e equipe de Atendimento Educacional Especializado (AEE) - visando à construção de estratégias educativas para responder às diferentes demandas geradas pela inserção da diferença nas instituições educativas que compõem o Ensino Regular.*

A estrutura e a metodologia do curso são apresentadas ao longo deste artigo, de forma direta na proficiência docente e de forma indireta, e ainda mais importante, na educabilidade que projeta para a diversidade humana.

2. Formar para impulsionar a Educação Inclusiva

O curso de "Formação de Professores em Tecnologias de Informação e Comunicação Acessíveis", desenvolvido na modalidade a distância, utiliza as ferramentas de mediação e de comunicação disponibilizadas pelo seu ambiente virtual. A metodologia de ensino ajustada à modalidade da Educação a Distância (EAD) prevê o desenvolvimento de estratégias de aprendizagem e a publicação na plataforma do curso das atividades previstas para cada componente da base curricular, por meio de uma sequência de fases:

- **Fase Sensibilização:** apresentação e sensibilização às temáticas em foco por meio de conferências pela Internet e de ferramentas de comunicação síncrona (*chat*) e assíncrona (correio eletrônico, fóruns...);
- **Fase Imersão:** vinculação ao contexto da escola, diagnosticando a realidade escolar e trazendo casos existentes para a proposição das possíveis formas de intervenção.
- **Fase Problematização**: apropriação conceitual por meio de interações síncronas e assíncronas.
- **Fase Consolidação**: construção e reconstrução conceitual, apresentando os resultados edificados ao longo do processo de aprendizagem individual e coletiva.

Iberdiscap

A opção metodológica do curso centra-se na *interação* de seus participantes – professores, formadores, tutores, coordenador – para edificar uma verdadeira comunidade virtual de aprendizagem. Nessa perspectiva, dois níveis de uma formação docente em serviço são contemplados:

Nível 1 – **Apropriação técnico-metodológica**: O professor em formação pela constante e qualificada interação com a equipe técnico-pedagógica do curso e, por meio de sua participação nos fóruns, *chats*, conferências via Internet, articulará o domínio tecnológico com a prática pedagógica mediados por diferentes linguagens e ferramentas.

Nível 2 – **Aplicabilidade na unidade educativa**: O professor, em seu contexto educativo, deverá modelar estratégias de intervenção pela interface das tecnologias digitais, de forma pontual, experienciando possibilidades de qualificação de práticas educativas com as linguagens e ferramentas digitais desenvolvidas ao longo do curso, além de estabelecer um efetivo apoio na construção do plano AEE para sujeitos com necessidades especiais. Esse curso tem a duração de 180 horas e apresenta a seguinte estrutura curricular (Figura 1):

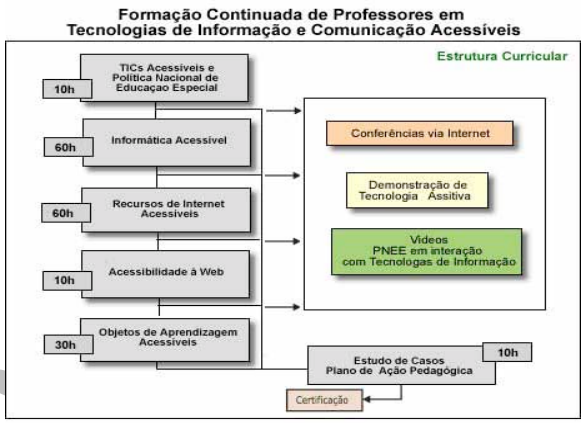


Figura 1 – Estrutura curricular do curso

Em cada Módulo,o professor trabalha diferentes aspectos, assim configurados:

Módulo I – Tecnologias de Informação e de Comunicação Acessíveis e Política Nacional de Educação Especial - Contextualiza as Tecnologias de Informação e de Comunicação (TIC) na perspectiva da Educação Inclusiva. Explora e instrumentaliza professores para as possibilidades técnico-metodológicas em um curso de formação na modalidade não-presencial. Impulsiona a apropriação de ferramentas de comunicação, interação e publicação individual e coletiva para mediar o processo de aprendizagem. Reflete sobre as políticas públicas, impulsionando a modelagem de planos de intervenção sociocognitiva, com vistas à inclusão escolar qualificada.

Módulo II – Introdução à Informática Acessível - Define e delimita Tecnologia Assistiva. Exploração, observação e manuseio de diferentes dispositivos e interfaces de hardware e software que possibilitam o acesso aos recursos de ambientes computacionais para a diversidade humana [3].

Módulo III – Recursos de Internet Acessíveis - Estuda as possibilidades educativas da Internet acessível. Explora e reflete sobre os usos pedagógicos da Internet - navegação, comunicação e produção de conteúdo para Web - na perspectiva de uma Educação Inclusiva.

Módulo IV – Acessibilidade à Web – Estuda critérios e requisitos para promover o acesso à Web para a diversidade humana. Observa e utiliza sistemas de avaliação e validação de conteúdo para a Web.

Módulo V – Objetos de Aprendizagem Acessíveis – Conceitua dimensões teóricas e metodológicas para a utilização de objetos de aprendizagem no contexto educacional. Realiza estudo ergonômico e cognitivo de objetos de aprendizagem na perspectiva da acessibilidade e da usabilidade [2]. Analisa, avalia e explora objetos de aprendizagem como instrumentos cognitivos para apoiar processos de inclusão escolar.

Nos **Módulos II, III, IV** e **V,** são estudados casos reais de inclusão escolar problematizados pelos conhecimentos e experiências vivenciados em cada um dos módulos, para assim elabora estratégias técnico-metodológicas em apoio à diversidade humana. As estratégias propostas são relatadas e discutidas entre os pares, construindo coletivamente alternativas de práticas inclusivas [6].

Módulo VI – Estudo de Caso e Plano de Ação Pedagógica – Explora a metodologia de projetos. Identifica, analisa e diagnostica Estudo de Casos de inclusão em instituições educativas regulares. Projeta a aproxima a equipe responsável pelo Atendimento Educacional Especializado da instituição de ensino para refletir, estruturar e aplicar plano de intervenção para a inserção qualificada de sujeitos com necessidades especiais no processo de escolarização.

Para os módulos descritos anteriormente, são oferecidos textos e matérias de apoio para a construção conceitual proposta em cada módulo. Além disso, várias conferências de renomados especialistas são apresentadas via Internet, com o objetivo de sensibilizar e promover a aproximação entre a o professor e as temáticas que subsidiam e apóiam o processo de inclusão de PNE na Educação Básica. Paralelamente, também são disponibilizados vídeos, inseridos nos conteúdos do curso, com demonstração de recursos de TA, que possibilitam a efetiva participação de sujeitos com necessidades especiais, e com registros de experiências de uso das tecnologias digitais em contexto escolar, que ilustram a viabilidade de práticas de inclusão sociodigital.

A inserção de conferências e de vídeos que demonstram recursos tecnológicos e práticas de inclusão escolar, mediados por tecnologias digitais acessíveis, permite trazer e problematizar, para diferentes contextos, as áreas de conhecimento fundamentais para toda a dinâmica sociocultural brasileira. Para ampliar e qualificar a construção teórico-prática, projetada pelo curso, e forjar práticas de respeito e de valorização da diversidade humana, cada participante recebe atualmente o livro (Figura 2)**Tecnologias Digitais Acessíveis** [4]com todo material do curso, de autoria de pesquisadores do NIEE/UFRGS, uma obra que propicia um aprofundamento da fundamentação teórica e a exploração de práticas significativas

Iberdiscap

de inclusão sociodigital de PNE. A partir de 2011, os professores-cursistas de língua espanhola terão acesso a essa publicação na versão em espanhol, **Tecnologías Digitales Accesibles** [5],beneficiando educadores de países ibero-americanos como Argentina, Uruguai, Chile, Colômbia, Panamá, Costa Rica, México, El Salvador e Espanha.

O governo brasileiro, por meio do Ministério de Educação (MEC), oferece gratuitamente a formação de docentes de países ibero-americanos que desejam fazer essa formação, recebendo certificado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A plataforma EAD - TELEDUC é trabalhada na versão em espanhol, e as agendas, as atividades e o material de apoio que orientam a realização do curso são traduzidos para o espanhol. As interações são mediadas por formadores e tutores que dominam a língua espanhola.

Figura 2. Tecnologias Digitais Acessíveis e Tecnologías Digitales Accesibles

3. Resultados: a concretização de Políticas Públicas para a Educação Inclusiva

O curso "Formação de Professores em Tecnologias de Informação e Comunicação Acessíveis"tem sua importância ratificada pela possibilidade de espraiar o saber e a materialidade da Informática na Educação Especial nos diferentes pontos de um país continental como o Brasil. Os dados quantitativos, com mais de três mil professores capacitados na perspectiva da Educação Inclusiva, já seriam suficientes para atestar a importância da formação continuada na modalidade a distância projetada pela SEESP/MEC, mas o que de forma significativa permite dar visibilidade à positividade dos cursos de formação são as palavras dos próprios professores que participaram do processo de formação continuada. A partir de instrumentos de avaliação do curso, professores afirmam e valorizam o potencial das tecnologias digitais acessíveis como pontes e rampas para a inclusão digital e social de PNE [7]: *na contribuição do curso no processo de inclusão e no avanço dos alunos no processo ensino e aprendizagem; na grande vantagem que o curso oferece para que os professores possam utilizar os recursos disponíveis com os seus alunos; no que um curso na modalidade a distância representa na possibilidade e no caminho para uma socialização sem fronteiras; na possibilidade de os professores terem condições de estar situados em seus locais de trabalho, aprendendo sobre as novidades do mundo tecnológico em uma sociedade tão excludente em que os alunos necessitam das tecnologias para estarem inseridos no contexto social.*

Ao analisar e avaliar os impactos e movimentos desencadeados a partir desse curso, é possível dar visibilidade ao jogo experienciado pela formação a distância, em seus limites e possibilidades de intervenção para a superação de práticas educativas que colocaram a diversidade humana na exterioridade

iberidiscap

r outra criança, ou até melhor. Como ainda não temos acessórios corretos, ela utilizou, para
is com uma borracha na ponta para não escorregar nas teclas, mas em breve vou providenciar
para que ela possa utilizar os dois braços. Fiquei admirada com o teclado de conceitos, o
abeça que pode ser afixado diversos tipos de acessórios, possibilitando teclar, pintar, pegar
sensível ao toque, o reconhecimento de voz. Foi fundamental para que eu tivesse uma visão
o funcionamento das tecnologias acessíveis e de suas possibilidades educativas. Eu não

das atividades socioculturais.. Entre tantas possibilidades que as interfaces de tecnologias digitais acessíveis podem disponibilizar para a construção da Escola Inclusiva, está a apropriação de tecnologias para edificar projetos de vida. Muitos são os exemplos que podem demonstrar a concretização dessa importante possibilidade de inclusão sociodigital. Escolhemos um deles, por refletir a ação de dois atores na apropriação dos saberes e da materialidade da Informática na Educação Especial: o educador e o aluno. O recorte que apresentamos a seguir ilustra os saberes problematizados ao longo de cada módulo do curso, cristalizados na conquista de uma menina que, por problemas físicos, ficou à margem de muitas experiências. educativas. Um novo olhar para a diversidade humana aconteceu em um município do interior brasileiro - uma ação ética e estética de respeito e valorização da diversidade humana, apontada nas palavras da professora:

4. Educação Inclusiva: vivenciando um inédito-viável

A partir dos resultados apresentados, percebe-se a importância e a eficácia da formação de professores para o uso das tecnologias digitais, permitindo que o aluno com necessidades educativas especiais conquiste o direito à comunicação, à pesquisa e à autoria, para, assim, modelar a interface de uma Escola Inclusiva. Nesse sentido, é essencial ao professor em formação que se efetive o entrelaçamento da teoria com a prática, para impulsionar a construção de um olhar mais positivo para a diferença epara experienciar os saberes e a materialidade dos recursos disponibilizados pelo curso em atividades *in-loco*, assumindo, então, o papel do educador-pesquisador. O jogo que se estabelece entre teoria e prática é de grande valia para o levantamento do potencial do aluno, para explorar, experienciar e problematizar práticas de respeito à diversidade humana por meio de recursos tecnológicos acessíveis.

Acreditamos que precisamos olhar para o futuro, pensar e repensar o tempo e o espaço de aprendizagem para a diversidade humana, superar o**todo normal e homogêneo**que persiste em muitas práticas escolares, para que se possa vivenciar o inédito-viável, sempre tão sonhado pelo educador Paulo Freire, ao compreender a história de vida de cada sujeito com deficiênciana visão utópica da possibilidade e na superação da visão fatalista do determinismo genético. A situação limite que se institui pelo isolamento e distanciamento do padrão estabelecido de normalidade tem, na mediação tecnológica, a possibilidade de *incluir a diferença* para instigar o fazer coletivo como forma de compartilhar e modelar projetos de vida.

A importância de propostas de formação como as vivenciadas nesses oito anos de sintonia e parceriaentre UFRGS e MEC/SEESP ilustra a positividade do estreitamento de laços entre a universidade pública e a escola de Educação Básica, numa parceria de via de mão-dupla, sem hierarquização de saberes, mas com transversalidade do trabalho colaborativo, que assumiu, como escopo, a configuração de uma educação

ibeardiscap

pública de qualidade para todos. Os espaços que se forjam para as trocas de experiências entre diferentes países ibero-americanos também representam a construção de interfaces acessíveis que, ultrapassando os limites geográficos de países, ampliando dimensões de territórios culturais locais, os quais,embora com idiomas diferenciados, possuem contextos e histórias similares, passam a traçar novos rumos em direção à construção conjunta de uma sociedade global mais igualitária.

Vivenciando um exercício de autonomia e de concretização de políticas públicas para a inclusão escolar, a rede de formação continuada projetada pelo MEC vem possibilitando que professores conquistem o poder da palavra, tornando visível a riqueza de atuações de educadores. Professores, em sua maioria isolados no cenário multicultural, vivendo a carência de recursos materiais e humanos, são estimulados e desafiados pelos saberes técnicos e metodológicos de tecnologias digitais acessíveis para a construção e vivência de um espaço digital educativo, para o convite a um fazer pedagógico alicerçado no real exercício da lógica da inclusão.

Referências

[1] CONFORTO, D. ; SANTAROSA, L. M. C. . ACCESSIBILITY: Discussing Human-Computer Interaction on the Web . In: Martin Llamas Nistal; Manuel Fernadez Iglesias; LuisAnido Rifon. (Org.). Computers and Education: Towards a Lifelong Learning Society. Espanha: Kluwer Academic Publischer, 2003, v. 1, p. 127-137.

[2] DIAS, C. Usabilidade na WEB. Criando portais mais acessíveis. Rio de Janeiro, Alta Books, 2003

[3] HOGETOP, L.; SANTAROSA, L. M. C. . Tecnologias Adaptiva/Assistiva Informáticas na Educação Especial: viabilizando a acessibilidade ao potencial individual.. Informática na Educação, v. v.5, p. 103-118, 2002.

[4[SANTAROSA, L. M. C. (Org.) Tecnologias digitais acessíveis. Porto Alegre: JSM Comunicações Ltda. 2010.

[5] SANTAROSA, L. M. C. (Org.) Tecnologías digitales accesibles. Porto Alegre: JSM Comunicações Ltda. 2011.

[6] SANTAROSA, L. M. C. Paradigmas Educacionais para a construção de Ambientes Digitais/Virtuais, visando pessoas com necessidades especiais - PNEEs. In: Congreso Tecnoneet - CIIEE 2006, 2006, MURCIA. As Tecnologias na Escola Inclusiva - novos cenários, novas oportunidades. MURCIA - FG Graf, 2006b. v. 1. p. 35-42- Palestra da sessão de Encerramento do evento.

[7] SANTAROSA, L. M. C. ; CARNEIRO, M.L. ; PASSERINO, L. ; GELLER, Marlise ; CONFORTO, D. . Formacão de Professores: referências na construção da acessibilidade para ambientes virtuais de educação a distância. Educação (Porto Alegre), v. 3, p. 531-545, 2007.

[8] SANTAROSA, L. M. C e CONFORTO, D. Rampas Tecnológicas: arquitetura de espaços virtuais inclusivos. IN:LICHT, Flavia Boni e SILVEIRA, Nubia. DIVERSIDADE E DIREITO À INCLUSÃO, 2011 (no prelo).

Iberdiscap

Sistema de Informação para a Gestão de Avaliações em Tecnologias de Apoio

Maria José Guerreiro[1], Mário José Candeias[2], Isabel Sofia Brito[3], Luís Garcia[4]

Escola Superior de Tecnologia e Gestão/Instituo Politécnico de Beja. R. Pedro Soares, Campus do Instituto Politécnico de Beja 7800-295 Beja, Portugal, Tel. +351 284311540, Fax 284361326

[1]mariajoseguerreiro@hotmail.com

[2]mjcgcandeias@gmail.com

[3]isabel.sofia@ipbeja.pt

[4]luisbgarcia@ipbeja.pt

Resumo.

Neste artigo apresentamos uma aplicação informática para o Centro de Paralisia Cerebral de Beja que possa responder às necessidades identificadas pelos seus técnicos na realização de avaliações com vista ao aconselhamento de tecnologias de apoio aos seus clientes. Por tal, a aplicação tem como objectivo diminuir o tempo de apreciação dos processos de pedido de avaliação, consolidar toda a informação do cliente num único repositório, fomentar a redução da circulação de papel e facilitar o registo de conclusões das avaliações, assim como, a elaboração de relatórios.

Palavras-chave: Avaliação em Tecnologias de Apoio, Acesso ao Computador, Sistemas de Informação, Geração Automática de Relatórios Clínicos.

1. Introdução

O Centro de Paralisia Cerebral de Beja (CPCB) é uma instituição sem fins lucrativos, que exerce a sua actividade junto de pessoas com dificuldades neuromotoras, na área da saúde, educação, acção social, família, formação e do trabalho, no âmbito da acção preventiva, intervenção terapêutica, integração educativa e sócio-profissional. Entre outros espaços, o CPCB possui uma Sala de Avaliação em Tecnologias de Apoio (SATA) onde semanalmente se realizam avaliações com vista ao aconselhamento de tecnologias de apoio.

Nestas avaliações, técnicos de várias áreas (professores do ensino especial, fisioterapeutas, terapeutas da fala, terapeutas ocupacionais e engenheiros) analisam as capacidades e necessidades dos clientes para propor uma solução adequada a cada caso [1]. A Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Beja (ESTIG) participa nestas avaliações com técnicos da área da engenharia que colaboram na selecção, configuração e experimentação das diferentes tecnologias de apoio.

O processo de aconselhamento de uma tecnologia de apoio na SATA inicia-se com a entrada de um pedido de avaliação por parte do requerente que pode ser um familiar, professor, técnico ou outro. A Coordenadora da SATA analisa o pedido, verifica se toda a informação essencial está disponível e é válida,

Iberdiscap

e se necessário, entra em contacto com o requerente para solicitar informação adicional. Uma vez terminada esta fase, é agendada a avaliação. Nesse momento a Coordenadora da SATA contacta todos os intervenientes (técnicos, requerente, cliente e outros) a fim de consultar a sua disponibilidade e identificar uma data válida para a sua realização.

Antes de se realizar a avaliação a equipa da SATA (coordenadora, professores do ensino especial, fisioterapeutas, terapeutas da fala e terapeutas ocupacionais) identifica um conjunto de soluções alternativas que poderão satisfazer as capacidades e necessidades do cliente e prepara estes sistemas para experimentação. Para a avaliação da interacção dos clientes com os vários sistemas é importante o recurso a métodos de registo [2]. A SATA regista o desempenho dos seus clientes com as várias soluções alternativas através de diversos processos: (1) gravação de vídeo; (2) preenchimento de formulários baseados em opções de escolha múltipla e (3) notas livres.

Uma vez realizada a avaliação, a equipa da SATA reúne-se para debater o resultado das suas observações e daí retirar uma conclusão para a elaboração de um relatório. Nesse relatório são descritas as principais observações dos técnicos e identificados os equipamentos e/ou aplicações que a equipa decidiu aconselhar ao cliente.

Todo o tratamento da informação respeitante ao agendamento de avaliações é realizado de forma manual o que naturalmente torna o processo moroso e propício a erros. A própria observação da avaliação também é registada de forma manual, através do preenchimento de formulários ou notas livres, o que posteriormente coloca dificuldades na análise dessa informação e consequentemente na decisão sobre qual a melhor tecnologia de apoio para o cliente.

Considerou-se por isso importante o desenvolvimento de um sistema de informação que possa acompanhar todo este processo, desde o pedido de avaliação até à chegada da tecnologia de apoio e sua entrega/instalação ao cliente. Denominámos esta ferramenta informática de Sistema de Informação para a Gestão de Avaliações em Tecnologias de Apoio (SIGATA). Com a introdução deste sistema nas actividades diárias da SATA pretende-se diminuir o tempo de apreciação dos pedidos de avaliação, consolidar toda a informação do cliente num único repositório, fomentar a redução da circulação de papel, facilitar o registo de conclusões das avaliações, assim como, a elaboração de relatórios.

2. A Arquitectura do Sistema

O sistema desenvolvido contém dois componentes fundamentais (Figura 1): (1) uma aplicação Web para o registo dos pedidos de avaliação, que denominaremos Aplicação para Pedidos de Avaliação (APA) e (2) uma outra aplicação para a gestão de toda a informação do cliente, nomeadamente, pedidos de avaliação recepcionados, avaliações, elaboração de relatórios, pedidos de ajudas técnicas, entre outros, que denominaremos Aplicação para Gestão de Avaliações (AGA). Atravésda divisão do sistema nestes dois componentes conseguimos garantir um maior nível de segurança dos dados [3].

A APA encontra-se acessível a partir da Internet para permitir aos requerentesrealizar os seus pedidos. Para que tal aconteça é necessário que esta aplicação se encontre numa zona da rede informática do CPCB com menos restrições de acesso e por isso mais vulnerável a intrusões. Para minimizar o risco de intrusões os pedidos registados nesta aplicação são descarregados periodicamente para a segunda aplicação do sistema, a AGA, que se encontra numa zona da rede do CPCB com um elevado nível de segurança informática. Esta segunda aplicação contém toda a informação sobre as avaliações anterioresassim como as que se encontram em curso e apenas pode ser acedida a partir do interior da rede do CPCBmediante a introdução de um nome de utilizador e respectiva senha. Os utilizadores do sistema também só possuem acesso aos processos de avaliação onde se encontram integrados como membros da equipa.

Iberdiscap

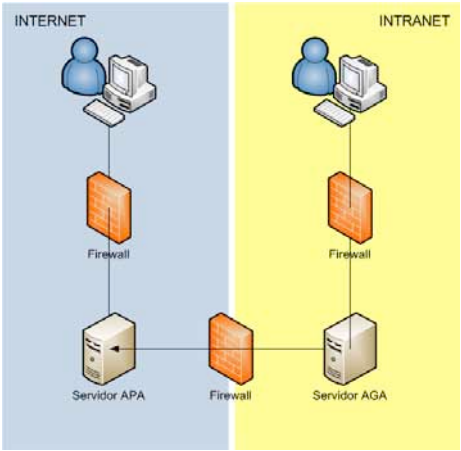


Figura 1 – Arquitectura do Sistema.

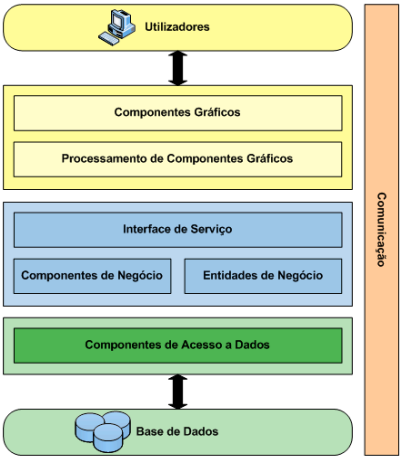


Figura 2 – Organização do Sistema por Camadas

Ambas aplicações foram implementadas utilizando uma arquitectura em três camadas [4] (Figura 2). A camada de topo é responsável pelo interface com o utilizador, seguida da camada de modelo de negócio, onde são definidas todas as regras, e finalmente a camada base que consiste no acesso aos dados. Com esta separação por camadas, torna-se possível isolar qualquer uma delas e alterá-la, sem que as restantes camadas sejam afectadas.

2.1. A Aplicação para Pedidos de Avaliação

Durante o desenvolvimento desta aplicação foram realizadas diversas reuniões com a equipa SATA, assim como a análise da documentação disponibilizada, com o intuito de recolher toda a informação essencial a constar num pedido de avaliação. Com base nesse levantamento foram elaboradas duas páginas de Internet a apresentar ao utilizador que pretende realizar um pedido de avaliação: (1) Página inicial de boas vindas e (2) Página com formulário para introdução da informação sobre o cliente. Este formulário encontra-se disponível em http://cpcbeja.org/registo/.

Na página inicial de boas vindas é descrito o objectivo do formulário de pedido de avaliação, identificados requisitos de preenchimento e disponibilizadas as ligações para osformulários. Ainda nesta página constam os contactos do CPCB, novidades, e outros sítios de interesse.

Na página com o formulário a informação está estruturada por grupos e cada um destes devidamente identificados (identificação, contactos, morada, escolaridade, apoios especializados e capacidades funcionais do cliente, origem do pedido e contactos do requerente). Em qualquer altura o cliente poderá requerer a validação do preenchimento do formulário, sem ter que submetê-lo, utilizando para o efeito um botão denominado “validar informação”. Caso seja identificada alguma falha no seu preenchimento o cliente será alertado e os campos ficarão assinalados até sua correcção.Uma vez terminado o preenchimento do formulário o cliente deverá submeter a sua informação e caso não sejam detectados problemas surgirá uma mensagem de sucesso.

Inedisc

2.2. A Aplicação para Gestão das Avaliações

A Aplicação para Gestão de Avaliações permite recolher periodicamente os pedidos para se proceder à criação de novos processos de avaliação. Para o acesso ao sistema o técnico tem de se encontrar dentro da rede informática do CPCB e possuir uma conta de utilizador no sistema. Esta conta deverá estar associada a um de quatro perfis distintos de utilizadores: (1) Administrador, (2) Coordenador, (3) Técnico e (4) Colaborador Externo.

O perfil de Administrador tem acesso irrestrito a todas as funcionalidades da aplicação, algumas das quais exclusivas, tais como a gestãodos utilizadores e o acesso à ferramenta de formulários. O perfil de Coordenador, tal como o Administrador, é único no sistema e deve ser atribuído ao membro da equipa SATA com estas funções. Com este perfil o Coordenador da SATA poderá analisar os pedidos de avaliação provenientes da Aplicação de Pedidos de Avaliação. Uma vez validados, poderá agendar avaliações, identificando todos os técnicos que lhe ficarão associados. A partir desse momento os técnicos SATA envolvidos na avaliação terão acesso ao agendamento assim que se autenticarem na aplicação SIGATA. Um utilizador com o perfil de Técnico poderá introduzir em qualquer altura informação de um novo cliente e agendar internamente um pedido de Avaliação. Este só ficará disponível após validação pelo Coordenador.Qualquer dos técnicos da equipa poderá introduzir anotações avulsas sobre o processo (por exemplo informação complementar recolhida numa conversa telefónica com o requerente da avaliação). Finalmente, o perfil de Colaborador Externo foi criado apenas para permitir ao Coordenador o registo de elementos não pertencentes à SATA, que poderão fazer parte integrante de equipas de avaliação. Este perfil não tem permissões de acesso à aplicação.

Durante o período anterior à avaliação os técnicos terão possibilidade de agregar de forma fácil para cada cliente um conjunto de informação que será fundamental para a preparação e selecção das tecnologias a testar. Para o momento da avaliação do cliente, o sistema SIGATA oferece um módulo inovador que permite o registo em tempo real da observação do desempenho dos clientes com as diferentes soluções em confronto.Posteriormente, e tal como sucede já com algumas aplicações na área da medicina [5][6][7], os registos efectuados permitirão criar de forma automática uma primeira versão do relatório de avaliação. Na próxima secção iremos descrever os vários conceitos subjacentes a esta abordagem e a forma como foram implementados nesta ferramenta.

2.3. Módulo de Observação e Registo da Avaliação e Automatização de Relatórios

Durante uma avaliação em tecnologias de apoio os técnicos realizam diversas experiências onde verificam o desempenho do cliente com as várias soluções em análise. Para o apoio ao registo desta informação introduziu-se na aplicação SIGATA a possibilidade de associação de um conjunto de experiências a uma avaliação. Em cada experiência os técnicos devem seleccionar um dos formulários de escolha múltipla disponíveis na aplicação e através deste registar as suas observações. Por exemplo, pode ser registado se o cliente utilizou a mão esquerda ou a mão direita para movimentar o rato, o tipo de rato utilizado e uma classificação do desempenho dos movimentos com aquele dispositivo (Figura 3).

As experiências que se prevejam realizar de forma antecipada podem ser logo introduzidas no sistema SIGATA e seleccionados os formulários mais adequados para o registo das suas observações. Mas também é possível introduzir rapidamente novas experiências no decorrer de uma avaliação se surgir uma nova solução que interesse experimentar, ou seja necessário realizar uma das experiências previstas mas de forma mais específica.

Os formulários são constituídos por questões encadeadas, cada qual com um conjunto de respostas possíveis. Por exemplo a questão *"Qual o dispositivo de ponteiro?"* poderá ter como respostas *"Rato Standard", "Track-Ball", "Touch-Pad",* etc. As questões de um formulário também poderão ter dependências

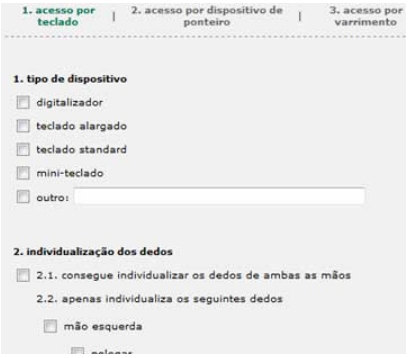


Figura 3 – Registo das observações.

Figura 4 – Relatório de uma avaliação.

entre si de forma a eliminar questões desnecessárias após uma determinada escolha. As respostas poderão ser do tipo abertas ou fechadas. Como é extremamente difícil a criação de um formulário genérico que pudesse responder adequadamente a todas as situações de avaliação decidiu-se possibilitar aos utilizadores da aplicação a criação de novos formulários. Desta forma, os técnicos poderão desenvolver formulários para os diferentes tipos de avaliação e experiências que vão realizando na SATA. Com esta abordagem também será possível acompanhar a evolução do software, hardware e das técnicas disponíveis em cada momento. As características dos diferentes formulários a desenvolver pelos técnicos do CPCB no apoio às avaliações serão um aspecto interessante a analisar no futuro.

Uma outra funcionalidade que se pretendeu desenvolver neste sistema foi a possibilidade de geração automática de uma primeira versão do relatório de avaliação com base nas observações registadas. A ideia base consiste em associar a cada questão do formulário um conjunto de frases inacabadas (Figura 4). O sistema irá depois seleccionar aleatoriamente uma destas frases, completá-la com a resposta dada pelo técnico e adicioná-la ao relatório de modo a apresentar o resultado desta experiência. Por exemplo, para a questão *"Qual o dispositivo de ponteiro?"* poderiam ser associadas as frases: *"O cliente experimentou o dispositivo de ponteiro…", "Foi experimentado o dispositivo de ponteiro…",* etc. Se a resposta a esta questão fosse *"Track-Ball"* então no relatório poderia ser introduzida a frase *"Foi experimentado o dispositivo de ponteiro Track-Ball"*.

Após a geração do relatório o sistema permite o registo dos equipamentos aconselhados e possível pedido de financiamento. Esta outra componente do sistema será importante para monitorizar o estado do pedido de ajuda técnica desde que este é iniciado até à chegada do equipamento e à sua instalação ao cliente.

2.4. Testes com Utilizadores

A fase de testes de fiabilidade consistiu em assegurar que a aplicação SIGATA é eficiente e eficaz. Para tal foi analisado todo o processo, de forma a garantir o cumprimento dos requisitos funcionais e não funcionais, confirmar a inexistência de inconsistências, detectar eventuais falhas e corrigi-las. Finda a fase de testes de fiabilidade a aplicação SIGATA e respectivos acessos foram disponibilizados aos utilizadores da SATA para uma primeira familiarização das funcionalidades. Foi também disponibilizado um manual de procedimentos e ministrada uma formação de seis horas aos elementos da equipa da SATA, distribuída pelo seguinte plano: (1) Distribuição de manuais; (2) Conceitos e funcionalidades da aplicação; (3) Prática das funcionalidades da aplicação. No geral o balanço da acção de formação foi positivo. Os conceitos e conhecimentos foram transmitidos e assimilados sem dificuldades.

Ibertisap

Para pôr em prática as funcionalidades da aplicação foi simulado, com dados reais (fichas de clientes), o processo de avaliação do início ao fim, isto é, desde o registo da informação da ficha de inscrição através do formulário na Internet até à criação do relatório final na aplicação SIGATA. O registo de informação no formulário *online* permitiu testar os mecanismos de controlo de erros e validação da informação introduzida. Findo este foi submetida a informação.

Já na aplicação SIGATA e, após autenticação dos utilizadores,foram testadas as seguintes funcionalidades: (1) Criar Cliente; (2) Marcação de Avaliação; (3) Pesquisar Cliente; (4) Alterar informação de Cliente; (5) Elaborar Avaliação/Experiência; (6) Construção de Relatório; (7) Pedido de Ajuda Técnica; (8) Registo de Interacção; (9) Alterar informação do Utilizador; (10) Gestão de Utilizadores; (11) Criação de Formulário de Experiência. Com o intuito de medir o nível de satisfação da equipa SATA no desempenho da aplicação SIGATA foram ainda disponibilizados questionários de qualidade que permitiram recolher opiniões em relação aos temas abordados no decorrer da formação. Na generalidade a opinião foi favorável à utilização do sistema, com algumas propostas de novas funcionalidades a implementar no futuro.

3. Conclusões e trabalhos futuros

Foi desenvolvida uma aplicação que permite gerir as avaliações realizadas, registar os resultados de cada avaliação e no final gerar automaticamente uma primeira versão do relatório de avaliação em tecnologias de apoio. O sistema já sofreu alguns testes iniciais mas ainda não se encontra a ser utilizado na SATA devido a uma falha que ocorreu no hardware do servidor que irá suportar a aplicação SIGATA. Neste momento e, enquanto este problema de *hardware* não é ultrapassado, encontrámos uma solução provisória de alojamento da aplicação para que esta possa começar a ser utilizada pela SATA. Uma funcionalidade acrescentada recentemente ao sistema SIGATA é a possibilidade de sugestão de alteração e classificação de cada ecrã da aplicação. Através deste processo pretendemos realizar uma avaliação da aplicação já em contexto real. Também iremos continuar a apoiar a equipa da SATA na utilização do sistema, em especial na construção dos formulários que permitam o registo das experiências no decorrer das avaliações por sabermos que este é um processo revestido de alguma complexidade. A longo prazo pretendemos também possibilitar a incorporação de registos fotográficos e de vídeoem cada avaliação.

Agradecimentos

A equipa de desenvolvimento do sistema SIGATA agradece a colaboração dos vários profissionais do Centro de Paralisia Cerebral de Beja, nomeadamente aos técnicos Ana Fachadas (terapeuta da fala), AntónioMendes (técnico de informática), Elsa Silvestre (psicóloga), Graça Gomes (terapeuta ocupacional), Graça Guerreiro (assistente social) e Vera Baião (terapeuta da fala).

Referências

[1] Albert Cook, Susan Hussey. Assistive Technologies: Principles and Practice. Mosby. 1995.

[2] Alan Dix, Janet Finlay, Gregory Abowd, Russel Beale. Human-Computer Interaction, 3ed. Prentice-Hall. 2004.

[3] Luís Borges Gouveia, João Ranito. Sistemas de Informação de Apoio à Gestão. São João do Estoril, Sociedade Portuguesa de Inovação. 2004. (http://www2.spi.pt/inovaut/docs/Manual_VII.pdf)

[4] Tony Marston. The 3 Tier Architecture. 2005. (http://www.tonymarston.net/php-mysql/infrastructure.html#3tier)

Iberdisap

[5] Manjula Murari and Rakesh Pandey. A Synoptic Reporting System for Bone Marrow Aspiration and Core Biopsy Specimens. Archives of Pathology & Laboratory Medicine. Vol. 130, No. 12, pp. 1825-1829. 2006.

[6] Kenneth C. Wang, Anthony Jeanmenne, Griffin M. Weber, Shrey Thawait and John A. Carrino. An Online Evidence-Based Decision Support System for Distinguishing Benign from Malignant Vertebral Compression Fractures by Magnetic Resonance Imaging Feature Analysis. Journal of Digital Imaging , pp. 1-9. Springer New York. 2010.

[7] Daniel M. Stein, David K. Vawdrey, Peter D. Stetson, Suzanne Bakken. An Analysis of Team Checklists in Physician Signout Notes.AMIA Annu Symp Proc. 2010.

lberdiscap

Iberdiscap

Propuesta de un Modelo de Interacción Convergente en Tecnologías de Apoyo

R. Ceres[1], R. Raya[1], E. Rocon[1], L. Azevedo[2]

[1]Grupo de Bioingeniería/Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Madrid, España, Tlfn:+34918711900, e-mail (ceres@iai.csic.es)

[2]Instituto Superior Técnico/Universidade Técnica de Lisboa

Resumen.

En este trabajo se presenta inicialmente una serie de modelos existentes en la bibliografía para el diseño y la utilización de las Tecnologías de Apoyo (Assistive Technologies) tales como el HEART, SETT, Círculos Dinámicos y otros. En este caso se plantea un modelo que distingue tres tipos de Productos de Apoyo, el personal PAP, el general PAG y el de entorno PAE. Ante las dificultades de resolución de numerosas tareas y actividades por parte de personas con déficit severos, se propone una estrategia de interacción convergente en el sentido de conectar los agentes principales del escenario como son el usuario y el entorno en el contexto de una actividad determinada. Esta convergencia consiste en la aproximación por una parte del usuario al entorno, con el uso de interfaces avanzados y viceversa, del entorno al usuario, mediante conceptos de AAL, todo ello ampliando al mismo tiempo en un sentido y otro la funcionalidad del dispositivo de apoyo general PAG. Se defiende la propuesta desde el punto de vista de la posibilidad de uso de productos del mercado, o al menos ya desarrollados y la no exigencia de desarrollos de productos excesivamente personalizados lo que conlleva siempre problemas de coste y de excesiva especificidad.

Palabras clave: Modelo, Tecnologías de Apoyo, interacción, discapacidad.

1. Introducción

Las Tecnologías de Apoyo (TA) son objeto de un interés creciente como consecuencia de la toma de conciencia por parte de la sociedad en general de las necesidades especiales de los colectivos que presentan cierta diversidad funcional. Por otra parte, la inversión de la pirámide de población por una mayor esperanza de vida amplía el porcentaje de personas mayores con el consecuente incremento de individuos con algún tipo de deficiencia.

La relación persona-tecnología es compleja y variada como corresponde a la multiplicidad de casos, de necesidades personales y de facetas de las fases de generación y uso de los llamados productos de apoyo, a saber: diseño, desarrollo, prescripción, adquisición, adaptación, uso, entrenamiento y aprendizaje, mantenimiento y evaluación.

Pese a los esfuerzos que se realizan actualmente para sistematizar el desarrollo y el empleo de los productos de apoyo, elaborando y difundiendo catálogos informativos, normas de seguridad y fiabilidad, es muy frecuente sin embargo la falta de información no solo de los usuarios sino también de los diferentes tipos de profesionales del sector.

iberdiscap

2. Modelos de Tecnologías de Apoyo

En las últimas décadas numerosos investigadores han trabajado para crear dispositivos de apoyo que tengan en cuenta, no sólo la tecnologíaen sí, sino también las complejas y dinámicas relaciones de las personas condiscapacidad y su entorno físico y social. Sólo los dispositivos que respondana un modelo donde la tecnología esté armonizada con el usuario final, serácapaz de satisfacer sus verdaderas necesidades.

La mayoría de los autores del campo de la TA coinciden en que es necesarioconstruir un modelo conceptual que contenga funciones descriptivas ypredictivas que orienten la aplicación de la TA de un modo global. Según [1], un modelo descriptivo proporcionaría un conjunto denormas para la caracterización del usuario final, para la definición de lastareas durante las cuales la TA es empleada y el entorno físico y social que larodea; además, un modelo predictivo proporcionaría la base para determinary recomendar el uso de los dispositivos más efectivos según la discapacidad.

A continuación comentamos los siguientes modelos considerados de especialrelevancia:

- Modelo HEART
- Modelo EUSTAT
- Modelo TELEMATE
- Modelo HAAT
- Modelo MPT
- Modelo LAP
- Modelo SETT

Uno de los más destacados a nivel europeo es el modelo HEART (HorizontalEuropean Activities in Rehabilitation Technology), que tiene su origenen un estudio desarrollado por la Unión Europea, y tiene el objetivo de formara profesionales en TA. Tal y como establece esteestudio, un modelo para la educación en TA, debe estar basado en un modelo del desarrollo humano que tenga en cuenta los problemas de las personascon discapacidad en su interacción con el entorno y las dificultades que éstele presenta [2].Según el modelo HEART, la discapacidad se presenta cuando la personatiene ciertas limitaciones para responder a la demanda del entorno físico ysocial. Según esto, la TA puede ayudar, bien mejorando la habilidad de lapersona, o bien, reduciendo la demanda del entorno. Por tanto, en este modelo,y en realidad en todos, intervienen tres factores, el humano, el técnicoy el entorno social y económico. El modeloHEART propone, dentro del aspecto técnico, cuatro áreas: la comunicación,la movilidad, la manipulación y la orientación. Una quinta área se refiere ala cognición, pero según los autores del modelo, cualquier actividad requierecognición, por lo que esta área forma parte de cada una de las anteriores.También se considera que cualquier dispositivo de asistencia pertenece a algunade estas áreas. Finalmente, los factores humanos (ligados a la persona)y socio-económicos (ligados al entorno) son considerados como aspectos horizontalespara el modelo HEART, ya que son los comunes para cualquier dispositivo de apoyo.

El modelo EUSTAT (Empowering Users Through Assistive Technology) tiene como objetivo educar a usuarios finales en TA. Tiene origen en un estudiorealizado durante el período de 1997 a 1999 por la Unión Europea (TelematicsApplication Programme, 4th Framework Programme). Según EUSTAT,el conocimiento acerca de la TA puede ser transferido a través de cinco procesosdiferentes [3]: consejo, educación, entrenamiento,información y campañas de concienciación. Uno de los mejores resultados deeste estudio fue el titulado "GO FOR IT: A Manual of Assistive Technologyfor End Users"que tuvo como objetivo proporcionar a los usuarios una guíapara poder seleccionar la TA más adecuada a sus necesidades. El modeloTELEMATE (Telematic Multidisciplinary Asssitive Technology Education,1998-2001) surge de un

Interdiscap

estudio europeo para proporcionar una referenciapara profesionales de diversos campos y unir sus experiencias [4]. El modelo HAAT (Human Activity Assistive Technology Model, [5]), se centra en estudiar la actuación delser humano en presencia de la TA en una tarea dada (actividad) ante unasituación dada (contexto). En este modelo existen tres componentes claves,el ser humano (con discapacidad), la actividad que la persona realiza en undeterminado contexto, y la tecnología de apoyo que podría ser requerida pararealizar la actividad. El ser humano se desenvuelve en el entorno empleandosus aptitudes. Cuando existe una pérdida o limitación en dichas aptitudes,es cuando debe aparecer la TA.

El modelo MPT (Matching Person and Technology model, [6]) defiende que aunque la tecnología aparece en respuesta a una necesidad dada,finalmente puede ser usada de forma inapropiada e incluso inutilizada.Por ello, defiende la necesidad de estudiar al usuario, sus preferencias, suscaracterísticas psicológicas y sociológicas. Según [1] estemodelo resulta útil para predecir el uso e impacto de la TA. Emplear estemodelo durante el proceso de selección del dispositivo es útil para reducir elporcentaje de personas que abandonan la TA al poco tiempo de comenzar ausarla.

El modelo LAP (Lifespace Access profile for individuals with severe or multiple disabilities, [7]) consiste en un protocolo que evalúa las habilidades del individuo a través de cinco dominios ([8]). El dominio de los recursos físicos, que recoge la informacióndel individuo (salud, movilidad, etc.). El dominio de los recursos cognitivosque incluyen la habilidad para comprender los procesos tipo causa-efecto yaptitudes comunicativas. Los recursos emocionales que introducen conceptosacerca de distracción o tolerancia al cambio por ejemplo. Los recursos deapoyo que identifican el grado de entrenamiento y tiempo que tienen losprofesionales y familiares para atender a la persona con discapacidad. Y,finalmente, el análisis del entorno que explora el nivel de participación delindividuo en él y el uso de la TA dentro de dicho entorno.El modelo SETT (Students, Environment, Tasks and Tools) es una guíapara recoger datos para hacer efectiva la tecnología de asistencia [9]. Se identifican tres áreas en las cuales los datos son recogidos: la persona(el estudiante con discapacidad), el entorno y la tarea. Se emplean unaserie de cuestiones para recoger la información relacionada con cuatro áreas:identificación de las habilidades y necesidades del estudiante, informaciónacerca de los entornos físicos y de enseñanza y las herramientas de apoyo.

Finalmente el modelo de *Círculos Dinámicos de Actividades Humanas* (Azevedo et al. [10-11]) pone de manifiesto (figura 1) no solamente la interdependencia de las diferentes áreas de actividad de la persona (manipulación, orientación, movilidad y comunicación), todas ellas con el componente inseparable de la función cognitiva, sino que también se integra el contexto como factor fundamental de la imbricación persona-tecnología. Este contexto debe ser considerado en sus diversas vertientes físicas y sociales pero como un factor dinámico incluso para un individuo, dado que sus circunstancias cambiarán a lo largo de su vida.

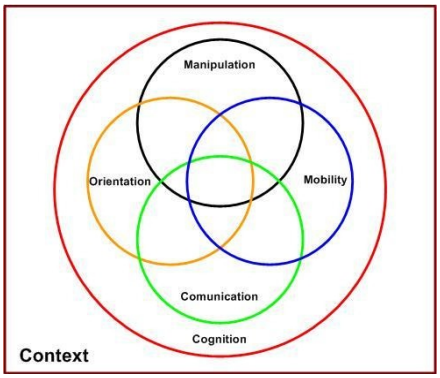


Figura 1: Modelo de *Círculos Dinámicos de Actividades Humanas* (Azevedo et al. [10-11])

Iberdisca

En definitiva todos estos modelos tienen en común la necesidad de estudiarde forma precisa la interacción entre tres elementos, el usuario, latecnología y el entorno (físico y social). La creación de un nuevo dispositivode apoyo debe tratar de eliminar o reducir la limitación que el usuariopresenta para responder a las demandas del entorno. Pero su actuación deberealizarse de forma eficiente y eficaz, es decir, el uso de la tecnología debeestar justificado y debe responder a las necesidades del usuario final. Unatecnología que no responda a las necesidades reales se usará de forma inapropiaday finalmente caerá en desuso. Al mismo tiempo, los profesionalesque trabajan junto a las personas con discapacidad deben formar parte delproceso de creación y más tarde de formación, ya que serán ellos los queenseñarán a utilizar el dispositivo de apoyo a los usuarios. De la misma forma,los profesionales científico-técnicos deben ser formados por profesionalesclínicos, para ilustrar las necesidades reales.

3. Modelo de interacción convergente MIC

3.1. Relación persona-actividad

La base conceptual de la diversidad funcional radica en la consideración de la no existencia de términos absolutos en cuanto a la capacidad o incapacidad para realizar una tarea determinada. Al considerar actividades físicas o intelectuales propias de la persona será preciso tener en cuenta las características de la tarea y las prestaciones de la misma. Conviene por tanto valorar la potencialidad personal y matizar las aptitudes en todos los órdenes y más aún cuando se presentan déficit ligados a un órgano o estructura corporal determinada. Así, una persona afectada de poliomelitis no podrá competir en una carrera de velocidad pero sí podrá ser un literato o un científico de primera línea; del mismo modo, un ciego podrá ser un excelente compositor musical.

El problema que nos planteamos en este contexto no es el de alcanzar las máximas prestaciones en todas las actividades, ni siquiera en algunas, esto último consistiría en la formación de deportistas o intelectuales de élite. Nuestro reto es conseguir, con ayuda de la tecnología y obviamente con otros medios y otras ramas del conocimiento la mayor autonomía para el máximo número de personas.

El déficit funcional se evalúa de acuerdo a ciertas métricas existentes que toman como referencia las prestaciones consideradas como normales en el conjunto de las personas. Así se distinguirá la naturaleza de la deficiencia en cuanto al tipo de disfunción afectada y al grado de la misma. Estos serán los factores esenciales, además de otros, a la hora de prescribir un determinado producto de apoyo o ayuda técnica, tal como se venía llamando tradicionalmente estos sistemas. Estos grados de deficiencia, determinarán por ejemplo en una afección visual el empleo de gafas, de dispositivos magnificadores de imagen o de medios alternativos de comunicación-representación (dispositivos braille o de tipo háptico, sustitutivos de la visión).

El producto de apoyo adecuado deberá en todo lo posible reducir la brecha existente entre actividad y usuario como consecuencia del déficit específico que este presenta.

3.2. Topología del apoyo personal

La ayuda a la persona para realización de una tarea puede llevarse a cabo por medios diversos, incluso complementarios y coordinados. Considerando la distribución topológica de los mismos en los distintos ámbitos de actuación podemos distinguir los siguientes:

- Productos de Apoyo Personal PAP,
- Productos de Apoyo General PAG,
- Productos de Apoyo de Entorno PAE

Iberdisap

Llamamos Productos de Apoyo Personal, PAP, a aquellos ligados físicamente a la persona, con alto grado de integración con la misma que los lleva normalmente de modo permanente y suelen ser personalizados funcionalmente y desde el punto de vista ergonómico. A este grupo pertenecería una prótesis de miembro inferior o superior o un dispositivo electromiográfico de comunicación o control alternativo. Un simple bastón de ciego, con altura ajustada, podría considerarse igualmente una sencilla ayuda pasiva de este tipo. Todos estos dispositivos, incluidos las redes de área personal, forman parte del área cada vez más rica de los interfaces persona-máquina o persona-computador, abriendo grandes posibilidades de acceso al mundo físico y del conocimiento a través de expresiones humanas naturales como movimientos, posturas, gestos e incluso intenciones [12-13].

Producto de Apoyo General, PAG, puede considerarse a cualquier sistema de ayuda de uso pluripersonal que es utilizado por la persona temporalmente para llevar a cabo una actividad determinada. Un ejemplo sería la silla de ruedas como elemento tipo de desplazamiento. Un sistema GPS como ayuda a la orientación espacial o el computador como medio versátil de comunicación alternativa con generación de pictogramas o de síntesis de voz, igualmente podrían encuadrarse en este apartado.

Finalmente, Productos de Apoyo de Entorno, PAG son los que forman parte de la infraestructura del medio haciéndolo más accesible bien con elementos pasivos (rampas, indicadores táctiles o impresos…) o activos tales como balizas sonoras o "transpondedores" electromagnéticos. Tanto unos como otros pueden facilitar las actividades a personas de muy amplio espectro funcional. A diferencia de los tipos anteriores, son medios susceptibles de ser compartidos y utilizables simultáneamente por múltiples usuarios. Estos conceptos de adaptación del medio con recursos tecnológicos cooperantes constituyen de hecho en la actualidad un cuerpo temático que se ha venido a llamar AAL (Ambient Assisiting Living) o entornos inteligentes de apoyo o de asistencia. Se engloban en este campo toda una serie de dispositivos y redes institucionales, urbanas y domésticas de captación y tratamiento de datos, todo ello para el apoyo activo a personas solas o aisladas como complemento eficaz a la asistencia domiciliaria.

3.3. La interacción convergente

El déficit funcional, tal como se ha apuntado anteriormente, podemos concebirlo como el grado de carencia o de lejanía de la persona en la realización de cierta actividad considerada normal, en un entorno y para unas condiciones dadas. Así, se puede hablar de una distancia D (figura 2a) existente entre la persona y el entorno para realizar esta actividad. El tipo de actividad (manipulación, desplazamiento…) y el valor relativo o la magnitud de esta distancia determinarán la naturaleza y el tipo de producto de apoyo a utilizar. El tratamiento de un parapléjico por lesión medular será diferente de una persona con cierta debilidad muscular o con problemas oseoarticulares en miembro inferior, prescribiendo en un caso la silla de ruedas y en otro posiblemente un andador o unas muletas, según las características personales.

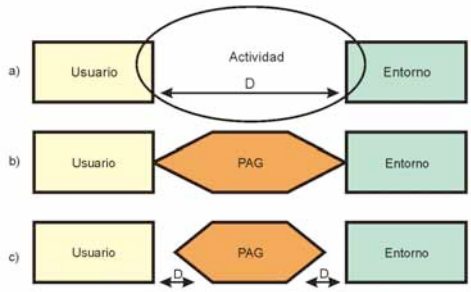


Figura 2: a. Agentes distantes. b. Conexión de agentes mediante PAG. C. Insuficiencia de conexión por PAG

La forma de disminuir esta distancia D, o lo que es lo mismo aproximar ambos agentes distantes, usuario y entorno para posibilitar el desarrollo de una actividad admite distinto enfoque. Uno de ellos es mediante la

Ibersid

medicina en sus diferentes facetas o especialidades, farmacológica, rehabilitadora, quirúrgica o neurológica, otro enfoque es el tradicional de la ayuda humana y finalmente el que nos interesa haciendo uso de la compensación funcional o la rehabilitación mediante productos de apoyo. En esta última, en principio y en tanto como sea posible, se especifican productos de tipo general PAG debido a que son más universales y en consecuencia presentan normalmente menor precio y buenas prestaciones (Figura2b). Este PAG, (ejemplo: la silla de ruedas)debe estar diseñado para una actividad definida (desplazamiento) cubriendo la mayor parte de las necesidades de las personas (accionamiento con las manos, posición sentado, reposapies,…) y del entorno (ruedas de radio alto que salvan pequeños obstáculos). Normalmente se dotan de ciertos ajustes que cubran variaciones en un amplio espectro (tallas).

Esta solución no siempre es viable ya que el PAG puede no estar adaptado ya sea al entorno (superficies accidentadas, con escalones…) o bien al usuario por plantear este necesidades especiales (problemas de manipulación, cognitivos, de percepción…). En este caso (Figura 2c) no se llega a conectar ambos agentes ya que existen unas ciertas distancias D del PAG al usuario y al entorno impidiendo la realización de la actividad propuesta.

Ante estas dificultades se propone un modelo de interacción que se presenta en la Figura 3. Podría pensarse en resolver la separación entre los agentes haciendo un PAG más versátil y totalmente adaptado a cada una de las características de cada entorno o a las necesidades de cada usuario o a ambas a la vez. Ahora bien, en ese caso habríamos elaborado un producto tan complejo y al mismo tiempo tan personalizado que posiblemente sería inviable además de perder la naturaleza del PAG que ya no sería del tipo general, perdiendo las ventajas que ello comporta.

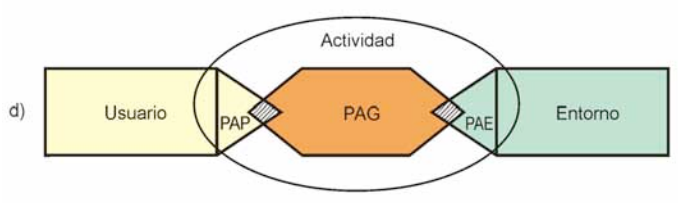


Figura 3. Modelo de interacción convergente

En esta propuesta se parte del uso de un PAG, pero cuando este no se adapta a las características del usuario y del entorno, como es el caso, existen tres aproximaciones posibles y convergentes, a saber:

- complementando la acción del usuario mediante el uso de un PAP,
- cambiando las características del entorno por medio de un PAE o
- ampliando la funcionalidad de PAG, e incluso combinando unas y otras modalidades. Esto implica en la primera línea utilizar interfaces adecuados usuario-máquina que permitan una mayor interacción general y particularmente con estos tipos de PAG. En los ejemplos anteriores se precisaría un sistema de accionamiento de la silla de ruedas por ejemplo mediante voz, generando comandos de conducción a través de un PC. En segundo término el entorno podrá hacerse accesible mediante indicadores activos con técnicas de AAL, como ya se ha comentado; en nuestro caso, además de eliminar escaleras, podrían activarse mensajes codificados de emergencia o identificando la sala o el lugar al que se accede. Finalmente el PAG, esto es la silla de ruedas en sí misma, podría ampliar su rango de acción mediante tracción y mando eléctricos con conexión a un PC para recibir comandos de conducción del usuario o del entorno interpretando mensajes relacionados con la actividad de conducción.

Otro ejemplo de interacción convergente sería el de navegación en Internet por un deficiente visual. El elemento PAG podría ser un PC con características mejoradas (tamaño de pantalla, de caracteres…), el PAP podría ser la línea braille conectada al PC como interfaz personal táctil y como PAE se podrían considerar los contenidos y webs de Internet, en este caso adaptados o diseñados con tecnologías y pautas W3C y WAI del WWW en cuanto a la utilización de colores, tablas, imágenes, etc.

4. Conclusiones

Los modelos existentes en Tecnologías de Apoyo tienen en consideración factores importantes en cuanto a definición de actividades y tareas, la naturaleza de las deficiencias, el papel del usuario y otros. En la actualidad nos hallamos aún lejos de resolver de forma adecuada las necesidades de muchos usuarios siendo la casuística muy compleja por las numerosas actividades posibles y los escenarios de operación. El modelo de interacción convergente que se ha propuesto supone un intento de formalización de las posibilidades de actuación sistémica en cuanto al establecimiento de unos elementos como son los productos de apoyo de tipo personal PAP, general PAG y de entorno PAE, distribuidos y con cierta independencia física pero con una relación funcional hacia un objetivo determinado que consiste en la facilitación de una actividad combinando la especificidad del usuario y la generalidad de la actividad y del entorno.

Referencias

[1] Lenker, J., Paquet, V., (2003) A Review of Conceptual Models for AssistiveTechnology Outcomes Research and Practice. *Assistive Technoloy,* Volume 15.1,2003.

[2] Azevedo L., Féria H., Nunes da Ponte M., Wann E., Recellado Z. (1994) HeartReport – Line E E3.2 European Curricula in Rehabilitation Technology Training,*European Commission DG XIII, Telematics Applications Programme,Disabled and Elderly Sector.*

[3] Andrich R., Besio S., Azevedo L., Nunes da Ponte M. (1999) AssistiveTechnology for End Users – Guidelines for Trainers. *EUSTAT project DE 3402 /Deliverable D06.3, EUROPEAN COMMISSION DG XIII, TelematicsApplications Programme, Disabled and Elderly Sector,* March 1999.

[4] Turner-Smith A., Blake P., (1999) Project DE4103 TELEMATE-TelematicMultidisciplinary Assistive Technology Education Deliverable D3, CurriculumFramework. http://prt.fernuni-hagen.de/pro/telemate/download/tm_d3.pdf

[5] Cook A.M., Hussey S.M. (2002) *Assistive Technologies: Principles andPractice*. Saint Louis: Mosby, 2002.

[6] Scherer M., (1998) The Matching Person & Technology (MPT) Model. Webster, NY: *Institute for Matching Person & Technology*, 1998.

[7] Patten, F., Sternach, G., (1998) Lifespace Access Profile: Assistive TechnologyAssessment and Planning for Individuals with Severe or Multiple Disabilities(Original Protocol) and the Upper Extension for Individuals with Physical

Disabilities. *CSUN Proceedings*, 1998.

[8] Williams, W. B., Stemach, G., Wolfe, S., & Stanger, C. (1995) Lifespace accessprofile: Assistive technology assessment and planning for individuals withsevere or multiple disabilities. Sebastopol, CA: Lifespace Access.

Iberdiscap

[9] Zabala J., (1998) THE SETT FRAMEWORK - PART I. Modified byMontgomery County, MD Public Schools 1998, inwww.2learn.ca/institute/handouts/SETT FrameworkForm.pdf.

[10] Azevedo L., "A Model Based Approach to Provide Augmentative Mobility to Severely Disabled Children trough Assistive Technology". Tesis doctoral, San Sebastián, Septiembre 2006.

[11] Azevedo L., Abascal J., Ceres R. "A Novel Model in Assistive Technology" ISBN: 9781586037918. IX Conferencia Europea para el Avance de las Tecnologías de Apoyo (AAATE 2007), pp. 641-645, 2007

[12] Ceres R., Rocon E., Pons J.L., Calderón L., Forner-Cordero A., Villegas M.Nuevos interfaces de cooperación hombre-máquina en soluciones de apoyo a la discapacidad. Actas del IV Congreso Iberoamericano sobre Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad. MO 49-53, Actas- ISBN: 84-688-7460-4, Vitoria, Brasil, 2006.

[13] Raya R., Torricelli D., Rocon E., Ceres R., Frizera A., Pons J.L. Feasibility in human machine interfaces for elderly people *Gerontechnology 2008; 7(2):193;* doi:10.4017/gt.2008.07.02.130.00

Iberdiscap

Cadeira de Banho: Um Estudo Dirigido para Pessoas com Limitações Motoras

Diego Mafioletti[1], Pedro Serighelli da Rocha Paranhos[2],Leandro de França Antunes[3], Drª Elenise Leocádia da Silveira Nunes[4]

[1]Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil,5504199416069,diegomdesign@gmail.com

[2]Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil,5504133104590,pserighelli@gmail.com

[3]Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil,5504192012547, leandro.franca@hotmail.com

[4]Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil,5504133104590,elenise@utfpr.edu.br

Resumo.

Este artigo apresenta o desenvolvimento do projeto de uma cadeira de banho para pessoas com limitações motoras, visando o uso residencial e institucional. O produto é destinado às pessoas caracterizadas pela dificuldade de adotar posturas anti-gravitárias como deambular (caminhar), manter a coluna ereta, sentar e pessoas com dificuldades em realizar tarefas que exijam capacidade motora fina e psicomotricidade.

Palavras chave: Ergonomia, Design, Cadeira de Banho, Pessoas com Limitações Motoras.

1. Introdução

O presente trabalho objetiva o desenvolvimento de uma cadeira de banho para pessoas com limitações motoras ou portadoras de necessidades especiais (PNE's), sob a ótica ergonômica que prevê uma adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu trabalho, considerando trabalho toda e qualquer atividade realizada pelo homem e assim facilitar as suas atividades de vida diária. (COUTO, 1995)

Esta cadeira de banho é destinada à higiene de pessoas com limitações motoras nos membros superiores (MMSS) e inferiores (MMII). Sua utilização se dará nos banheiros de casas, apartamentos, centros de reabilitação e escolas, facilitando o acesso dos PNE's à atividade diária de tomar banho. O projeto prevê que os profissionais e familiares dos PNE's, possam tratá-los com conforto e segurança. Para isso, foi utilizada a metodologia ergonômica no desenvolvimento do produto que engloba: revisão bibliográfica, definição e conceituação do produto, análise da tarefa, discriminação do público-alvo, definição antropométrica, geração de alternativas e testes de adequação ergonômica.

Analisando as cadeiras de banho existentes no mercado, notou-se que apresentam pouco conforto e não suprem todas as reais necessidades dos usuários primários, ou seja, dos PNE's e dos usuários secundários, pessoas que auxiliam os PNE's em suas atividades.

Entre os objetivos buscados na reabilitação de um paciente com lesão encefálica ou lesão medular, as metas são melhorar a coordenação normal dos padrões motores, deambular, manter destrezas normais,

Iberoiscap

inclusive independência nos cuidados pessoais e AVD´s e promover a resistência cardiorespiratória normal. (O´SULLIVAN, 1987)

Através de visitas às instituições que atendem pessoas com necessidades especiais, como a Associação Paranaense de Reabilitação (APR) e a Escola Vivian Marçal, ambas situadas na cidade de Curitiba (Paraná/Brasil), verificou-se que tanto os profissionais, quanto as famílias das pessoas com limitações motoras, anseiam por móveis e equipamentos que contribuam para uma melhor execução de suas atividades diárias. Observou-se que os equipamentos utilizados são muitas vezes, apresentados como resultado do improviso e confeccionado de forma artesanal, sem unidade e com pouco conforto.

2. Metodología

Para que o projeto de uma cadeira de banho para PNE's seja bem-sucedido, deve-se levar em conta alguns fatores característicos deste tipo de mobiliário, como: o escoamento e acúmulo da água durante sua utilização; o emprego de materiais impermeáveis, aderentes e de fácil higienização; a transferência de outra cadeira para a cadeira de banho; o armazenamento da cadeira; a distância entre os eixos das rodas para mobilidade adequada; adaptabilidade ergonômica; variação das medidas visando à adequação a diversos tipos de usuário, levando em conta altura, peso, biótipo e deficiência física. As cadeiras devem resistir ao peso do usuário, e serem estáveis ante o risco de virarem em curvas, desníveis ou inclinações. Desta forma, para o desenvolvimento de uma cadeira de banho mais confortável para PNE's, foram considerados os seguintes parâmetros ergonômicos:

- Folga do assento, 25 mm entre as coxas e a lateral da cadeira e de 30 a50 mm entre o bordo dianteiro do assento e a parte posterior dos joelhos;
- Inclinação ajustável encosto-assento de 100º a 110º;
- Inclinação do assento para traz de 1º a 4º,o que evita o deslizamento para frente, sem pressionar a coluna;
- Encosto situado 25 mm abaixo das espáduas e regulável;
- Altura do apoio dos braços, 20 mm acima do cotovelo;
- Altura do apoio para os pés de 50 mm a 120 mm, revestido material antideslizante.

A metodologia de análise dos produtos concorrentes foi fundamentada em critérios ergonômicos de qualidade estética, técnica e ergonômica, onde a partir da coleta de dados secundários sobre os produtos existentes no mercado tem-se um parecer qualitativo sobre o nicho de mercado que se pretende atuar.

Qualidade estética se define como combinação de forma, material, textura e cores para que os produtos sejam visualmente agradáveis ao consumidor. Quando analisada a forma, constatamos que as cadeiras analisadas apresentavam formas geometrizadas, buscando mais o barateamento produção do que a adequação ao usuário. Um dos problemas encontrados foi que algumas cadeiras por serem construídas a partir de princípios mecânicos apresentavam uma forma um tanto agressiva ao usuário. Quanto ao material, a maioria era feita de aço, alumínio ou PVC (cloreto de polivinila) com pintura *epoxy*, ou seja, materiais de fácil limpeza e manutenção.

A maioria das cadeiras de banho existentes no mercado são nas cores azul, branco e cinza. Segundo Mello (2001), as cores afetam os indivíduoas, sendo que em algumas situações, as reações são automáticas, involuntárias e naturais, ou seja, acontece sem a pessoa se dar conta. Neste caso, pormenores, tais como sexo, idade, renda, nível cultural e ambiente, fazem diferença. Para Pedrosa (1977), cada cor tem um significado que varia de acordo com a cultura, desta forma no ocidente temos as seguintes descrições para as cores azul, branco e cinza:

- Azul: conhecida como a cor da confiança, longevidade e segurança;

Iberdiseño

- Branco: indica pureza, inocência, juventude e limpeza;
- Cinza: transmite a sensação de confusão, apesar de ser associada com inteligência. Indica bom senso de comportamento e disciplina, bem como ações ponderadas e planejadas.

A qualidade técnica, por sua vez, trata do funcionamento do produto, levando-se em conta a eficiência de execução da função, ausência de ruídos e vibrações, manutenção, material e acabamento. A cadeira de banho tem uma vida útil que depende da forma de utilização e do cuidado com que é manuseada. A maioria das cadeiras analisadas aparentavaser de fácil manutenção, tanto na substituição de peças quanto na limpeza. A cadeira ideal precisa ser leve e resistente à ação da água. Nos modelos analisados notou-se que o acabamento nem sempre é de qualidade; algumas deixam evidente a solda ou parafusos.

Por outro lado, a qualidade ergonômica dos produtos enquadra a facilidade de manuseio, adaptação antropométrica, conforto, segurança, controle e manejo. As cadeiras de banho analisadas de modo geral não apresentam regulagens de altura e inclinação, dificultando a adaptação a diferentes tipos de usuários. Sabe-se que os PNE's podem apresentar várias complicações quanto à postura e o equilíbrio, por isso, a preocupação com regulagens para garantir o conforto dos usuários. Constatou-se que quase nenhuma cadeira possuía uma altura confortável para o usuário secundário na função de dar banho ou empurrar a cadeira, pois a maioria delas era baixa ou possuía manoplas com ângulos de difícil pega.

Para que o desenvolvimento do projeto seja bem-sucedido, fez-se necessário analisar a tarefa a ser realizada, neste caso, a higienização de em uma pessoa com limitações motoras. Dependendo da natureza de suas limitações os PNE's não conseguem tomar banho sem auxílio e não conseguem manter-se eretos em suas cadeiras.

Além da tarefa a ser realizada, é indispensável o conhecimento dos diferentes tipos de lesão que abrangem a cadeira do presente estudo. Podendo citar como principais características as patologias que se desenvolvem com espasticidade (aumento do tônus muscular) tendo a classificação de leve, moderado ou grave, flacidez (redução do tônus muscular), com flutuação (movimentos involuntários de articulações distais e/ou proximais) ou misto.Um fato bastante relevante é a abrangência dos diferentes locais de lesão que irão resultar em diferentes seqüelas e entre as mais comuns temos a hemiplegia (lesão em metade do corpo afetando mais o MS do que o MI), diplegia (lesão com os quatro membros acometidos, porém, afetando mais os MMII do que os MMII) e a quadriplegia (os quatro membros são afetados de forma semelhante).

Ainda em relação às patologias, lesões e seqüelas observamos a diferença de pessoas paréticas de pessoas plégicas, pois um parético apesar de ter a lesão movimenta o membro e tem apenas falta de forçamuscular no membro acometido e pessoas que cursam com uma seqüela do tipo plégica não realiza movimentação.

Ao realizar a atividade de banho, o mais comum são PNE's serem transportados em sua cadeira de rodas até o banheiro, o que torna o tamanho da cadeira e dimensões do banheiro, fatores cruciais para o bom andamento desta atividade. Como as medidas de banheiros e áreas de banho variam muito, fica difícil estipular dimensões confiáveis para uma cadeira de banho. Uma dimensão certa, porém, é a largura das portas, padronizada em no mínimo 600 mm para banheiros, podendo ser maior no caso de banheiros adaptados. Para que a atividade possa acontecer sem maiores problemas, o box deve ter um espaço interno mínimo, que segundo a norma NBR 9050 é de 900 x 950 mm no mínimo, sendo que a medida ideal deve ser em torno de 900 x 1200 mm. Outro fator determinante para o bom andamento da atividade é a altura da cadeira, para que a pessoa que auxilia o banho do PNE possa fazê-lo de pé, postura melhor do que agachado ou de cócoras, posições altamente fatigantes.

Durante a transferência da cadeira para a cadeira de banho, observa-se que o paciente com lesão encefalica e plégico (hemiplégico, quadriplégico, diplégico) necessitam de um auxilio muito maior do que os paciente com lesões encefálicas e com paresia (hemiparético, diparético) pois com a fisioterapia estes em

Iberdiscap

algumas ocasiões realizam transferências com o mínimo ou nenhuma ajuda. Diferente do que ocorre com as pessoas com lesões medulares que teoricamente quanto mais baixo for a lesão, maior facilidade terá para se locomover e se transferir. (ROWLAND,1997)

Para o desenvolvimento deste projeto foi tomado como base a metodologia de desenvolvimento de produto fundamentada por Baxter (2001), aliada a metodologia ergonômica fundamentada por Itiro (2005). Desta forma após a pesquisa dos produtos existentes no mercado, foi efetuada a pesquisa de material, a conceituação do produto, a geração de alternativas, a escolha da alternativa, a definição das medidas antropométricas e a execução dos desenhos em escala. Após a definição do projeto foi aplicada a metodologia ergonômica para execução do teste de usabilidade e adaptação ergonômica do produto, divididos em duas fases: teste de laboratório sob condições controladas e teste de campo em condições reais de uso do produto, sendo que ao final de cada fase o projeto do produto pode ser readequado às condições determinadas pelos testes. A primeira fase do teste de laboratório deve ser realizada a partir de um modelo em escala reduzida com um boneco antropométrico e a segunda fase a partir de um *mockup* do produto construído em escala natural. A última fase da metodologia ergonômica prevê a realização do teste com o protótipo do produto em condições reais de uso, a partir deste teste poderá ser realizada a ultima alteração no projeto do produto para ser efetuada a fabricação em série. Aliando-se as duas metodologias de desenvolvimento de produto têm-se como resultado final um produto esteticamente agradável, seguro e confortável, dentro dos princípios do bom design e da adaptação ergonômica.

3. Resultados e Discussões

O usuário primário ou público-alvo para o desenvolvimento do projeto da cadeira de banho foi definido como pessoas com limitações motoras de 18 a 30 anos, pesando em média 40 a60 kg e com uma altura próxima a 1,70 m, podendo ser do sexo masculino ou feminino. Da mesma forma os usuários secundários foram definidos como pessoas de 20 a 50 anos, pesando 60 a80 kg e com uma altura próxima a 1,70 m, possivelmente pais ou funcionários encarregados de cuidar dos PNE's. A partir destas informações, percebeu-se que seria necessário para o usuário primário um estudo antropométrico estático, em que as medidas se referem ao corpo parado ou com poucos movimentos, e para o usuário secundário, o qual empurrará a cadeira e dará o banho um estudo antropométrico dinâmico, onde se mede os alcances dos movimentos.

O acervo antropométrico de usuários de cadeira de rodas é escasso, conforme Panero e Zelnik (2002) este tipo de estudo é difícil, pois envolve muitas variáveis como os tipos de deficiências, os membros afetados, a extensão da paralisia e o grau de disfunção muscular. Segundo os autores, as medidas antropométricas básicas para o desenvolvimento de um projeto de cadeira (figura1) são:

- A: altura do sulco poplíteo
- B: comprimento nádega sulco-poplíteo
- C: altura do descanso dos cotovelos
- D: altura do tronco do indivíduo sentado
- E: altura tronco + cabeça
- F: largura cotovelo a cotovelo
- G: largura do quadril
- H: largura do ombro
- I : distância lombar

Iberdiscap

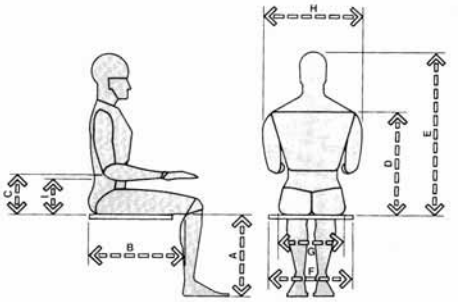


Figura 1: Medidas Antropométricas do Indivíduo Sentado

Segundo IIDA (2005), fabricar um produto universal reduz custos, contudo do ponto de vista usuário, isso nem sempre proporciona o maior conforto e segurança possíveis, pois a falta de adaptação pode reduzir a eficiência do produto. Assim, tem-se os cinco princípios ergonômicos para o desenvolvimento de um produto universal:

- 1º: os projetos são dimensionados para a média da população;
- 2º: os projetos são dimensionados para um dos extremos da população;
- 3º: os projetos são dimensionados para faixas da população;
- 4º: os projetos apresentam dimensões reguláveis;
- 5º: os projetos são adaptados ao indivíduo.

Para o desenvolvimento deste projeto utilizou-se como parâmetro antropométrico o 1º princípio a partir do valor médio da população e levou-se em consideração o fato das pernas dos PNE's serem um pouco mais finas, devido a musculatura estar atrofiada. Também foram utilizados o 4º e o 5º princípios para configurar as regulagens de altura do braço de segurança e o apoio de cabeça da cadeira, facilitando a adaptação do usuário e não causando desconforto na hora da higienização. Definiu-se assim, as seguintes dimensões, para o desenvolvimento do projeto da cadeira de banho para PNE's:

- altura do sulco poplíteo 550 mm (indivíduo sentado);
- comprimento do pé 270 mm;
- comprimento nádega sulco-poplíteo 470 mm (indivíduo sentado);
- altura do tronco do indivíduo sentado, 900 mm;
- altura tronco + cabeça 1450 mm (indivíduo sentado);
- largura do quadril 370 mm (indivíduo sentado);
- largura do ombro 470 mm (indivíduo sentado);
- altura da região lombar 200 mm (indivíduo sentado);
- largura da cabeça 150 mm;
- altura da axila 400 mm (indivíduo sentado).

A Figura 2 apresenta algumas alternativas geradas para o desenvolvimento do produto. Todas foram desenvolvidas pensando no conforto para realizar a atividade, na segurança, em materiais impermeáveis e considerando o escoamento da água, sendo que a alternativa selecionada foi a de numero 4.

iberdiscap

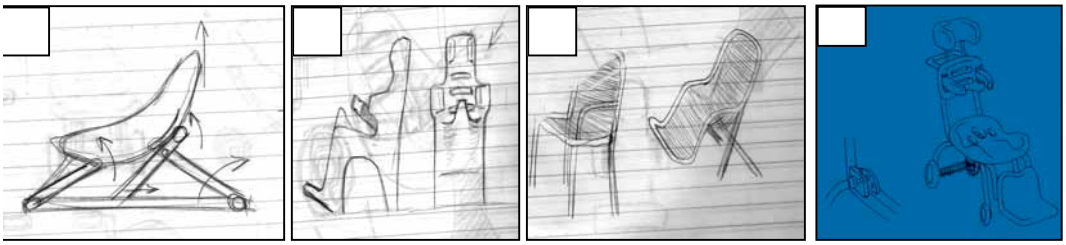
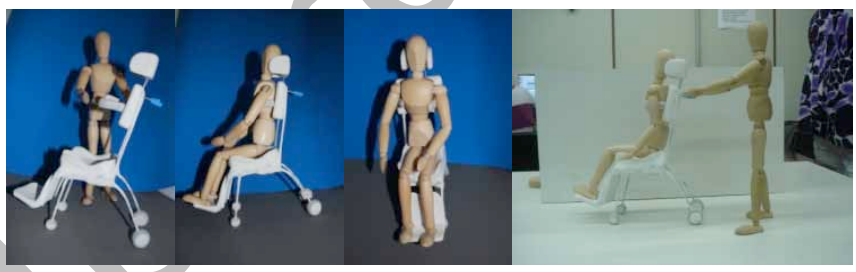


Figura 2: Alternativas geradas para o |Projeto da Cadeira de Banho para PNE's
Fonte: Os autores, 2010.

Depois de selecionada a alternativa, iniciou-se o estudo sobre os parâmetros ergonômicos. Assim, constatou-se que o modelo escolhido seria capaz de atingir o objetivo e não causaria desconforto aos usuários. Sendo que, se for comparado às cadeiras existentes no mercado com o projeto da cadeira desenvolvida, pôde-se notar que esta tem uma maior preocupação com o usuário, explorando mais a questão estética e principalmente a ergonômica.

Para realização do teste de adequação antropométrica em laboratório a partir de um modelo em escala foi utilizado um boneco antropométrico de 300 mm de altura e para produzir o modelo reduzido da cadeira de banho foi utilizada a escala de 1: 5,6. O teste de usabilidade ergonômica foi realizado a partir do registro fotográfico como demonstra a figura 3.

Feita a análise, constatou-se que a estrutura da cadeira quanto ao comprimento total das rodas ainda era muito grande, podendo diminuir em aproximadamente 150 mm. A manopla poderia ser substituída por uma barra inteira, facilitando a pega e também a usabilidade e mobilidade da cadeira em ambientes pequenos como o banheiro. A estrutura precisaria ser reforçada nas pernas, dando mais segurança ao usuário, e que o apoio das pernas deveria ter uma regulagem para ser guardado embaixo da cadeira. Quanto às medidas da cadeira referente ao usuário primário, sentiu-se a necessidade de abaixar 50 mm o apoio para os pés.



Todos os pontos levantados foram considerados importantes e aplicados no projeto do produto e na produção do *mockup* em escala natural. Os estudos ergonômicos em condições controladas com o *mockup* ainda estão sendo realizados e devem demandar mais algum tempo para se ter resultados conclusivos sobre a adaptação ergonômica do produto e iniciar-se a fabricação do protótipo.

É de extrema importância o envolvimento da família na reabilitação do paciente, pois pessoas mais próximas possuem uma compreensão mais clara das capacidades motoras, do prognóstico e dos estágios de recuperação.As pessoas com lesão ou PNE´s muitas vezes necessitam de auxílio e é de fundamental importância que os cuidadores estejam aptos a agir de forma terapêutica desde lhe alcançar um simples

objeto, como realizar transferências, adaptar uma cadeira para banho, se locomover corretamente e até mesmo realizar a sua alimentação.

Observamos então que a cadeira de banho baseia-se na literatura para ajudar o terapeuta e principalmente a pessoa lesada a ter uma reabilitação mais eficiente, pois auxilia em uma atividade da vida diária de extrema importância como a de tomar banho e realizar sua higiene pessoal.

Segundo Azeredo (1999), Machado (2008) e Sarmento (2007), adotar uma postura anti-gravitária na hora do banho melhora significativamente a função pulmonar. Quando ao indivíduo está bem posicionado na cadeira melhora a relação VQ (ventilação/perfusão), aumentando a complacência pulmonar estática e dinâmica, além dos vários efeitos benéficos que a água trás, como: o estimulo da função sensitiva com a exterocepção (sensações de tato, pressão, dor e temperatura) podendo assim trazer analgesia; melhora da função motora com a redução da alteração do tônus trazendo para o mais próximo do normal (dependendo da intensidade e temperatura da água); bem estar e estimulo da diurese.

4. Conclusão

Desenvolver um projeto como este é uma maneira de conhecer melhor a aplicação da ergonomia, pois produzir modelos, *mockups e* protótipos são de grande importância para se determinar a usabilidade, a relação volumétrica e as reais medidas do produto. Ter a possibilidade de analisar e readaptar as formas é fundamental para um melhor resultado de conforto, segurança e design.

No primeiro momento sentiu-se muita dificuldade na pesquisa, devido ao fato de existirem poucos exemplos de cadeiras de banho para PNE's. Contudo, este fato foi o que realmente firmou a necessidade de desenvolver um produto para estes indivíduos que hoje vêm ganhando seu espaço na sociedade, entrando nas escolas e superando desafios em conjunto com os profissionais de reabilitação. A idéia de facilitar a atividade do banho para os usuários é apenas uma das alternativas que podemos desenvolver. O mercado nesta área é muito amplo e necessita de pessoas preocupadas com estes projetos.

A utilização da cadeira de banho não fica restrita apenas aos PNE´s, pode-se incluir pessoas idosas e/ou obesas, que por algum motivo ficam no leito por um grande tempo. Este fato leva a síndrome do imobilismo que comprometem os sistemas musculoesqueléticos, articular, ósseo, tegumentar, cardiovascular, metabólicos, endócrinos, gastrointestinal, genitourinário e respiratório, além dos diferentes tipos de lesões e seqüelas que possam aparecer.

As cadeiras de banho para PNE's devem promover a segurança e o conforto na utilização, levando em conta fatores como ergonomia, peso e design. A robustez e a qualidade são fatores chave a serem considerados no projeto, tanto nos chamados modelos de grande consumo como também nos modelos específicos e adaptados a determinadas situações.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 9050 / 2004 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.

Iberdiscap

AZEREDO, Carlos Alberto Caetano; MACHADO, Maria da Glória Rodrigues. Fisioterapia respiratória moderna. 3. ed., ampl. e rev. São Paulo: Manole, 1999.

BAXTER, Mike. Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos. São. Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2001.

COUTO, Hudson de Araújo. Ergonomia aplicada ao trabalho. Belo Horizonte: Ergo, 1995.

IIDA, Itiro. Ergonomia: Projeto e Produção.São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2005.

MACHADO, Maria da Glória Rodrigues. Bases da fisioterapia respiratória: terapia intensiva e reabilitação. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MELLO, Maria Ap. A atividade mediadora nos processos colaborativos de educação continuada de professores: educação infantil e educação física. 2001. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

O´SULLIVAN, Susan B. ; SCHMITZ, Thomas J. Fisioterapia avaliação e tratamento. 2ª edição. SP: Manole.

PANERO, Julius. ZELNIK, Martin. Dimensionamento humano para espaços interiores. 1ª Ed. Barcelona: Editorial GG., 2002.

PEDROSA, Israel. Da cor à cor inexistente, 3ª ed., Ed. Léo Christiano, Co-editora Univ. Brasília: Rio de Janeiro, 1982.

SARMENTO, George Jerre Vieira. Fisioterapia respiratória no paciente crítico: rotinas clínicas. 2ª ed., rev. e ampl. Barueri: Manole, 2007.

ROWLAND, Lewis P.; MERRIT Tratado de neurologia. 9ª Edição.Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,1997.

Iberdiscap

Implementação de uma Plataforma de Força e Medição da Distribuição de Peso na Região Plantar de Pacientes Normais e Hemiplégicos

Marcelo Augusto Assunção Sanches[1], Mário Márcio Estremote[1], Wesley Pontes[1], Mateus Fernandes Réu Urban[1], Elcio Alteris dos Santos[1], Ricardo Luiz Barros de Freitas[1], Ruberlei Gaino[2], Augusto Cesinando de Carvalho[3], Aparecido Augusto de Carvalho[1]

[1] UNESP: Av. Brasil, 56, Ilha Solteira - SP, Brasil, +55 018 3741 1150, sanches840@yahoo.com.br, mmarcioestremote@hotmail.com, wesley.pontes@gmail.com, mateushq@hotmail.com, rlbff@hotmail.com, carvalho.aparecido@gmail.com

[2] UEL: Campus Universitário, Londrina-PR, Brasil, +55 043 3371 4789, ruberlei.gaino@gmail.com

[3] UNESP: FCT, Presidente Prudente-SP, Brasil, +55 018 3743 1223, augusto@ffct.unesp.br

Resumo.

Através de um sistema constituído por duas plataformas de força, circuitos de condicionamento e interfaceamento de sinais, projetado para medir a descarga de peso em 24 pontos de cada região plantar de pacientes foi possível verificar a formação de um padrão para descarga de peso nas regiões de ante pé, médio pé e retro pé em um grupo de 80 pessoas, sendo 60 pacientes ditos normais e 20 hemiplégicos. Além disso, observou-se a alta relevância de alguns sensores na distinção do tipo de pisada entre pessoas normais e hemiplégicas. O sistema construído apresentou linearidade na medição de forças, com coeficiente de determinação de 0,9997, precisão de 0,84%, resolução de 0,5 N e baixa histerese. O sistema implementado poderá ser muito útil para investigar patologias estudadas pela Podologia e Posturologia.

Palavras chave: Plataforma de força, distribuição de peso, hemiplégico, posturologia.

1. Introdução

O homem se estabiliza no seu ambiente por uma integração de informações que procedem dos receptores visuais (olhos), vestibular (ouvido) e plantar (pés). É suficiente alterar uma ou mais dessas informações para modificar sua estabilização.

A adaptação do pé ao membro inferior e à cintura pélvica é uma fisiologia fundamental para a compreensão dos problemas estáticos do homem. Um movimento pélvico ou uma má posição pélvica acarreta uma adaptação do pé. Uma deformação do pé é sempre responsável por uma má posição pélvica.

A abóbada plantar é um conjunto arquitetônico que associa harmoniosamente todos os elementos ósteo articulares, ligamentares e musculares do pé. Graças a sua mudança de curvatura e elasticidade, o pé pode adaptar-se as desigualdades de um terreno e transmitir ao solo os esforços e o peso do corpo nas melhores condições mecânicas para circunstâncias muito variadas.O peso do corpo, transmitido pelo membro inferior, aplica-se sobre o tarso posterior ao nível da polia astragalina através da articulação tíbio tarsiana. Assim, os esforços se dividem em três direções, para os três pontos de apoio da abóbada [1] para

Iberhiscap

o apoio anterior e interno (A), para o apoio anterior e externo (B) e para o apoio posterior (C), veja na Figura 1.

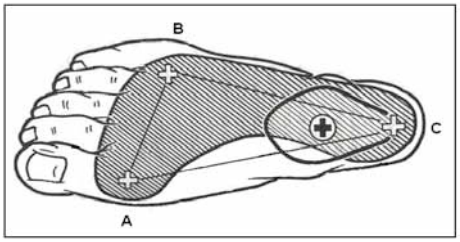


Figura 1. Pontos de apoio do pé direito.

As alterações que afetam suas curvaturas acometem gravemente o apoio no plano horizontal e repercutem obrigatoriamente sobre a corrida e a marcha, ou mesmo sobre a posição parado [1].

Para se interpretar as alterações no apoio plantar, os pés são geralmente divididos em três regiões distintas: região do calcâneo, que representa a pressão exercida pelo calcâneo; região do meio do pé, que representa os apoios exercidos, geralmente, pela parte externa do arco dos pés e região dos dedos, que representa o apoio dos dedos.

Há poucos equipamentos no mercado voltados para a medição objetiva de parâmetros biofísicos relacionados com alterações do equilíbrio humano. Os poucos equipamentos disponíveis possuem custos exorbitantes, muitas vezes, incompatíveis com a realidade dos profissionais de saúde brasileiros e dos centros de habilitação e reabilitação humana.

O Baropodômetro é um exemplo deste tipo de tecnologia é de difícil acesso para a grande maioria das clínicas, associações, hospitais e centros de habilitação e reabilitação. Este tipo de aparelho não é produzido em território nacional, assim apresentando um custo elevado para sua obtenção. Em princípio, o equipamento possui um enorme leque de aplicações para diagnóstico clínico e fisioterapêutico, sendo sua indicação irrestrita. O equipamento pode fornecer subsídios para que o clínico/avaliador relacione eventuais disparidades, direta ou indiretamente, às manifestações clínicas relacionadas previamente pelo indivíduo, dentro de várias áreas do domínio clínico, sobretudo a músculo-esquelética (ortopédica).

Clinicamente, é mais relevante examinar pressões sob áreas específicas dos pés do que a pressão no pé, como um todo. Teoricamente, os pés podem ser divididos em seções cada vez menores, porém, ainda que informações mais precisas possam ser obtidas, pode haver perda de informação a respeito da função global dos pés. De acordo com Stebbins et al., subdivisões dos pés devem ser pequenas o suficiente para não haver confusão com a função de uma área vizinha, mas devem ser adequadamente grandes para incluir todas as informações úteis a respeito daquela área particular. Idealmente, divisões precisam corresponder à função e anatomia dos pés e devem, portanto, levar em conta oslocais das articulações nos pés [1].

Este trabalho descreve o desenvolvimento de uma plataforma de força implementada com sensores resistivos (extensômetros) projetada para medir a distribuição de forças em 24 pontos de cada região plantar de pacientes. Efetuou-se medições em 60 pacientes normais e em 10 pacientes hemiplégicos.

Stokes (2000) descreve a hemiplegia como sendo uma paralisia dos músculos de um lado do corpo, contra lateral ao lado do cérebro em que ocorreu o AVC. Esta alteração na função motora pode levar a déficits na coordenação dos movimentos, fraqueza de músculos específicos, tônus anormal, ajustes posturais

Iberidscap

anormais, movimentos sinérgicos anormais e falta de mobilidade entre estruturas da cintura escapular [2], [3] e [4].

A diminuição da força muscular da perna hemiplégica acarreta em maior desequilíbrio postural. Assim, o hemiplégico tem dificuldade em manter-se na posição ortostática e na marcha, devido ao padrão assimétrico nas posturas dinâmicas e estáticas. A postura adequada é um pré-requisito para a estabilização do corpo na posição vertical durante vários movimentos e para a mobilidade [5].

A realização de testes com pacientes foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente – SP, Brasil (Processo nº 160/2007).

2. Metodologia

2.1. Testes antropométricos para a concepção da plataforma

Visando o projeto da estrutura mecânica da plataforma de força, foram coletados e pesquisados pontos de descarga de peso em 20 (vinte) indivíduos normais (sem histórico de queixas de dores ou problemas no sistema neuro-músculo-esquelético) com idade entre 12 a 40 anos, sendo 10 (dez) do sexo masculino e 10 (dez) do sexo feminino de diversas etnias.A região plantar dos pacientes foram pintadas com tinta guachee os pacientes pisaram em papéis sulfite evidenciando as áreas de descarga de peso. Foram também obtidas imagens de raios X dos pés dos pacientes e se realizou medições antropométricas, comparando-as com o método anteriormente descrito.

Com estes estudos preliminares foi definido o posicionamento de 24 (vinte e quatro) sensores para avaliar a descarga de peso em pontos especificos dos pés. Foram colocados 5 sensores para medir a descarga de peso na região do retro-pé, 10 sensores para medições na região do ante pé, que servem para verificar desequilíbrios do arco anterior, o apoio e a deformidade em sua curvatura, objetivando observar pés eqüinos ou deformidades em falanges, e 9 sensores para medições na região do médio pé, visando analisar o desabamento ou o aumento da curvatura da região medial do pé, que possibilita a observação do pé plano ou cavo (vide Figura 2).

2.2. Desenvolvimento da plataforma

A plataforma é composta por quatro partes principais: placa superior, chapa intermediária, base e pés niveladores. Possui resistência mecânica suficiente para suportar uma pessoa de 120 kg.

A placa superior, construída em acrílico, foi divida em três blocos independentes, sendo dois móveis e um fixo. A parte fixa é responsável por captar a descarga de peso no retro pé e médio pé. As placas móveis são responsáveis pela parte anterior do pé, permitindo assim o ajuste da posição das células de carga referentes às falanges e aos metatarsos. Quando algum bloco é deslocado, para adequar-se a um tamanho de pé, são inseridas paletas de acrílico para preencher as saliências existentes.

A chapa intermediária é de aço inoxidável. Sua função é fixar e proteger as células de carga quando ocorre o movimento das placas superiores.

A base foi confeccionada em duralumínio. Pés niveladores foram colocados em suas extremidades, visando compensar alguma inclinação e/ou deformidades existentes no piso onde, foram feitas as avaliações. Dois níveis foram acoplados em cada base, possibilitando verificar os nivelamentos longitudinais e transversais da plataforma. Bordas laterais servem para guiar as placas superiores e possibilitam maior excursão do parafuso do pé nivelador. A altura de cada plataforma pode ser variada na faixa de 50 mm a 71 mm.

Iberoisap

A chapa intermediária é de aço inoxidável. Sua função é fixar e proteger as células de carga quando ocorre o movimento das placas superiores. Não Figura 3 são apresentados desenhos da plataforma direita.

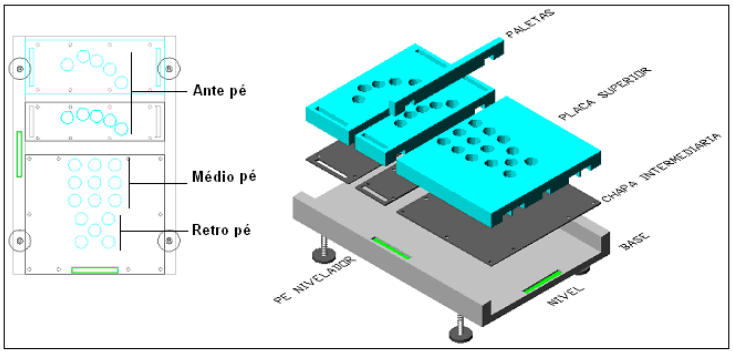


Figura 2. Vista superior e isométrica da plataforma.

Na Figura 3 é apresentada uma foto das plataformas de força e dos circuitos eletrônicos de condicionamento de sinais e de interfaceamento dos sensores.

Figura 3. Foto das plataformas de força e placas dos circuitos eletrônicos.

Devido à mobilidade dos blocos, é possível medir com estas plataformas a distribuição de peso na região plantar de pacientes que calçam sapatos do número 36 ao 40. Cada plataforma, quando utilizada, é recoberta por um filme plástico muito fino, que tem a função de não permitir que adentre suor, ou outro líquido, nas células de carga, além de preservar a higiene.

2.3. Sensores e células de carga

As células de carga foram fabricadas em aço inox VC-150 (SAE 420) e instrumentadas com extensômetros metálicos do tipo diafragma. Cada célula é composta por três partes principais: aplicador, diafragma e camisa [6]. A foto de uma célula de carga á apresentada na Figura 4.

Figura 4. Foto de uma célula de carga.

2.4. Circuitos de condicionamento e interfaceamento de sinais

O sistema é formado por 6 circuitos escravos, que recebe a informação das células, e por 1 circuito mestre que tem a função de controlar os escravos e toda a parte de comunicação com o microcomputador.

O circuito escravo é composto por 6 placas de aquisição. Cada placa é constituídas por 8 conectores USB (*Universal Serial Bus*), 1 amplificador de instrumentação INA127 (Texas Semicondutor, atualmente National) e 1 multiplexador DJ407DJ, configurado para duas entradas de 8 pinos e duas saídas.

O circuito mestre é uma placa PCI-6025-E, da *National Instruments*, que possui um conversor A/D de 12 bits, 16 canais para entradas analógicas, 2 canais de saídas analógicas, 32 linhas de I/O, entre outras várias funções, possibilitando a captação de sinais das 6 placas escravas, simultaneamente.

A aquisição foi realizada com uma taxa de 250 amostras por leitura, em uma freqüência de amostragem de 8 kHz.

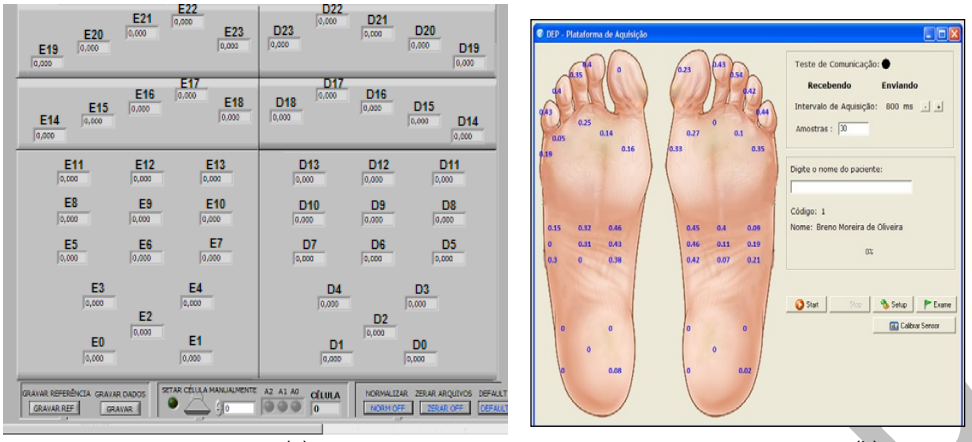
2.5. Programas desenvolvidos para captação e visualização dos dados

Foi desenvolvido um programa no software LabVIEW(National Instruments) denominado PTF1 (Plataforma de Força 1). A interface gráfica representa as plataformas e possibilita a visualização dos valores de força medidos por cada uma das 48 células de carga e também de cada região. Os dados dos testes são gravados em um arquivo de extensão ".txt", possibilitando ser utilizado em outro programa, como Excel, Delphi, dentre outros.

Foi desenvolvido também um programa em Delphy denominado D.E.P (Diagnóstico Eletrônico dos Pés). Este permite que os dados gravados no LabVIEW sejam importados e analisados facilmente pelos profissionais de saúde, pois o programa permite visualizar os pés e as respectivas distribuições de peso na região plantar. Este software tem um banco de dados que possibilita fazer um acompanhamento e um histórico das avaliações do paciente.

As interfaces dos programas PTF1 e DEP estão ilustradas na Figura 5.

Iberoiscap



(a) (b)

Figura 5. Algumas das principais telas dos programas PTF1 (a) e DEP (b).

2.6. Avaliação dos pacientes

Foram realizadas avaliações em um grupo de 80 pessoas, sendo 60 indivíduos normais (sem histórico de queixas de dores ou problemas no sistema neuro-músculo-esquelético) e 20 hemiplégicos. Foram selecionadas 20 pessoas normais para cada numeração de calçado, do 36 ao 40 (de acordo com os gabaritos da empresa *Podaly*), sendo dividida numa metade de homens e outra de mulheres.

Inicialmente dois fisioterapeutas e um terapeuta ocupacional fizeram uma análise subjetiva (qualitativa) de cada um dos indivíduos. O exame subjetivo consiste em olhar, tocar e avaliar a morfologia do paciente com o auxílio somente dos sentidos. Ele pode ser bastante preciso para alguém que é dotado de um bom senso de observação, do “golpe de vista morfológico”, mas ele é sempre suscetível de ser influenciado por fatores pessoais [7].

Após a análise subjetiva, os pacientes foram avaliados objetivamente através das plataformas de força. Foi criado um protocolo no qual o indivíduo era posicionado sobre as plataformas, em posição confortável, fixava o olhar ao nível do horizonte em um ponto marcado na parede, situado na altura dos olhos, mantendo-se assim, o eixo de equilíbrio estático. Solicitava-se que o indivíduo não realizasse nenhum movimento e nem conversasse em um determinado tempo, para que os dados fossem coletados.

O grupo de hemiplégicos avaliados possuíam grau de comprometimento leve e moderado, sendo alguns com pequena presença de padrão, pois já realizam por alguns anos sessões de fisioterapia, hidroterapia e hidroginástica. Todos apresentaram marcha ceifante, uns em grau moderado e outros leve dependendo do grau de comprometimento.

3. Resultados e discussão

3.1.Célula de carga

Foram realizados testes estáticos e dinâmicos com cada célula de carga. Conforme se pode constatar, e de acordo com o previsto pela teoria dos extensômetros metálicos, a resposta é linear e com diminuta histerese. Os resultados obtidos com uma das células de carga são apresentados na Figura 6.

Iberoiscap

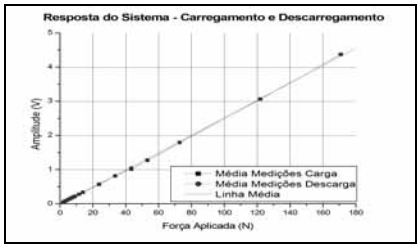


Figura 6. Resposta de uma das células de carga. Carregamento e descarregamento.

O sistema apresentou uma excelente linearidade, com coeficiente de determinação de 0,9997, precisão de 0,84% e resolução de 0,5N.

3.2. Avaliações dos pacientes normais e hemiplégicos

Com os resultados obtidos nos testes foi possível fazer muitas observações, dentre elas serão abordados algumas mais relevantes para este artigo, como a formação de um padrão dentro do grupo e alguns sensores que foram relevantes na distinção entre pessoas normais e hemiplégicas.

A Tabela 1 apresenta a distribuição percentual do peso de pessoas normais na região plantar medida por cada um dos sensores, bem como a distribuição percentual de pesos no ante-pé, médio pé e retro-pé.

Região de retro pé					Região de médio pé									Região de ante pé									
E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23
2,3	4,1	7,5	4,1	6,6	0,5	3,2	0,3	1,4	0,6	0,1	1,4	0,5	0,0	2,3	3,2	2,7	2,3	1,7	0,1	0,3	0,4	0,1	1,6
Total %					Total %									Total %									
24,7					8,1									14,7									
D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23
1,9	4,0	7,7	4,7	6,7	0,8	2,9	0,3	1,5	0,8	0,1	1,9	0,8	0,2	2,6	2,6	6,3	2,0	1,5	0,3	0,4	0,4	0,2	1,4
Total %					Total %									Total %									
24,9					9,3									17,8									
Razão entre cada sensor					Razão entre cada sensor									Razão entre cada sensor									
1,2	1,0	1,0	1,1	1,0	1,7	0,9	1,0	1,1	1,3	0,9	1,3	1,8	4,6	1,1	1,2	2,4	1,2	1,1	2,3	1,4	1,0	1,3	1,1

Tabela 1. Percentual médio de cada sensor e regiões de pacientes normais.

Pode-se observar através dos resultados que, uma grande parte do grupo tende a descarregar peso em uma mesma região.

Ao avaliar a região de ante pé ficou explícito que 80% dos avaliados apresentaram pés convexos, assim como 80% também possuíam dedos em martelo, como relata [1]. A inversão total do arco anterior, trata-se do ante pé redondo ou convexo, a sobrecarga, assinalada pelas calosidades, efetua-se sobre a cabeça dos três metatarsianos médios, ou seja, na tabela e/ou plataforma pode ser observada pela descarga de peso na região formada pelos sensores E15, E16 e E17 no pé esquerdo e D15, D16 e D17, no direito.

Na avaliação do médio pé, verifica-se que 52% é plano na borda lateral e cavo na borda medial dos pés. Logo, isto pode ser verificado pela maior distribuição de peso nos sensoresE/D5,E/D8 eE/D11, parte externa do médio pé e pouco em E/D7, E/D10 e E/D13, parte interna.

Na região de retro pé 80% dos indivíduos apresentaram pronação, ou seja, maior descarga de peso nos sensoresE/D1 eE/D4, parte interna do calcanhar.

Foram avaliadas também um grupo de 15 bailarinos(as), onde todos apresentaram o mesmo tipo de pé, ante pé eqüino em supinação, com presença do arco anterior em convexidade, dedos em martelo, com

ibe-cap

médio pé cavo na borda medial e plano na borda lateral e pronação de calcanhar (tornozelo), concordando com[8] e [9].

3.2.1 Análise na região de ante pé para pessoas normais e hemiplégicas

As Tabelas 2a e b, apresentam distribuição percentual de peso na região de ante-pé, mais especificamente a somatória percentual dos sensores E15, E16 e E17, no pé esquerdo e D15, D16 e D17, no direito, de pessoas normaise hemiplégicas, respectivamente.

Somatória dosensores E15, E16 eE17									
Ind1	Ind2	Ind3	Ind4	Ind5	Ind6	Ind7	Ind8	Ind9	Ind10
8,3	7,6	8,3	7,8	11,5	8,9	6,7	14,4	7,3	12,3
Somatória dosensores D15, D16 e D17									
Ind1	Ind2	Ind3	Ind4	Ind5	Ind6	Ind7	Ind8	Ind9	Ind10
9,1	8,8	9,1	8,6	12,4	10,6	9,2	14,1	10,2	9,8
1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,4	1,0	1,4	1,3

(a)

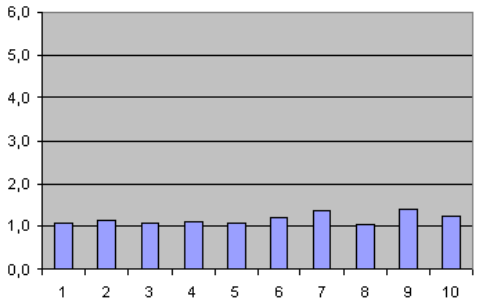
Somatória dosensores E15, E16 eE17									
Hem1	Hem2	Hem3	Hem4	Hem5	Hem6	Hem7	Hem8	Hem9	Hem10
6,9	8,2	7,6	7,9	5,8	10,0	3,5	12,7	8,5	9,5
Somatória dosensores D15, D16 e D17									
Hem1	Hem2	Hem3	Hem4	Hem5	Hem6	Hem7	Hem8	Hem9	Hem10
1,2	13,9	2,5	0,3	16,9	2,5	8,0	1,7	17,9	3,5
5,7	1,7	3,1	24,0	2,9	4,0	2,3	7,5	2,1	2,7

(b)

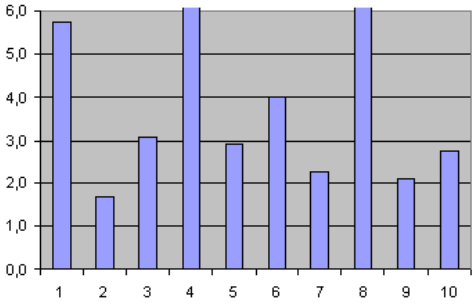
Tabela 2. Distribuição de peso percentual na região de ante pé de pessoas normais e hemiplégicas.

Através das tabelas podem ser observado que ambos têm uma distribuição percentual relevante nesta região, mas a diferença entre o pé acometido do hemiplégico é discrepante e relação ao lado bom, quanto nas pessoas normais não chega a uma vez e meia.

Nos gráficos da figura 7a e b, estão ilustrados em barras o grau de assimetria da região analisadas de normais e hemiplégicos, respectivamente.



(a)



(b)

Figura 7. Gráficos.da barras ilustrando a assimetria entre normais e hemiplégicos, respectivamente.

4. Conclusão

Os estudos de anatomia, fisiologia e a mensuração antropométrica foram significativos para o posicionamento dos sensores, pois propiciaram verificar distinções e semelhanças entre os pés avaliados, possibilitando uma disposição genérica em relação a diferentes tamanhos de pés e deformidades.

As células de carga apresentaram resposta linear, com coeficiente de determinação de 0,9997, precisão inferior a 1%, histerese desprezível e resolução de 1,1N, ou seja, aproximadamente 0,11Kgf. A faixa dinâmica de cada sensor é de 0 a 170 N, sendo o suficiente para medições de força na região plantar de pacientes.

Com a plataforma de forças foi capaz de avaliar pessoas normais e pacientes hemiplégicos, de forma a constatar a tipologia dos pés, inadequações corporais e alterações na postura, validando assim as análises subjetivas anteriormente realizadas.

Foi constatado que grande porcentagem os bailarinos(as) avaliados(as), utilizando a plataforma, apresentam o mesmo tipo de pisada, indo de encontro com [8] e [9].

Na avaliação dos hemiplégicos foram verificados os valores e regiões de descarga de peso, constatando assim dificuldade na forma de pisada, fraqueza muscular e perda da estabilidade postural. Correlacionando tais testes com o protocolo de avaliação da Escala de Berg, foi possível verificar que os mesmos são facilitados a quedas.

Desta forma, pode ser feita uma intervenção mais adequada para cada indivíduo, tanto na forma de exercicios como como a indicação de palmilhas proprioceptivas. Cabe destacar que, ao decorrer dos testes, que algumas palmilhas foram indicadas e confeccionadas, a fim de ajustar as posturas inadequadas.

Pode-se também ser levado em consideração a criação de novos protocolos de avaliação para ser utilizados em pacientes com lesões no sistema nervoso central, com isso melhorar a assistência terapêutica de pacientes com disfunção na pisada e equilíbrio.

5. Referencias

[1]KAPANDJI, I. A. Fisiologia Articular. 2ª Edição. Editora Manole Ltda. São Paulo.(1990).

[2] UMPHRED, Darcy A.. Fisioterapia Neurológica. 2ª edição. Editora Manole Ltda. São Paulo. (1994).

[3] SAHIN L., OZORAN K., UÇAN H. Rehabilitation of Stroke patients. American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. V80, n12. (2001).

[4] CACHO, E. W. A; MELO, F. R; OLIVEIRA,R.. Avaliação da recuperação motora de pacientes hemiplégicos através do protocolo de desempenho físico Fulg-Meyer. Revista de Nerurociências. São Paulo. v12, n2.(2004).

[5] MAEDA, A., NAKAMURA, K., HIGUCHI, S., YUASA, T., MOTOHASHI, Y. (2001). Postural Sway During Cane Use By Patients With Stroke. Am J Physical Medicine Rehabilitation. V80. N12.

[6] FREITAS, R.L.B Plataforma de Força para Aplicação Biomédica. Dissertação de mestrado. UNESP, Ilha Solteira - SP.(2008).

[7] LAPIERRE, R. E. A evolução da humanidade. Editora universal de Brasília. São Paulo-SP.(1981).

[8]SIMAS, J.P.N. Padrão postural das bailarinas clássicas. Revista da Educação Física/UEM, v. 11, n.01. p. 51-57, (2000).

[9]PICON, A.P. Análise antropométrica dos pés de praticantes de ballet clássico que utilizam sapatilhas de ponta. Revista UNIARA, n.20. p. 177-188.(2007).

Iberdiscap

Iberdiscap

Proposta de um protocolo experimental para a avaliação da acessibilidade de produtos

Lima. Ana Carolina[1], Vieira. Maria de Fátima Q. [1,2], Filho. Flávio Torres[1], Yuska P. C. Aguiar[1], Charles Santoni[3]

[1]Universidade Federal da Paraíba – UFCG/ LIHM, Depto de Engenharia Elétrica/ Campina Grande - Paraíba, Brasil

[2]Centre for Excellence in Signal & Image Processing, Dept of Electronic & Electrical Engineering, University of Strathclyde - Scotland, UK

[3]LSIS, Université Paul Cézanne (Aix-Marseille III), Département Génie Industriel et Informatique – Marseille, France

ana.lima.leal@gmail.com, fatima@dee.ufcg.edu.br, flavio.filho@ee.ufcg.edu.br, yuska.aguiar@ee.ufcg.edu.br,charles.santoni@lsis.org

Resumo.

Neste artigo é apresentada a descrição detalhada de um protocolo para a avaliação de recursos de acessibilidade utilizados no o acesso à informação por pessoas com deficiência visual. Este protocolo é uma adaptação do protocolo experimental concebido e adotado no Laboratório de Interfaces Homem-Máquina (LIHM) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) durante a realização de testes de usabilidade de produtos. O artigo discute a relevância de um protocolo experimental para apoiar a avaliação da acessibilidade de produtos desenvolvidos para este contexto. Nele também é apresentado o protocolo e a descrição de sua aplicação no planejamento e execução de um experimento realizado com indivíduos cegos durante a utilização de aplicativos de software voltados para a leitura de textos.

Palavras clave: Avaliação da acessibilidade, protocolo experimental, recursos para leitura de texto

1. Introdução

Segundo descrito no Decreto nº 5.296 do governo brasileiro, datado de 2 de dezembro de 2004, a acessibilidade consiste na oferta de condições para a utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, sistemas e meios de comunicação e informação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida [3].

Segundo a OMS existem cerca de 314 milhões de pessoas portadoras de deficiência visual em todo o mundo, 45 milhões destas são cegos () [1]. No Brasil, de acordo com o levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no censo realizado no ano de 2000, 14,5% da população apresentava algum tipo de deficiência física, mental, motora ou sensorial, com a maior concentração geográfica deste grupo na região Nordeste (16,8%) [2].

Dentre os recursos de acessibilidade disponíveis para os cegos, destacam-se os leitores de tela, teclados Braille e interfaces vocais na interação com computadores. Apesar do papel indiscutível na promoção da acessibilidade, estes dispositivos ainda carecem de uma avaliação rigorosa de modo a expor suas

ibergiscap

limitações durante o uso. Esta avaliação, por sua vez, demanda procedimentos claros e bem documentados que permitam mensurar o real impacto do uso dos dispositivos sobre a comunidade alvo. Um protocolo experimental consiste de um roteiro detalhando de procedimentos, apoiado por documentos o qual deve guiar o avaliador no planejamento e na condução da avaliação [4]. Na bibliografia pesquisada, são escassos os trabalhos que mencionam, de forma explicita, a adoção de um protocolo experimental na avaliação da acessibilidade de produtos.

Os pesquisadores Hansen et al.[4], avaliaram recursos que auxiliam no acesso a Internet, enquanto Sánchez e Hassler em [5] avaliaram recursos de síntese de voz. Contudo, as avaliações citadas são de caráter essencialmente qualitativo (análise da satisfação do usuário) e, estão focadas nas tecnologias de leitores de telas ou de sistemas de síntese de voz; recursos estes aplicados essencialmente no acesso a sítios da internet. Os experimentos mencionados se apóiam em amostras reduzidas, estatisticamente não significativas (abaixo de dez participantes); os mecanismos de coleta de dados não são esclarecidos e a análise dos dados obtidos é discutida apenas superficialmente. No entanto os resultados alcançados, apesar das limitações citadas são utilizados para apoiar as inferências apresentadas pelos respectivos autores.

A partir da pesquisa bibliográfica constatou-se a necessidade de adotar um protocolo experimental na avaliação dos recursos para acessibilidade, de modo a ampliar o alcance dos resultados obtidos. Para tanto foi proposta a adaptação do um protocolo experimental concebido e aplicado nas pesquisas do Laboratório de Interfaces Homem-Máquina da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), de modo a aplicá-lo na avaliação da usabilidade dos recursos de acessibilidade disponíveis para pessoas cegas e de baixa visão. O protocolo original foi concebido para avaliar a usabilidade de produtos [6]. O protocolo aqui proposto apoiará o planejamento e a realização de experimentos visando avaliar um conjunto de recursos de acessibilidade, cujos resultados apoiarão a concepção de uma estação de trabalho para cegos e pessoas com baixa visão.

Este artigo está organizado em cinco seções. Na seção 2 é apresentada uma discussão sobre protocolos experimentais adotados na avaliação de recursos de acessibilidade, com base na literatura. Na seção 3 é apresentado o protocolo proposto. Na seção 4 é descrito um experimento planejado e realizado com base no protocolo proposto. Finalmente, na seção 5 são tecidas as considerações sobre os resultados alcançados e propostas direções para a continuidade deste trabalho.

2. Protocolos experimentais

Na bibliografia pesquisada, são raros os relatos de testes de usabilidade realizados com recursos de acessibilidade para usuários cegos. Na pesquisa de Santos e Borges [7], é citado o uso de um protocolo para avaliar a satisfação de um grupo de cinco invisuais com os seguintes recursos de acessibilidade: leitor de telas e sintetizadores de voz: DOSVOX[8][, e JAWS [9]. As tarefas realizadas consistiram em digitar um texto e ler páginas da Internet. O artigo não descreve o procedimento adotado na coleta e análise dos dados, nem as condições de realização do teste. Mas, destaca que os usuários participantes do teste encontraram mais dificuldade no uso do sistema JAWS do que com o DOSVOX. Dentre os problemas relatados destacam-se: sonoridade degradável da voz e a tradução limitada para o português do JAWS.

Na pesquisa de Souza e Freitas, descrita em [10], também é citado o uso de um protocolo, porém este não é descrito. Neste trabalho foi realizada uma sondagem de satisfação de três pessoas invisuais, após a realização das tarefas, as quais consistiram em acessar um sítio eletrônico de educação à distância. Os recursos avaliados foram o Leitor de telas e o sintetizador de voz (DOSVOX, WEBVOX). O texto destaca as dificuldades enfrentadas pelos usuários decorrentes do baixo nível de acessibilidade dos sítios eletrônicos visitados (à exceção do sítio do DOSVOX) e os problemas de acesso.

Iberidiscap

Hansen et al., [4], descrevem um protocolo para avaliação de um leitor de telas JAWS [9], utilizando as técnicas da observação e da sondagem da satisfação do usuário. As tarefas realizadas objetivaram avaliar a compreensão de leitura, a compreensão auditiva, a estrutura (gramática) da linguagem escrita e matemática. O experimento foi realizado com 15 participantes: (4 cegos, 2 com baixa visão, 3 com dificuldades de aprendizagem, 2 surdos, 2 surdo-cegos e 2 pessoas com visão e audição nos limites da normalidade). Ao analisar o protocolo proposto por Hansen et al. observa-se que apesar de prover uma contribuição importante ele é muito específico, limitado à avaliação do leitor de telas no acesso a internet. Como os demais protocolos, este não abrange necessidades específicas dos participantes dos testes (lentes de aumento, cadeiras de rodas, pessoal de apoio, etc.).

A partir do levantamento bibliográfico realizado nesta pesquisa concluiu-se que nas raras menções à adoção de um protocolo, a descrição é muito sucinta e superficial para esclarecer as condições nas quais os experimentos foram realizados. Destaca-se também que nos trabalhos citados, o protocolo descrito é específico para um tipo de recurso. Finalmente o número de experimentos confere aos resultados um caráter preliminar. Daí a necessidade de propor um protocolo que oriente a realização dos experimentos voltados para a avaliação de recursos de acessibilidade.

3. Protocolo experimental para avaliação de recursos de acessibilidade

O protocolo proposto consiste na adaptação do protocolo experimental concebido e adotado no LIHM (UFCG) e formalizado por Aguiar em [6]. Este protocolo vem sendo adotado na avaliação da usabilidade de produtos de uma variedade de categorias tais como sistemas de informação, sistemas educacionais, sistemas para gestão, dentre outras, tendo se mostrado uma ferramenta útil na avaliação da usabilidade de produtos.

As adaptações realizadas no protocolo visaram acomodar a especificidade da avaliação de usabilidade de recursos concebidos para a substituição sensorial, que promovam a acessibilidade. O processo de avaliação da acessibilidade é centrado na mensuração do desempenho e na satisfação dos usuários Como resultado da adaptação, o protocolo resultante foi utilizado para planejar e executar ensaios para avaliar um conjunto de produtos voltados para os portadores de deficiências visuais. O protocolo resultante contempla o uso dos recursos por pessoas cegas e de baixa visão, de ambos os gêneros, de diferentes faixas etárias e com diferentes níveis de escolaridade, que apresentam cegueira adquirida ou congênita.

3.1 Descrição do protocolo para avaliação da usabilidade

O protocolo formalizado por Aguiar [6] é constituído por seis etapas, organizadas em processos. Os processos são realizados a partir de atividades que tomam como base em um conjunto de entradas e geram um conjunto de saídas as quais constituem os artefatos. As etapas são descritas a seguir.

Na Etapa 1, ocorre o planejamento do ensaio de avaliação o qual tem por objetivo situar a equipe de avaliação em relação ao produto a ser avaliado, seus usuários e o contexto de uso. Esta etapa é composta por dois processos que podem ser realizados paralelamente: Processo 1.1: Conhecimento do produto e de seu contexto de uso e Processo 1.2: Definição do plano do ensaio de avaliação.

Na Etapa 2, ocorre o treinamento do universo amostral e/ou da equipe de avaliação para que o ensaio de avaliação não seja comprometido pela falta de conhecimento dos atores envolvidos no processo. No entanto, sua realização é opcional, condicionada à necessidade de treinar grupos de usuários de teste ou avaliadores. Esta etapa é composta por dois processos, opcionais, que podem ser realizados paralelamente: Processo 2.1: Treinamento da equipe de avaliação e Processo 2.2: Treinamento do universo amostral.

Iberoiscap

Na Etapa 3, ocorre a preparação do ensaio de usabilidade. Esta etapa é subdividida em três processos: Processo 3.1: Elaboração do material da avaliação, Processo 3.2: Realização de teste piloto (validação e ajustes) e Processo 3.3: Recrutamento de usuários de teste.

Na Etapa 4, ocorre a condução do ensaio de usabilidade e a coleta de dados. Esta etapa é composta por dois processos que devem ser realizados em paralelo. Os dois processos são realizados com a participação de cada usuário do universo amostral: Processo 4.1: Condução do ensaio de avaliação e Processo 4.2: Coleta de dados.

Na Etapa 5, ocorre a organização dos dados coletados durante a realização do ensaio a fim de obter informações sobre os problemas de usabilidade identificados no produto os quais dificultam o processo interativo ou favorecem a ocorrência de erros. Esta etapa é composta por quatro processos a serem realizados seqüencialmente: Processo 5.1: Organização dos dados coletados, Processo 5.2 - Cálculo de indicadores estatísticos, 5.3 - Análise dos dados coletados, 5.4 - Apresentação dos resultados.

Finalmente, a Etapa 6 tem por objetivo definir a estrutura e conteúdo do relatório contendo os resultados do ensaio de usabilidade. Esta etapa é composta por dois processos realizados de forma seqüencial: Processo 6.1: Especificação do relato sobre o ensaio, Processo 6.2: Elaboração do relato do ensaiode acordo com o planejamento estabelecido no Processo 6.1.

3.2 Protocolo adaptado para avaliação da acessibilidade

Uma vez que o protocolo experimental original foi concebido de forma modular, sua adaptação para este trabalho consistiu em modificações pontuais nas etapas e processos sem no entanto alterar sua estrutura. Houve alterações: nas etapas 1 e 3, mais especificamente nos processos 1.1 e 1.2 da etapa 1 e no processo 3.1 e, em alguns artefatos da etapa 3. A seguir são descritas as modificações realizadas.

Etapa 1

Nos processos e atividades da Etapa 1, especificamente no processo 1.1, ao inspecionar a conformidade do produto a um padrão de qualidade, deve-se verificar a conformidade do recurso a um padrão apropriado ao contexto. Assim, devem ser observadas as normas técnicas de acessibilidade, a exemplo das recomendações da W3C-WAI e da legislação relacionada à acessibilidade do país. No Brasil a legislação que deve ser obedecida é a lei Nº 5.296 de 2 de Dezembro de 2004, descrita em [3].

No processo 1.2, definição do perfil do usuário, considera-se tratar de pessoas portadoras de deficiência visual (cegos, baixa visão e surdo-cegos), no qual se devem considerar as especificidades inerentes a limitação dessas pessoas adequando ferramentas para coleta de dados e caracterização do ambiente de teste.

E na definição de estratégias para recrutamento dos participantes dos testes, em função das características desta população, o questionário a ser preenchido pelos usuários por ocasião do recrutamento deve ser adaptado, podendo ser impresso com ajuste no tipo e na fonte, para acomodar os usuários de baixa visão e, impresso em Braille para os usuários cegos. Por outro lado, no caso dos surdo-cegos é necessário utilizar linguagens especificas de comunicação na realização de entrevista, a exemplo do método Tadoma[11] , introduzindo a figura de um facilitador no processo, para propiciar a comunicação.

Etapa 3

Os processos e atividades da Etapa 3, foram os que mais sofreram modificações para acomodar o novo contexto de avaliação, isto é, a acessibilidade, em particular o processo 3.1 de modo a :

[1111] Tadoma- se refere ao método de percepção da fala através da vibração das cordas vocais.

Ibersiscap

- definir a abordagem de comunicação a ser adotada entre os avaliadores e os usuários de teste, de modo a considerar as questões assistenciais e de acessibilidade para os usuários. Por exemplo, no caso dos usuários surdo-cegos, as informações devem ser repassadas por meio de um interprete, utilizando o método Tadoma.
- Adequar o material utilizado no experimento às necessidades do usuário participante e replicar no ambiente do experimento as condições encontradas no seu dia-a-dia. No caso especifico do grupo participante do experimento aqui relatado, para os indivíduos com baixa visão, aumentar o tamanho do texto e imagens impressos, oferecer recursos tais como óculos especiais para leitura de TV em circuito fechado, telescópios e lupas fixas ou de mão.
- O conteúdo dos artefatos desta etapa foi modificado para se adequar ao contexto. O questionário pré-teste que levanta o perfil do usuário, passou a incorporar questões relativas ao tipo de limitação (cego, baixa visão, surdo-cego), à origem da limitação (congênita ou adquirida), no último caso há quanto tempo porta a limitação, o nível de conhecimento de Braille (desconhece, aprendiz, regular, bom). A documentação de aceite das condições de realização do teste, na qual é descrito o procedimento de teste, passa a ser disponível em Braille e o termo de participação pode ser firmado com a assinatura de um responsável legal ou por um declaração gravada em áudio. Finalmente, no *checklist* de recursos necessários ao teste foram acrescentados os recursos assistenciais necessários à categoria dos usuários participantes dos testes.

Foram também inseridas no protocolo recomendações para adaptar o ambiente de teste aos padrões de acessibilidade e urbanismo estabelecidos pelas normas técnicas de acessibilidade e pela legislação em vigor, de modo a criar uma estrutura de locomoção, simbologia de acesso que facilitem o acesso e permanência no ambiente de resguardando sua segurança física dos participantes. Nesse contexto é importante considerar o isolamento ao ruído e o nível de iluminação do ambiente de teste, dado que alguns indivíduos cegos são extremamente sensíveis à luz podendo manifestar desconforto diante de iluminação direta ou mais brilhante. Sempre focar a iluminação artificial sobre o objeto de estudo e se possível aproveitar a luz natural no ambiente de teste [11].

No caso especifico destes testes as tarefas podem demandar o uso de recursos assistenciais específicos tais como: assinador12, regletes13, cadeiras de rodas, bengalas e a construção de guias formando corredores para deslocamento, ou disponibilizar pessoas para conduzi-los para o ambiente de teste, assegurando sua integridade física livre de acidentes. Também é importante identificar fatores limitantes inerentes à deficiência sensorial, de modo a considerá-los na definição da duração de uma tarefa.

No caso de portadores de deficiência visual deve-se considerar que a precisão e a velocidade de realização de uma atividade diminuem com o grau de intensidade da perda de visão. As exigências físicas de atenção visual prolongada podem provocar fadiga ocular e reduzir a velocidade, a precisão e a atenção da pessoa portadora de deficiência visual. O deficiente visual (baixa visão) precisa de mais tempo para as atividades visuais para evitar fadiga ocular [11].

[12]Assinador é um dispositivo utilizado pelos cegos, para delimitar a área na qual assina seu nome ou realiza outras atividades em que se torne necessária a escrita à tinta. Ele é composto por uma placa de alumínio com uma superfície aderente ao papel, com uma abertura, para que o cegol possa escrever no espaço delimitado sobre uma "linha" de referência.

13 Reglete é o dispositivo utilizado para a escrita no sistema Braille, de baixo custo, e portátil. Permite grafaros caracteres da escrita Braille, em alto relevo, na superfície de uma folha de papel.

4. Aplicação do protocolo e realização de teste piloto

O protocolo adaptado à avaliação da acessibilidade foi aplicado na avaliação de três recursos: um teclado Braille, sistemas de síntese de voz e lentes de aumento (para pessoas de baixa visão).

Descrição dos recursos testados

O teclado Braille é um dispositivo de entrada de dados para o computador que oferece uma codificação individual das em Braille sobre as teclas, além da exibição da identificação das teclas em fontes maiores para usuários de baixa visão.

Os sintetizadores voz testados foram DOSVOX(ref) e JAWS (9). O sistema DOSVOX é um sistema operacional para microcomputadores da linha PC (Computador Pessoal), em desenvolvimento desde 1993 pelo Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O software é gratuito e uma de suas características é sintetizar vocalmente textos genéricos na língua portuguesa. Os recursos do DOSVOX utilizados nesta avaliação foram o editor de texto (DOSVOX), o leitor de telas (MONITVOX), e aplicativos de áudio para acesso à Internet tais como: correio eletrônico (WEBVOX) e bate-papo (PAPOVOX) [8].

O programa JAWS foi desenvolvido pela empresa norte-americana Henter-Joyce, pertencente ao grupo Freedom Scientific. O recurso do JAWS testado foi o leitor de tela, que possibilita a leitura por caractere, palavra, linha, parágrafo ou o texto contínuo. Possibilita também a leitura de textos em qualquer área de texto *editável,* fornecendo indicação da fonte, tipo, estilo e tamanho da letra que está sendo lida. Este aplicativo permite trabalhar com Correio Eletrônico e navegar na Internet, semelhantemente a um processador de texto [9].

Planejamento do experimento

O experimento foi planejado para avaliar os recursos citados, com a participação de usuários cegos e de baixa visão, com cegueira congênita ou adquirida, nas faixas etárias: adulto, adolescente e infantil, de ambos os gêneros e com diferentes níveis de formação. Foram planejados experimentos com a participação de cinqüenta usuários distribuídos nas categorias citadas.

Foram planejados três tipos de atividade (tarefa): aprendizado, lúdica e de inclusão social, adaptadas para cada faixa etária. Todos os usuários realizarão todos os tipos de tarefa, de modo a permitir a comparação do desempenho e satisfação nos vários grupos e da eficácia do recurso de acessibilidade. Os experimentos foram planejados com a duração de cinqüenta minutos, excluído o tempo de aplicação dos questionários (perfil do usuário e opinião do usuário). Os textos escolhidos para a tarefa de aprendizado; os sites visitados na realização da atividade de inclusão social e as atividades lúdicas foram todos selecionados de acordo com a faixa etária e, em alguns casos foi deixada a opção de escolha do conteúdo ao usuário participante do teste.

A seguir são detalhados: o planejamento, a realização do teste pelos usuários adultos e a análise dos dados apoiados pelo protocolo.

Recepção do usuário

O experimento inicia com esta etapa que precede as demais e consiste das subetapas: apresentação do experimento e do ambiente do laboratório ao usuário, preenchimento de uma ficha de cadastro, assinatura de um termo de aceitação das condições de teste e do preenchimento de um questionário para levantamento do Perfil do usuário. Ao apresentar as condições do teste o usuário é questionado sobre sua concordância com a gravação de sua imagem em vídeo. O questionário pré-teste, coleta de dados relacionados com o perfil do usuário de teste (gênero, faixa etária, tipo de limitação, a origem da limitação, o grau de escolaridade, o nível de conhecimento no uso de computadores, o nível de conhecimento Braille, o nível de conhecimento dos sistemas de síntese de voz, etc.). Ao finalizar esta etapa, o usuário recebe um

Ibeeduscap

dos artefatos resultantes do planejamento denominado *roteiro de tarefas,* contendo a descrição de cada tarefa a ser realizada. Este artefato encontra-se impresso em Braille ouconsiste de um arquivo no formato ".doc", o qual deve ser acessado por meio de um sintetizador de voz. A seguir são descritas as tarefas que devem ser realizadas durante o experimento planejado com o apoio do protocolo.

Tarefa 1: Tarefa de aprendizagem

Nesta tarefa o usuário é solicitado a ler e interpretar um texto. São disponibilizados três textos para que o usuário escolha o texto que será trabalhado. Os temas sugeridos são: *copa do mundo 2010* e os recursos de acessibilidade que a FIFA disponibilizou nos estádios para os deficientes visuais. As festas juninas no nordeste do Brasil. C*oncurso público* e a legislação que assegura os direitos ao portador de necessidades especiais em concursos públicos. Ao fim da leitura do texto, é solicitado ao usuário que responda três perguntas relacionadas ao texto, o qual deve ter sido lido com o auxílio do sintetizador de voz.

Tarefa 2: Tarefa lúdica

Nessa tarefa foi solicitado que o usuário acessasse o site de um jornal local (Jornal da Paraíba), selecionasse e lesse uma coluna, e em seguida escrevesse um breve comentário sobre o assunto que mais lhe interessou na leitura.

Tarefa 3: Tarefa de inclusão social

Nessa tarefa é solicitado que o usuário acesse o sítio de um banco (Caixa Econômica Federal) e utilize uma ferramenta disponibilizada pelo Banco para simular a solicitação de um empréstimo para a compra da casa própria (programa "minha casa, minha vida").

Sondagem da satisfação do usuário

Por fim, deve ser aplicado um questionário (pós-teste) para avaliar o índice de satisfação do usuário com os recursos de acessibilidade testados, coletando sua opinião sobre a facilidade de uso dos recursos testados.

Na avaliação do desempenho do usuário devem ser utilizados os critérios: tarefa concluída com sucesso, tarefa concluída com falha, tarefa abandonada e tarefa interrompida.

Realização do Teste Piloto

O teste piloto tem o propósito de validar a documentação elaborada para a realização do teste, e avaliar as decisões tomadas durante o planejamento do experimento. Seus resultados, embora preliminares por se tratar de uma amostra unitária (um usuário), podem demandar a revisão do planejamento ou, caso não haja mudança sugerida serão incorporados à amostra definitiva, durante a análise dos dados coletados.

Perfil do usuário

O teste piloto foi realizado com um usuário cego, com cegueira adquirida; do gênero feminino; faixa etária adulta; grau de escolaridade superior completo; nível de conhecimento no uso do computador: médio; freqüência de uso do computador: diária; local de uso: tanto no ambiente doméstico quanto de trabalho; nível de conhecimento de Braille: médio; e nível de conhecimento das ferramentas DOSVOX e JAWS: médio.

Descrição do Teste

O teste piloto consistiu na realização das tarefas planejadas utilizando os recursos sob avaliação (teclado Braille, comunicação por voz, entre outros) associados ao computador. O experimento teve a duração de aproximadamente uma hora e foi realizado no Laboratório de Interface Homem-Máquina (LIHM) da UFCG. O experimento foi gravado em vídeo (com a concordância do usuário) e os dados coletados foram analisados pela equipe de três avaliadores. Ao final do experimento foi realizada uma entrevista guiada

Iberdiscap

pelo questionário, para colher a opinião do usuário sobre a adequação, conforto e facilidade de uso dos recursos testados.

Resultados da mensuração do desempenho do usuário

Com base nos dados coletados durante a realização do teste piloto e nos seguintes indicadores quantitativos para análise dos resultados: a) tempo gasto na execução das tarefas; b) número de tarefas concluídas com sucesso; c) número de solicitações de ajuda aos avaliadores; foram feitas constatações sobre o desempenho do usuário.

Durante a observação da realização da tarefa foram identificadas falhas de usabilidade nos recursos avaliados, as quais foram classificadas segundo a gravidade em: grave, média ou superficial. Falhas graves interferem na interação, impedindo o uso do produto. Falhas médias causam o desconforto e a insatisfação do usuário, mas não impedem o uso do produto. Falhas superficiais são toleradas pelos usuários, mas podem impactar na sua impressão sobre a usabilidade do produto.

No quadro 1 é ilustrada a duração (minutos) das tarefas 1, 2 e 3 no teste piloto.

Tarefa / Tempo	Estimado	Utilizado
TAREFA 01	20	27
TAREFA 02	10	16
TAREFA 03	20	32
TOTAL	50	75

Legenda:

- Tempo estimado para realizar a Tarefa
- Tarefa não concluída
- Tarefa concluída fora do tempo estimado

Quadro 1 – Duração das Tarefas no Teste Piloto

Tarefa 01:

Na tarefa 1, o usuário ultrapassou o tempo estimado para realização da tarefa (7 minutos) dadas as dificuldades iniciais de adaptação ao teclado Braille e à dificuldade da ferramenta de leitura interpretar uma tabela no texto do documento "roteiro de tarefas". A tabela associava três textos aos respectivos caminhos no diretório e deveria ser usada para a escolha do texto e localização do documento correspondente. Ao utilizar a ferramenta para leitura deste texto, o sistema não descreve a existência de uma tabela no texto, impedindo a navegação correta na tabela. Uma vez superada esta dificuldade, com a ajuda dos avaliadores, o usuário realizou a leitura do texto selecionado e respondeu de forma correta a todas as questões colocadas.

A falha citada na acessibilidade do recurso de leitura foi classificada como grave, pois o usuário não teria concluído a tarefa (localizar o caminho do diretório para leitura do texto escolhido) sem a ajuda dos avaliadores. Nesta tarefa ficou evidente a dificuldade do usuário memorizar longos trechos de texto, quando são disponibilizados apenas através da leitura, sem um registro físico no papel, forçando-o a realizar a leitura repetidas vezes. O texto selecionado pelo usuário contém 279 palavras.

Tarefa 02:

Na tarefa 2, o usuário ultrapassou o tempo estimado (6 minutos) para realizar a tarefa; parcialmente devido às dificuldades na compreensão do roteiro de tarefas, que demandou solicitar a ajuda dos avaliadores.

Mercuscap

Inicialmente o usuário não memorizou a informação sobre qual caderno no jornal deveria ser acessado. A segunda dúvida decorreu de uma falha na documentação do teste (roteiro de tarefas) que não especificou onde o usuário deveria registrar o seu comentário sobre o artigo lido. A duração das duas interrupções foi de 3 minutos. A tarefa foi concluída com sucesso.

Mais uma vez ficou evidente a dificuldade do usuário memorizar o texto cuja leitura pode ser feita apenas através das ferramentas de síntese de voz. Esta forma de leitura implica no usuário ter que retornar ao texto repetidas vezes, mas sem o controle do usuário sobre qual trecho do texto deve ser lido, forçando-o a refazer a leitura integral do texto. Esta falta de controle sobre o trecho do texto dificulta a leitura e atrasa a localização de um parágrafo especifico no texto.

Tarefa 03:

Apesar de ter realizado duas tentativas, e da ajuda dos avaliadores, o usuário não concluiu a tarefa 3, onerando o tempo estimado em 12 minutos. A tarefa de simulação do financiamento para compra da casa, consistiu no preenchimento de um formulário disponibilizado pelo simulador, com os dados sugeridos no roteiro de tarefa. O usuário conseguiu abrir a página da internet, acessar o sítio do banco (Caixa Econômica Federal), ler as informações sobre o programa "minha casa, minha vida" e acessar o simulador da caixa. Porém não finalizou a simulação, pois, nem todos os itens do formulário do simulador são acessíveis de forma audível pelo leitor de telas (JAWS). Esta dificuldade acarretou no preenchimento incorreto do formulário, e na impossibilidade de realizar a simulação do financiamento. Durante a realização desta tarefa o usuário retornou seis vezes à leitura do roteiro de tarefas, julgando não ter compreendido corretamente as instruções do roteiro da tarefa.

A falta de acessibilidade no sítio do banco, associada à impossibilidade de leitura do formulário pela ferramenta, caracterizam uma falha grave, uma vez que impossibilitaram a conclusão da tarefa. Observar que a usabilidade da ferramenta de leitura foi comprometida por não oferecer recursos para marcação de trechos do texto para leitura seletiva posterior, e por não ser capaz de ler certos campos de um formulário.

Resultado da Sondagem da satisfação dos usuários

O questionário concebido para avaliar a satisfação do usuário com os recursos é composto de 11 itens, e foi aplicado logo após o término da execução das tarefas. As respostas foram agrupadas em temas os quais são discutidos a seguir.

Teclado Braille - Quanto à facilidade de uso, o usuário classificou o teclado Braille como fácil de usar e comparou-o positivamente com o teclado convencional, principalmente na localização de números, caracteres e teclas especiais. O usuário recomendou o uso do teclado Braille na composição de uma estação de trabalho para cegos.

Ferramentas para síntese de voz - Quanto à facilidade de uso dos sistemas de síntese de voz, a comparação se deu em diferentes quesitos, os quais são detalhados a seguir. No quesito qualidade da leitura dos textos, incluindo pontuação e entonação na leitura o DOSVOX foi considerado aceitável e o JAWS foi considerado bom. Quanto à facilidade de instalação e iniciação o DOSVOX foi considerado mais fácil de instalar comparado ao JAWS cujo nível de dificuldade foi classificado como médio. Quanto ao tempo gasto na instalação e inicialização dos sistemas de síntese de voz, o DOSVOX foi considerado mais rápido do que o JAWS. Quanto à qualidade da voz dos sintetizadores, foi considerado que a voz nativa do DOSVOX é metálica e desagradável, mas se for substituída por uma voz adquirida no mercado, sua qualidade é comparável à do JAWS. O usuário também opinou sobre a ferramenta Monitvox do DOSVOX que precisa melhorar a entonação da voz para ser comparável ao JAWS. Quanto à facilidade de aprendizado da interação e navegação na interface, o usuário classificou o DOSVOX como mais fácil de aprender do que o JAWS. Finalmente quanto à qualidade dos sistemas de ajuda das ferramentas de síntese, ambas foram classificadas como boas. A opinião global sobre as ferramentas de síntese, o usuário

Uberdiscap

recomenda o uso do JAWS para o ambiente de trabalho, apesar de sua limitação na leitura de texto (a exemplo do que ocorreu na tarefa 3). Por outro lado, recomenda o uso do DOSVOX apenas no ambiente doméstico uma vez que seus recursos necessitam aprimoramento para serem úteis no ambiente de trabalho. O usuário recomendou o uso do DOSVOX, especialmente para crianças, em função da facilidade de aprendizado. Porém, o usuário recomendou o uso do JAWS para os adultos, dado que possui aplicativos mais completos.

5. Conclusão

Dada a modularidade e abrangência do protocolo experimental adotado no LIHM, foram poucas as alterações necessárias para adequá-lo ao contexto de avaliação da usabilidade de recursos de acessibilidade. Os ajustes se ativeram ao nível das etapas, processos e atividades, a fim de incluir aspectos específicos relacionados à acessibilidade. As etapas modificadas foram o planejamento e a elaboração do experimento, de modo a adequar o ambiente de realização dos testes às necessidades específicas deste grupo de usuários, assegurando-lhes conforto e segurança. Não foram necessárias alterações na estrutura do protocolo.

A validação das alterações realizadas no protocolo original consistiu na realização do teste piloto descrito neste artigo, e se considerados como critérios de validação, a adequação dos artefatos gerados e os procedimentos adotados na realização do teste e na análise de seus resultados, conclui-se que o protocolo se mostrou adequado aos seus propósitos, isto é, apoiar a equipe de avaliação ao longo do processo, conduzir o usuário e a equipe adequadamente ao longo da avaliação, e gerar resultados úteis ao diagnóstico pretendido.

Dentre os achados resultantes desta avaliação preliminar destacam-se: a aceitação do teclado Braille, a dificuldade na leitura de textos sem um documento impresso para apoiar a leitura de trechos específicos de um documento. A necessidade de um mecanismo que permita a marcação de textos para facilitar a leitura do usuário e liberá-lo da memorização de longos trechos ou do tempo gasto na releitura do texto completo. O problema de acessibilidade de sítios governamentais para assegurar a inclusão social, ao disponibilizar informações em formato que não pode ser lido por ferramentas de acessibilidade (sintetizadores de voz). As próximas etapas deste trabalho consistirão na conclusão dos testes com o universo amostral proposto e a aplicação do protocolo na avaliação de outros recursos de acessibilidade.

Referências

[1] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Acessado em 22/03/2010. Disponível em www.who.int/mediacentre/news/releases.

[2] Censo demográfico 2000, deficiência. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Acessado em 22/03/2010. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27062003censo.shtm. 2003.

[3] DECRETO Nº 5.296 DE 2 DE DEZEMBRO DE 2004. Presidência da República, Casa Civil. 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil/_ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.html. Acessado em 23/03/2010.

[4] HANSEN, E.G., et al., Accessibility of tests for individuals with disabilities within a validity framework. Elsevier, 2005. 33 1: p. 07–133.

[5] SÁNCHEZ, J. and T. HASSLER, AudioMUD: A Multi-User Virtual Environment for Blind People. IEEE, 2006. 44 2: p:103-105.

ibertisap

[6] AGUIAR, Y.P.C. and M.F.Q. VIEIRA. Proposal of a Protocol to Support Product Usability Evaluation. in International Association of Science and Technology for Development (IASTED). 2009. US Virgin Islands.

[7] SANTOS, D.R.d. and S.R. BORGES (2007) Tecnologias de Informação voltadas para pessoas com deficiência visual. Revista Fafibe (Faculdades Integradas Fafibe, Bebedouro, SP) Volume 2.

[8] PROJETO DOSVOX. Disponível em: http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/. Acessado em 24/03/2010.

[9] Freedom Scientific. "JAWS for Windows. 2010. Disponível em:http://www.freedomscientific.com/products/fs/jaws-product-page.asp. Acessado em 24/03/2010.

[10] SOUZA, E.R.d. and S.F.d. FREITAS. Avaliação cooperativa de sítios eletrônicos com pessoas invisuals. in 4º Congresso Internacional de Pesquisa em Design. 2007. Rio de Janeiro, RJ.

[11] BRENNAN, V., F. PECK, and D. LOLLI, Suggestions for Modifying the Home and School Environment. 1996: PerkinsSchool for the Blind.

Iberdiscap

Iberdiscap

Accesibilidad en los sitios Web CEI

Jordi Roig[1], Juan Manuel Fernández[1],Vicenç Soler[1,2]

[1]Dept. Microelectrónica i Sistemas Electrónicos. Universidad Autónoma de Barcelona: Campus Universitario Edificio Q, Cerdanyola del Vallés, España, +34 93 581 3554, +34 93581, jordi.roig@uab.es, juanmanuel.fernandez@uab.es

[2]Ciber-BBN: Bioengineering, Biomaterials and: Universidad Autónoma de Barcelona: Campus Universitario Edificio Q, Cerdanyola del Vallés, España, +34 93 581 3555, +34 93581 , vicenc.soler@uab.es

Resumen.

Los "Campus de Excelencia Internacional" del Ministerio de Educación del Gobierno de España, reconoce a aquellos programas universitarios de máximo nivel. Estos proyectos tienen un alto componente social, por ello se ha realizado un análisis sobre la accesibilidad de los sitios Web promocionales de los mismos. Con este estudio se busca determinar si las organizaciones implicadas en estos proyectos están realmente concienciadas con su labor social, desde la promoción del proyecto hasta su ejecución. Para ello se han analizado los diferentes sitios Web revisando no solo las normas de accesibilidad si no también la adecuación a las gramáticas de los lenguajes utilizados.

Palabras clave: e-integración, Accesibilidad Web, Estándares Web, Universidades Españolas.

1. Introducción

El programa de "Campus de Excelencia Internacional" [1] del Ministerio de Educación del Gobierno de España, reconoce a aquellos programas universitarios de máximo nivel. Los programas reconocidos son aquellos que ofrecen una mejora educativa, científica e internacionalización de la Universidad. Estos elementos no están exentos de un fuerte componente social ya que estas acciones deben repercutir en una mejoría en la transferencia tecnológica y en el desarrollo de políticas y actuaciones en su modelo social que permita la mejor integración de la Universidad en su entorno territorial. En este componente social e integrador incluye el acceso de todo tipo de colectivos a los beneficios universitarios, tanto directa como indirectamente.

Como muestra del compromiso de los proyectos presentados con esta labor de integración social, los sitios Web promocionales deberían ser un claro ejemplo de ello y deberían ser accesibles a todos los colectivos. Por ello se han analizado estos sitios Web de las Universidades finalistas para comprobar su adecuación a la normativa de accesibilidad "World Content Accessibility Guidelines" (WCAG) [2] y a las gramáticas formales definidas por el World Wide Web Consortium (W3C) [3] para los lenguajes utilizados en la creación de los sitios Web.

2. Conjunto de estudio

El programa "Campus de Excelencia Internacional" busca mejorar el nivel académico e investigador de las universidades españolas. Dicho programa escoge los mejores proyectos centrándose en unos criterios basados en mejoras de internacionalización de los centros, la transparencia tecnológica y la calidad

Iberdiscap

docente. Así, selecciona a los mejores proyectos de futuro ofreciendo nuevos fondos para el desarrollo del mismo a las universidades responsables del proyecto.

Los finalistas del proceso fueron 20 proyectos de los 51 originalmente presentados [4]. De estos finalistas sólo nueve han obtenido el reconocimiento de "Campus de Excelencia Internacional", cuatro han obtenido el de reconocimiento de "Campus de Excelencia Internacional de Ámbito Regional" y los proyectos restantes han sido reconocidos como "Campus de Excelencia Prometedor".

En nuestro caso nos centraremos en los dos primeros grupos analizando los diferentes sitios promocionales, seleccionando para ello cuatro páginas de diferentes secciones básicas. Esta selección es aleatoria manteniéndose solo las páginas de inicio como denominador común en todas ellas. Analizando en total un grupo de 33 de paginas. Aunque parezca poca variación, en ellas se encuentran representados desarrollos tanto con HTML como XHTML en sus diferentes versiones.

3. Descripción del estudio

El estudio que se presenta es el primer paso para uno más ambicioso sobre la accesibilidad en los sitios Web de las universidades españolas. Por ello este estudio se centra en el análisis de los datos que se pueden obtener por medio de herramientas automáticas.

Para analizar el nivel de accesibilidad de las diferentes páginas se ha utilizado la herramienta "Test de Accesibilidad Web" (TAW) [5] del Centro Tecnológico de la Información y la Comunicación. Este analizador nos permite validar las diferentes pautas de las WCAG 1.0 y 2.0, aunque en nuestro caso nos centraremos en la primera versión. El resultado se puede obtener dividido por prioridades y por el método que se debe seguir para realizar la validación. Esto significa que nos ofrece la posibilidad de saber qué puntos son problemáticos y debemos analizarlos con posterioridad, manualmente.

Uno de los puntos a analizar para cumplir la normativa es la adecuación del código de los documentos implicados, a los diferentes estándares Web. Para ello se han utilizado los sistemas de validación del W3C para (X)HTML y CSS.

El validador desarrollado por el W3C para HTML [6] puede analizar diferentes tipos de lenguajes de marcado, no solo HTML y XHTML. En nuestro caso es la mejor herramienta para valorar el nivel de corrección de los documentos obteniendo un análisis muy exhaustivo de los mismos.

La herramienta de validación de CSS [7] ha sido desarrollada también por el W3C y ofrece un informe detallado sobre los documentos CSS vinculados a la página Web objetivo. Este informe contiene errores, alertas y sus respectivos códigos permitiendo el análisis individualizado para diferentes perfiles y medios.

4. Proceso de análisis

En esta sección analizaremos los resultados ofrecidos por los diferentes tests sobre el conjunto de datos. Primero analizaremos la situación a nivel general, para posteriormente, determinar qué errores son los más frecuentes.

4.1. Accesibilidad

Una vez realizado el análisis automático de las 33 páginas que componen nuestro conjunto de datos, podemos extraer algunas conclusiones sobre el nivel medio de accesibilidad. Hemos de recordar que las pautas se agrupan en tres prioridades según la importancia de las barreras que suponen para acceder a la información. Conforme se cumplen estas normas se reconocen tres niveles de accesibilidad A, AA y AAA. Por ejemplo, para que una página se considere accesible debe obtener, como mínimo, el nivel AA que

Iberoiscap

incluye obtener el nivel A, pero, como podemos ver en la figura 1, el 66.67% de las páginas superan el primer nivel i un 54.55% superan el nivel AA.

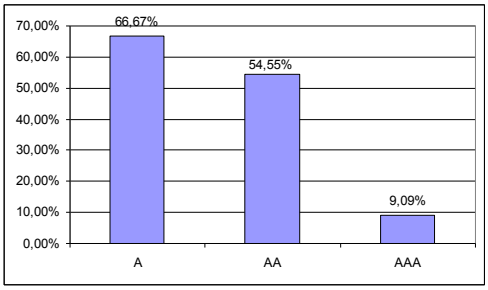


Figura 1. Porcentaje de Paginas por Prioridad.

Si nos centramos en el número de errores, los resultados del test nos indican una media de 8.09 errores por página. Analizando con un poco más de detalle, podemos ver que se concentran la mayoría de estos errores en las pautas relativas al nivel AA para la que encontramos 4,24 errores por página (figura 2). Esta acumulación en esta pauta se debe a que en ella se encuentran errores como el uso de unidades absolutas en la maquetación, el uso incorrecto de tags HTML, etc. Estos errores comunes los analizaremos en el siguiente punto.

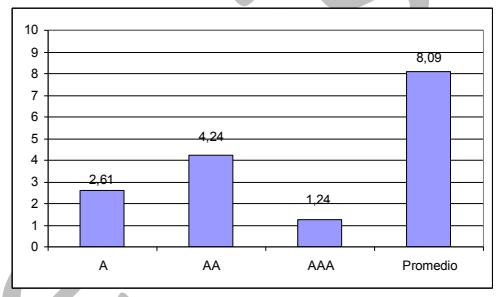


Figura2. Numero de errores por página.

4.2. Errores frecuentes

Como ya se ha indicado se deben analizar con detenimiento los errores para poder extraer conclusiones reales sobre la situación de este conjunto de datos. Para ello se han analizado cuales son los errores más comunes por prioridad.

4.2.1 Prioridad 1

Bajo esta prioridad encontramos todas aquellas pautas que se tienen que cumplir para que todos los colectivos tengan acceso a la información mostrada en el documento Web. Como ya hemos comentado, para poder obtener una calificación de nivel AA se deben satisfacer las pautas de prioridad 1.

En total estos son 153 y corresponden al 27.97% del total de errores que se han detectado de manera automática. En la figura 3 podemos ver la distribución de estos errores de prioridad 1 por Puntos de Verificación.

ibersiap

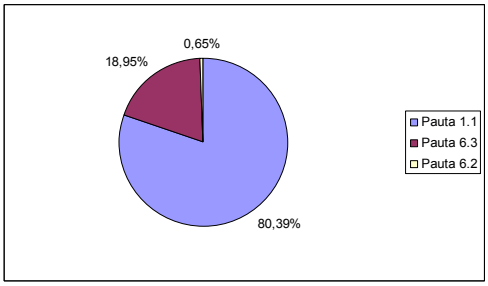


Figura3.Distribución de errores por pauta para la prioridad 1.

El punto de verificación que más errores acumula, como se puede ver en la figura 3, con el 80.39% es el punto de verificación 1.1. Este error, analizando las diferentes páginas, tiene claramente dos orígenes principales. Uno de ellos es el uso de imágenes decorativas como los logotipos o imágenes de relleno. El otro caso está más relacionado con la creación de contenido más que con el desarrollo de la página.

Al crear contenido y asociar imágenes a las diferentes páginas, ya sea mediante un gestor de contenidos (CMS) o manualmente, se debe indicar su texto alternativo. La razón es clara, solamente el generador del contenido conoce el significado del mismo y por lo tanto es su obligación indicarlo. Podemos ver, que no solamente es importante el desarrollo técnico del documento si no también la formación de aquellos que ofrecerán la información.

Por otro lado, podemos ver que elpunto de verificación 6.3 representa el 18.95% de los errores de esta prioridad. Todos estos errores están concentrados en una sola página cargada de efectos creados mediante JavaScript. Este caso es un claro ejemplo del mal uso de JavaScript para ofrecer efectos visuales, sonoros o de navegación, ya que impiden la correcta navegación por el contenido. Entre estos efectos podemos encontrar desde menús desplegables hasta la recarga de parte de la página mediante AJAX.

Por ultimo, el punto de verificación 6.2 representa el 0.65% restante. Esta pauta, aunque muy relacionada con la anterior, en este caso hace referencia al uso de *iframes* para mostrar partes dinámicas pero, como se puede ver por la incidencia que tiene, su uso es muy residual.

4.2.2 Prioridad 2

Las pautas que se engloban bajo esta prioridad permiten eliminar dificultades a determinados colectivos para acceder a la información contenida en el documento Web. Este se considera, de facto, el nivel básico de accesibilidad y es la base legal en muchos países, como el caso concreto de España con la norma UNE 139803 [8].

En este caso los errores que se han localizado mediante el test automático representan el 60.69% del total, siendo ésta la media anteriormente comentada de 4.24 errores por página. La cantidad de errores localizados en este punto es preocupante, ya que representan más de la mitad de los errores encontrados e impide un mayor ratio de páginas consideradas accesibles.

iberdisca

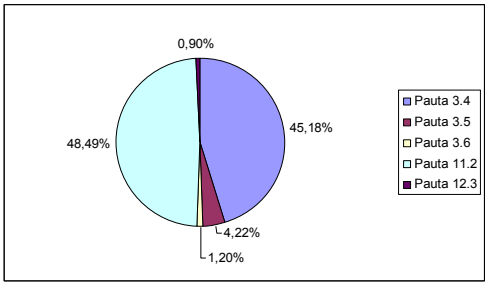


Figura4.Distribución de errores por pauta para la prioridad 2

Como podemos ver en la imagen superior (figura 4), para la prioridad 2, el número de pautas que se incumplen también es mayor. En total se incumplen 5 pautas, pero destacan sobretodo dos que se reparten el 93.67% de los errores. Estas son las pautas 3.4 y 11.2, relacionadas con la maquetación y los estándares, algo que nos indica que la prioridad de los sitios Web analizados prima la visualización a la accesibilidad de los contenidos. Objetivo, que, como ya hemos comentado, no debería ser el principal ya que tanto la Universidad como el programa de Campus de Excelencia tienen una gran carga social que se debe respetar.

Analizando más en profundidad, podemos comentar el uso incorrecto de elementos de (X)HTML para ofrecer maquetación, razón por la que se disparan los errores del punto de verificación 11.2. La mayoría de estos errores están relacionados con las medidas de los diferentes elementos que componen el documento, así como de otros aspectos decorativos como bordes y alineaciones. Más adelante analizaremos el uso correcto de los lenguajes utilizados para saber si cumple de manera más específica la pauta 11.

Los errores del punto de verificación 3.4 están muy relacionados con la anterior pauta, ya que estos errores se producen en las unidades incrustadas en los atributos mencionados en la pauta anterior. Es un error común el uso de medidas absolutas para marca los diferentes elementos del documento, y en este caso solamente se analizan las unidades que se encuentran dentro de los atributos de cada elemento. Durante la segunda fase del proyecto se analizarán los CSS de manera manual para detectar el uso de estas medidas.

Con un 4.22% de errores encontramos el punto de verificación 3.5. Este error se localiza si existe una página sin encabezado alguno o incorrecto, como encontrar un encabezado de segundo nivel sin el correspondiente encabezado de primer nivel. En concreto, este error se produce en el 32.56% de las páginas, es decir más de la cuarta parte de las páginas visitadas no contiene información de encabezados o son incorrectos, con lo que ello conlleva para la correcta estructuración del contenido de las mismas.

Relacionada con la pauta 3.5 también encontramos el punto de verificación 12.3 que en el conjunto de estudio representa un 0.90% de errores, pero que indica que existen páginas donde además de no tener encabezados, tampoco se utiliza de manera correcta la marcación de párrafos. El porcentaje de páginas que sufren este error es del 6.97%, un porcentaje bajo pero preocupante ya que el uso de elementos de marcado de párrafos es algo básico para poder comprender cualquier texto bien estructurado.

Por ultimo, el punto de verificación 3.6 representa el 1.20% de los errores de prioridad 2. En este grupo en concreto, estos errores están relacionados con la creación incorrecta de listas cerrándolas de manera incorrecta o incluyendo elementos no permitidos.

Iberdiscan

4.2.3 Prioridad 3

La prioridad 3 no se considera obligatoria para poder decir que un documento es accesible, pero en ella se encuentran englobadas todas las pautas que permiten mejorar el acceso de determinados colectivos a la información del documento. Es por ello que en este punto solamente detallaremos las pautas implicadas sin detenernos a analizar los diferentes errores.

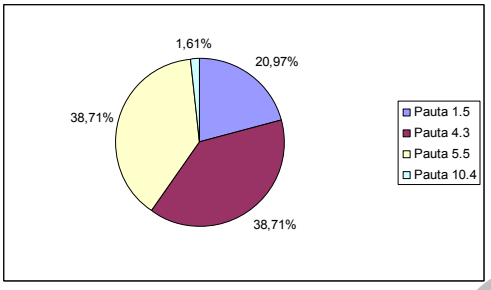


Figura5.Distribución de errores por pauta para la prioridad 3.

Esta prioridad tiene menos influencia sobre el total de errores que los puntos anteriores, representando el 11.33% del total. En total son 62 errores que se dividen entre 4 pautas, como podemos ver en la figura 5, pero con dos pautas con la misma influencia como son la Pauta 4 y 5.

4.3. Uso de estándares

Como ya hemos comentado anteriormente, para poder considerarse la pauta 11como correcta los documentos deben pasar la validación formal de los lenguajes utilizados. Para ello se han utilizado los validadotes que ofrece el W3C tanto para validar la gramática (X)HTML como para validar las Capas de estilo.

4.3.1 Uso de los estándares (X)HTML

El resultado del análisis los podemos ver en la figura 6 y observar que son realmente malos. Según la validación del W3C el 72.09% de las páginas no son correctas según las especificaciones del lenguaje utilizado en cada caso. Solamente con este dato ya podríamos decir que sólo el 27.91% de las páginas pueden optar al nivel AA de accesibilidad.

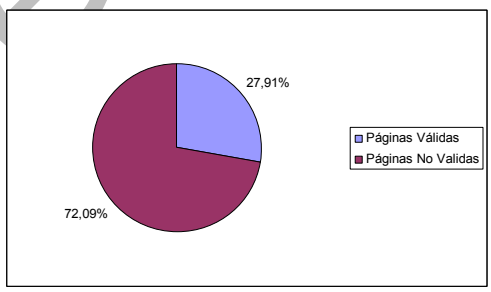


Figura6.Resultado de la validación del la gramática HTML.

Para encontrar una posible explicación a este preocupante dato, más aún si pensamos que son universidades, debemos tener en cuenta que son sitios Web complejos y de grandes dimensiones. Para poder gestionar toda la información contenida se utilizan gestores de contenido (CMS) donde el generador de contenido solamente selecciona plantillas de código a aplicar. Estas plantillas pueden reutilizarse en diferentes sitios, por lo que si una de ellas contiene errores siempre que se utilice la página pasará a ser no

Iberdiscap

válida. Además estas plantillas se utilizan tanto a nivel de página completa, dando la estructura general, como a nivel de contenido específico, como podría ser un menú lateral que se repite en varias páginas.

Además de estos errores de programación podemos encontrar errores en la generación de contenido ya que el usuario no tiene por que tener conocimientos de programación Web e introducir código incorrecto en la página. Así mismo el uso de editores "What You See is What You Get" (WYSIWYG) puede introducir estos errores sin que el usuario sea consciente de ello.

4.3.2 Uso del estándar CSS

La figura 7 nos muestra los resultados del análisis de los documentos asociados a las diferentes páginas del grupo de estudio. Podemos ver que el 30.23% de los documentos CSS son válidos según el validación, un dato bajo y que conlleva que el 69.77% de los páginas analizadas no cumplan con la pauta 11, recogida en la prioridad 2, y por lo tanto el nivel AA de accesibilidad.

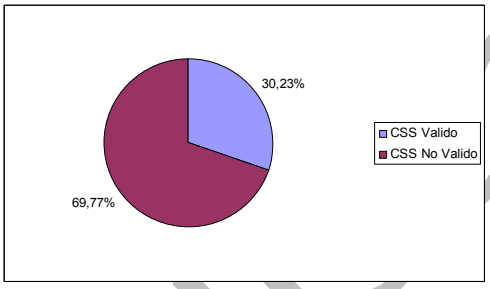


Figura7.Resultado de la validación del la gramática HTML.

Uno de los principales problemas de la creación de sitios Web hoy en día es el poder obtener la misma visualización en los diferentes navegadores existentes. El uso de técnicas conocidas como *hacks* específicos para cada navegador. Estas técnicas no son estándar y por lo tanto no válidas a nivel de análisis.

4.4 Validación total

Después de completar todos los test, el resultado es realmente desolador. Teniendo en cuenta el número de páginas que utilizan elementos no recomendados por el W3C y el análisis de las pautas de accesibilidad tenemos como resultado que solamente el 9.3% es realmente accesible una cifre realmente baja.

5. Conclusiones

Se ha presentado un análisis de accesibilidad sobre los sitios Web promocionales de los proyectos de "Campus de Excelencia Internacional" de las Universidades Españolas. El objetivo principal de este análisis era determinar si estos proyectos respetan a los colectivos de discapacitados, como sería de esperar en una organización como la Universidad, y en un proyecto de excelencia como los analizados.

Como hemos podido ver los resultados son realmente pobres. El 9.3% de las páginas son accesibles debido al incorrecto uso de estándares, ya que si estos se utilizasen correctamente este índice podría crecer hasta el 54.55%.

En conclusión podemos decir que los proyectos de "Campus de Excelencia Internacional" no cumplen con sus objetivos sociales en sus sitios promocionales. Un dato que puede ser insignificante, pero que denota la falta de sensibilidad social por parte de las entidades implicadas en los proyectos.

En un siguiente paso del proyecto se analizarán las páginas de manera manual y en especial el uso de tecnologías como JavaScript. El resultado final será reportado a las diferentes organizaciones para tengan constancia de estos errores y subsanen su diferentes políticas sobre la accesibilidad Web.

5. Referencias

[1] Ministerio de Presidencia, "Orden PRE/1996/2009, de 20 de julio", Boletin Oficial del Estado Jueves 23 de Julio de 2009, Num. 177, Sec. III, pp.63101-63127, ISSN: 0212-033X.

[2] World Wide Web Consortium (W3C), "Content Accessibility Guidelines 1.0", May 1999, http://www.w3.org/TR/WCAG10/ (Visitado en Abril 2010)

[3] World Wide Web Consortium (W3C), "Content Accessibility Guidelines 1.0", May 1999, http://www.w3.org/TR/WCAG10/ (Visitado en Abril 2010)

[4] Ministerio de Educación, "Resolución referente a la calificación de 'Campus de Excelencia Internacional' a los proyectos de agregación presentados en 2009 ante la Comisión Internacional, mediante el procedimiento regulado en el Capitulo IV de la Orden PRE/1996/2009, de 20 de julio", Noviembre 2009.

[5] Fundación CTIC, “Test de Accessibilidad Web 3.0”, http://www.tawdis.net/ (Visitado en Abril 2010)

[6] World Wide Web Consortium - The W3C Validator Team, “The W3C Markup Validation Service”, http://validator.w3.org/ (Visitado en Abril 2010)

[7] World Wide Web Consortium - The W3C Validator Team, “W3C CSS Validation Service”, http://jigsaw.w3.org/css-validator/ (Visitado en Abril 2010)

[8] Comité Técnico AEN/CTN 139, "Norma UNE 139803:2004", Diciembre 2004.

Iberdiscap

Desenvolvimento de modelos e simulações para projetos de dispositivos destinados à reabilitação física.

A.P. Silva, T. A. Scardovelli, A.F. Frère

Universidade de Mogi das Cruzes/Núcleo de Pesquisas Tecnológicas: Mogi das Cruzes, São Paulo, Brasil, +55 11 47987112, alessandrops@umc.br, tascardo@yahoo.com.br, annie@umc.br

Resumo.

Hoje em dia na indústria, a modelagem 3D é usada para prever possíveis erros de cálculo, para aferir medidas de equipamentos e para redução custos de produção. No entanto, as ferramentas utilizadas na indústria muitas vezes não podem ser aplicadas em desenvolvimento de dispositivos de reabilitação terapêutica, pois não simulam satisfatoriamente a física e os movimentos do paciente. Neste trabalho, foi utilizada a ferramenta gráfica Blender 3D para modelar dois projetos de dispositivos. O primeiro foi destinado a estimular o controle motor do tronco de crianças com paralisia cerebral na hidroterapia. O outro foi projetado para estimular as crianças com Síndrome de Down a engatinhar. A modelagem computacional permitiu prever o comportamento de crianças com diferentes idades e morfologia, além da detecção de erros antes que o protótipo fosse construído. Os dispositivos implementados e testados por crianças especiais, sem necessidade de ajustes posteriores em função de suas características pessoais.

Palavras-chave: Modelagem computacional, reabilitação, desenvolvimento motor.

1. Introdução

Os avanços tecnológicos permitem que a computação gráfica retrate situações similares as vivenciadas na vida real. Na área da saúde, a modelagem computacional pode auxiliar o paciente sem o expor a traumas (reabilitação física) [1], a situações de risco (exposição a radiação) [2] ou a constrangimentos (transtornos de aprendizagem) [3], além de proporcionar registros quantitativos de características cognitivas (influência das cores sobre a falta de atenção) [4] e [5]. A modelagem computacional em particular pode ser útil no projeto de dispositivos para exercícios de reabilitação.

Nas clínicas de reabilitação física os mesmos dispositivos são muitas vezes utilizados nos tratamentos de pacientes infantis, adultos e geriátricos. Em função das sequelas de diversas doenças os pacientes são encaminhados por várias clínicas (ortopedia, neurologia adulto, neurologia infantil, reumatologia, caerdiorespiratório, pós-operatórios e etc). Na clínica ortopédica para auxiliar a marcha são utilizados andadores, muletas, barras paralelas, esteiras, cicloergômetros, além de rampas/escadas e para auxiliar à postura são usados posicionadores, tablados e barras paralelas. Já no tratamento geriátrico são utilizados dispositivos para descarga de peso como plataforma de força, ou aparelhos que propiciam a percepção de sensibilidade e força. Na clínica cardiorespiratória o auxílio à reabilitação é proporcionado por esteiras ergométricas e cicloergômetros, além dos dispositivos específicos do tratamento respiratório. Na hidroterapia são usados flutuadores de membros, tronco e pescoço, além de dispositivos hidráulicos para colocar e retirar o paciente da piscina. A cadeira de rodas auxilia a locomoção de pacientes acometidos por doenças de todas as especialidades.

Entretanto, de uma maneira geral, os dispositivos para a reabilitação utilizada nestas clínicas não foram projetados em função das necessidades específicas de cada indivíduo, mas em função de características padronizadas. Para ser eficiente cada dispositivo deveria levar em consideração as características

Iberdisenp

morfométricas, as limitações dos movimentos e a força muscular do individuo que inicia a reabilitação. Sendo assim a simulação computacional dos movimentos permitirá avaliar e aprimorar dispositivos e técnicas de reabilitação a partir das especificidades de cada limitação. Desta maneira, o terapeuta poderá obter informações que permitirão quantificar variáveis para utilização de seus equipamentos ou encaminhar o paciente a clínica que possua os equipamentos mais adequados à suas características.

Considerando que o corpo humano é um sistema complexo e que esta complexidade aumenta quando se trata da movimentação de pessoas que não estão enquadradas nos padrões de normalidade (mesmo entre indivíduos com a mesma deficiência), o papel da realidade virtual como ferramenta de simulação do movimento humano se torna cada vez mais relevante. A reabilitação é muito maior do que um simples recurso de avaliação funcional, pois possibilita também determinar as complexas relações entre limitações funcionais, déficits e incapacidades motoras. Sendo que a partir destas relações poderemos projetar dispositivos para terapias individualizadas e quantificar a eficácia das diferentes estratégias de reabilitação. Sendo assim nesta pesquisa foram desenvolvidos modelos antropométricos e simulações computacionais considerando as limitações e as diferentes morfometrias para projetar dispositivos de reabilitação adequados a cada paciente.

2. Metodología

Os modelos virtuais destes trabalhos foram desenvolvidos utilizando a ferramenta gráfica Blender, um software livre com recursos de modelagem, animação, renderização e pós-produção [6].

2.1. Modelagem de objetos

A modelagem 3D pode ser feita através de polígonos, técnica por vértices e técnica por bordas. Ambas são realizadas através da geração de uma malha complexa de segmentos que da forma ao objeto. Uma malha básica é constituída de três estruturas básicas: vértice (vertex), aresta (edges) e face (face). Um vértice é um ponto ou uma posição única no espaço 3D, a aresta é uma linha que conecta dois vértices e a face é utilizada para construir a superfície real do objeto. Uma forma para modelar um objeto no Blender é a combinação e deformação geométricas de objetos 3D básicos (primitivas gráficas), onde é possivel utilizadas operações booleanas que aplicadas em objetos modelados, proporcionam união ou subtração de dois objetos ou calculam a interseção entre eles. O Blender possui um conjunto de primitivas pré-definidas (fig1).

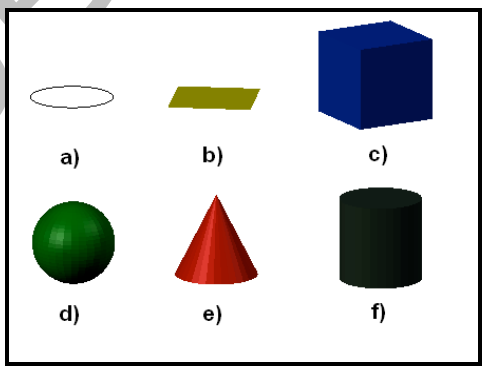


Fig. 1 Exemplo de primitivas pré-definidas:
a) circular (circle); b) plano (plane); c) cúbica (Cube); d) esférica (UV Sphere);
e) cônica (Cone); f) cilíndrica (Cylinder).

Iberdiscap

2.2. Modelagem de pessoas

Para modelar os humanóides implementamos uma técnica baseada em referência de imagens (blueprints). Inicialmente dividimos a tela de desenvolvimento em duas partes, com a ferramenta de aplicação de imagem de fundo, posicionamos a visão frontal e a visão lateral do voluntário, em cada parte (Figura 4).

Fig. 2Modelagem de um personagem a partir da técnica blueprints,
onde temos a visão frontal na esquerda da tela e a visão lateral na direita da tela.

Definimos o contorno do corpo utilizando primitivas circulares de oito vértices. Na imagem frontal, posicionamos uma primitiva circular com operações de translação e escalonamento (Figura 5a). Aplicamos a operação de extrusão (Extrude) para criar novos vértices (Figura 5b), prolongando assim a estrutura do objeto, mas mantendo suas propriedades originais. Para ajustar a profundidade utilizamos a imagem lateral como referência (Figura 5c).

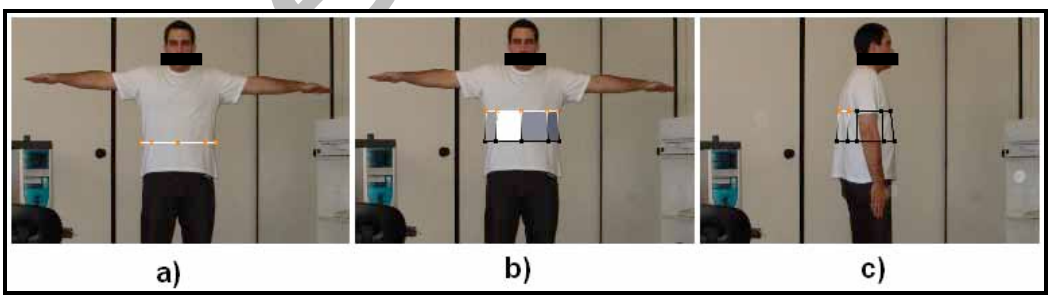


Fig. 3 Etapas de modelagem.a) primitiva circular; b) operação de extrusão; c) ajuste de profundidade.

Utilizamos essa técnica para modelar separadamente as pernas, o tronco e os braços do personagem. Para unir essas estruturas em um só objeto aplicamos a operação de união de vértices. Entretanto pelo fato do rosto requerer mais detalhes utilizamos mais pontos para modelá-lo de que as estruturas do corpo.

2.3. Texturização

Para alterar a aparência de uma superfície utilizamos o Vertex Paint aplicando cores nas faces do objeto ou pintando cada vértice, e interpolando as cores no interior da face. Mapeamos a textura com UVMap que utiliza um mapa de coordenadas (UV coordinates), onde informamos o que deverá ser aplicado em cada face do modelo (fig 4).

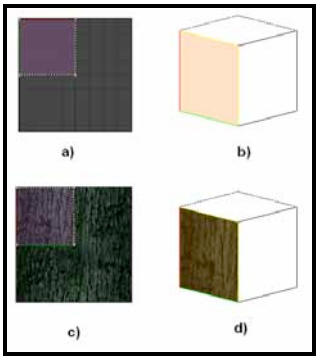


Fig. 4 Mapeamento de textura no modelo: a) vértices selecionados no modo de edição; b) face selecionada no modo U/V face; c) Mapeamento de textura por janela ativa; d) textura aplicada na face selecionada do objeto.

2.4. Animação

Para animar os objetos e personagem utilizamos 2 formas: uma pela curva IPO e outra pela janela action, ambas utilizando à técnica de keyframes (quadros chaves). Sendo assim, a partir do menu Insert Key inserimos quadros chaves para travar a posição, a rotação e a escala do objeto/personagem, para tanto dispomos um quadro chave no início, um em cada ponto de inflexão (mudança de direção da trajetória) e outro no final do movimento. Sendo que a interpolação dos quadros intermediários é realizada pelo Blender. A animação atribuída a um objeto é dada pela curva de animação, chamada de IPO, e a animação empregada a uma armature (objeto que anima uma personagem) é dada através da janela action, que possibilita definir deformações geométricas nos ossos que compõem o objeto armature (Fig 5), e esses por sua vez reportam essa deformação para a mesh, malha 3D do personagem.

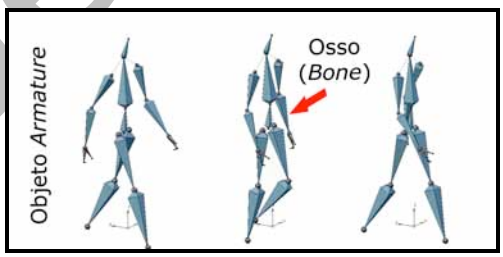


Fig. 5 Recursos utilizados para animar um objeto 3D.

Utilizamos também a associação desses dois tipos de animação, para animar vários objetos e personagens com a mesma linha do tempo gerando maior realismo. Para isso posicionamos os objetos e personagem, que fazem parte da animação, no mesmo instante de tempo e consideramos esse instante como ponto zero, ou start de animação. Respeitando a mesma linha do tempo, para todos os objetos/personagens,

Ibeniscap

dispomos as chaves de animação, ou quadros chaves, de cada objeto/personagem, gerando assim continuidade na cena, denominamos esse artifício de “animação associada”.

3. Resultados

3.1. Dispositivo para estimular o controle postural

Para estimular o controle postural de crianças com paralisia cerebral foi idealizado um dispositivo a ser utilizado na hidroterapia que atenda tanto crianças com déficit no controle de tronco quanto com um pobre controle cervical. O dispositivo incentiva os movimentos de extensão cervical e extensão do tronco utilizando como biofeedback o deslocamento de dois brinquedos. Os dois brinquedos se deslocam, emitem sons e luzes, para chamar a atenção das crianças e auxiliar a execução da postura.

Para analisar o funcionamento do dispositivo em função das características morfométricas e do grau de deficiência do controle postural de cada criança, o modelo virtual (Fig. 6) simulou a atuação dos brinquedos, os movimentos da criança e o posicionamento dos sensores. Foram modeladas três crianças, com diferentes morfologias.

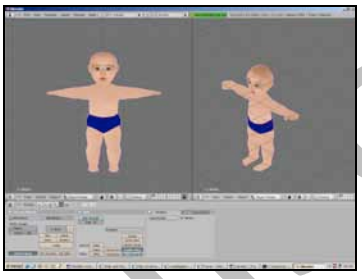


Fig. 6 Modelo virtual de uma das crianças

Em seguida, foi modelada a estrutura contendo os motores, o posicionamento e o deslocamento dos brinquedos, bem como a emissão de suas seqüências musicais. A figura 7 mostra o bebê virtual iniciando o movimento de extensão cervical na estrutura. A figura 8 mostra o modelo concluindo o movimento de extensão de tronco.

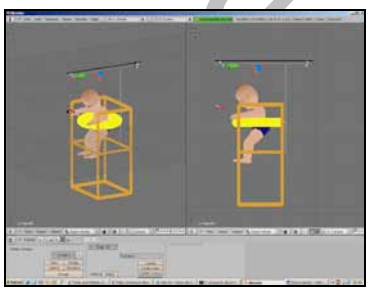


Fig. 7 Modelo iniciando o movimento de extensão cervical

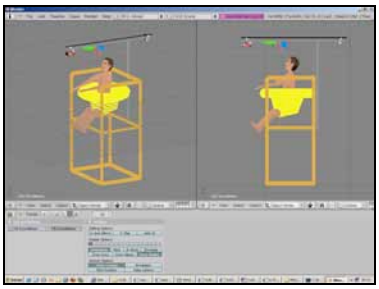


Fig. 8 Modelo concluindo o movimento de extensão de tronco

A figura 9 mostra o dispositivo concluído sendo utilizado na hidroterapia.

Fig. 9 Criança posicionada no dispositivo

3.1. Dispositivo para promover o engatinhar

Para incentivar o engatinhar de crianças com Síndrome de Down e auxiliar o seu desenvolvimento motor foi idealizado um dispositivo lúdico utilizando como incentivo o deslocamento de um brinquedo.Para tanto, foram modelados um túnel virtual, um bebê, um brinquedo e sensores que atuam no deslocamento deste. O brinquedo é movimentado gradativamente conforme o bebê se apóia simultaneamente com as mãos e joelhos sobre os sensores.

O bebê foi modelado nas posições de quatro (Fig. 10) e urso (Fig. 11) considerando crianças com estatura entre 0,7 m a 0,95 m e idade entre 9 meses a 3 anos. Foram feitas animações para projetar obstáculos que impedem o deslocamento da criança caso ela realize movimentos que não devem ser executados, como caminhar na posição de urso ou sentar dentro do dispositivo. A animação dos bebês virtuais foi realizada para analisar o posicionamento dos sensores, do brinquedo e a funcionalidade do dispositivo.

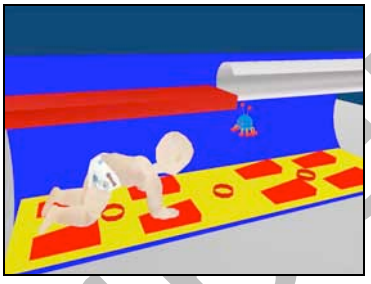


Fig. 10 Simulação do movimento de engatinhar

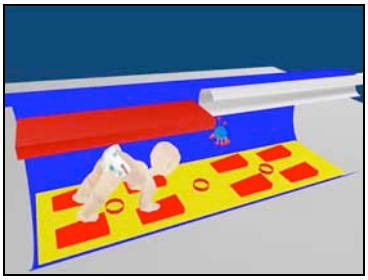


Fig. 11. Simulação da posição de urso

O dispositivo foi testado com crianças com Síndrome de Down que se aproximaram do túnel, entraram e ficaram de gato (Fig. 12), acionando os primeiros sensores e promovendo o deslocamento inicial do brinquedo. A seguir, engatinharam em direção à saída para acompanhar o deslocamento.

IberDiscap

Fig. 12Criança acompanhando o deslocamento do brinquedo

4. Conclusões

Geralmente os softwares utilizados em modelos de estruturas mecânicas possibilitam simular e analisar esforços como tração e torção, utilizando recursos matemáticos como, por exemplo, análise estrutural por elementos finitos, porém para projetar dispositivos destinados a reabilitação estes softwares não fornecem recursos suficientes para se modelar humanos e testar sua interação com o dispositivo. Além de ser open source, a ferramenta gráfica Blender é mais indicada por possuir os recursos de modelagem necessários ao projeto. Com os modelos virtuais desenvolvidos foi possível dimensionar os dispositivos em função do tamanho e da morfologia das crianças, analisar seu funcionamento correto, posicionamento dos sensores e brinquedos, corrigindo problemas de utilização antes da confecção dos protótipos. A simulação permitiu também prever movimentos e situações capazes de prejudicar a terapia.

5. Agradecimentos

A FAEP (Fundação de Amparo ao Ensino e Pesquisa da UMC), a CAPES e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

Referencias

[1] DIFEDE, J. and HOFFMAN, H. (2002). Virtual reality exposure therapy for World Trade Center post traumatic stress disorder. Cyberpsychology and Behavior, vol. 5, n. 6, p 529-535

[2] NASCIMENTO, M. Z.; SLAETS, A. F. F.; GERMANO, F. . An Automatic Correction Method for the Heel Effect in Digitized Mammography Images. Journal of Digital Imaging, v. 21, p. 177-187, 2008.

[3] ECALLE, J., MAGNANA, A., CALMUSA, C. Lasting effects on literacy skills with a computer-assisted learning using syllabic units in low-progress readers. Computers & Education (2009) 52(3):554–561.

[4] ROESSNER, V.; BANASCHEWSKI, T.; FILLMER-OTTE, A.; BECKER, A.; ALBRECHT, B.; UEBEL, H.; SERGEANT, J.; TANNOCK, R.; ROTHENBERGER, A. Color perception deficits in co-existing attention-deficit/hyperactivity disorder and chronic tic disorders. Journal of Neural Transmission. p.235-2329, 2008.

[5] SILVA, A. P.; SLAETS, A. F. F. Ambiente virtual para auxiliar a concentração de crianças com hiperatividade. In: IV Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica CLAIB, 2007, Ilha Margarita. v. 18. p. 1068-1071.

[6] BLENDER 3D. Disponível em: <http://www.blender.org>. Acesso em: 19 abr. 2010.

Iberdisap

Iberdiscap

Modelagem de humanóide virtual como *biofeedback* e dispositivo para quantificação da ansiedade.

H.N. Martucci, A.F. Frère

[1]Universidade de Mogi das Cruzes/Núcleo de Pesquisas Técnológicas: Mogi das Cruzes, Brasil.
E-mail: helinhu_martucci@hotmail.com

Resumo.

Nos tratamentos de ansiedade, o paciente é exposto a situações que aumentam sua ansiedade, que deve ser reconhecida pelo paciente para o sucesso da terapia. Quando o paciente fica ansioso surgem sintomas fisiológicos como o aumento das freqüências cardíaca e respiratória. Esse reconhecimento da ansiedade não é fácil e pode gerar discórdia entre paciente e terapeuta. Para auxiliar no tratamento foram desenvolvidas ferramentas para auxiliar o terapeuta e o paciente. Para o terapeuta foram desenvolvidos sensores que mensuram as mudanças do nível da ansiedade do paciente e registra os sinais fisiológicos no computador, permitindo uma análise evolucionária da ansiedade durante o tratamento. Para auxiliar a autoconscientização do paciente em relação ao seu nível de ansiedade foi implementado um humanóide virtual que sofre alterações gráficas alteradas automaticamente em função da variação dos seus sinais fisiológicos.

Palabras clave: ansiedade, simulação computadorizada, modelagem 3D, biofeedback.

1. Introdução e conteúdos

Esse estudo apresenta um conjunto de ferramentas para auxiliar o tratamento terapêutico fornecendo ao terapeuta um dispositivo que mensurao nível da ansiedade e ao paciente um sistema de *biofeedback* que mostra seu nível de ansiedade através de animações comportamentais de um humano virtual.

A ansiedade é um estado emocional com alterações dos componentes psicológicos e fisiológicos. É um processo de defesa natural do corpo em que, quando é presumido algum perigo são desencadeadas alterações fisiológicas e comportamentais, como aumento dos batimentos cardíacos, elevação da freqüência respiratória, vermelhidão da face, tremores, inquietação das mãos ou pernas, entre outros. Quando esse aumento da ansiedade compromete a qualidade de vida é preciso ser tratada junto a um especialista. Estudos mostram que 20% da população mundial padece deste problema [1].

Os tratamentos convencionais para desordem de ansiedade apresentam limitações importantes como a relutância do paciente em se expor ao estímulo da fobia, a falta de controle da intensidade desse estímulo e até o alto custo. É importante haver confiança entre paciente e terapeuta para evitar desentendimentos perante determinadas condições impostas e, quando não há esse entendimento normalmente o paciente abandona o tratamento ou ocorre o prolongamento do mesmo.

Poucos estudos apresentam uma análise da ansiedade utilizando dispositivos que mensuram sinais fisiológicos e dentre estes, a maioria não proporcionamo *biofeedback* ao paciente [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]. Foi encontrado um estudo que utiliza o *biofeedback* para ensinar alunos a aplicar uma injeção em um ambiente virtual, onde a suposição da ansiedade do aluno é feita analisando alterações em seu padrão da fala e das ações dentro do ambiente virtual [9].

Iberdisap

Frente o exposto é relevante realizar a análise da ansiedade através das mensurações fisiológicas e apresentar o *biofeedback* ao paciente para permitir a autoconscientização e auxiliar a interação entre o paciente e o terapeuta, permitindo minimizar os conflitos e auxiliando, consecutivamente, na manutenção do tratamento.

Neste trabalho foram desenvolvidos dispositivos que captam as freqüências cardíaca e respiratória e também foi implementado um humano virtual que mostra as variações do nível de ansiedade do paciente através de animações comportamentais que caracterizam quatro níveis (normal, pouco ansioso, ansioso e muito ansioso).

2. Metodología

Esta pesquisa foi dividida em três etapas principais, sendo elas: 1. Implementação e testes de dois dispositivos para quantificar o nível de ansiedade mensurando a freqüência cardíaca e a freqüência respiratória; 2. Desenvolvimento de interfaces amigáveis para terapeutas acompanharem a evolução do tratamento; 3. Desenvolvimento de humanóide que apresenta 5 níveis de ansiedade para proporcionar *biofeedback* aos pacientes.

2.1 **Implementação dos dispositivos para quantificar o nível de ansiedade**

O dispositivo para mensurar a freqüência respiratória é composto por um circuito eletrônico que compara a variação da resistência entre um termistor (sensor) e uma associação de resistências de calibração. O sensor é posicionado abaixo da narina e quando a pessoa expira, o ar quente que saí dos pulmões (em torno de 35°C) aquece um termistor, isso gera uma diferença entre as resistências na entrada de um amplificador operacional e é enviando o sinal de 5V ao computador através da porta de jogos. Quando a pessoa inspira ou pára de respirar o termistor esfria, igualando sua resistência à de calibração e é enviado 0V para a porta de jogos.

Para captar a freqüência cardíaca, foi adaptado um dispositivo comercialda marca Caloi que mede a os batimentos cardíacos por minuto. Cada vez que o coração pulsa, um sinal de 5V é enviado ao computador através da porta de jogos (pinos 7 e 5). Um transistor e um diodo foram inseridos na entrada da porta para isolar os sinais de 5V e para que nenhuma corrente retorne para o sensor.

- **Interface**

Com os dois sensores conectados nos pinos 2 e 4 (FR) e 5 e 7 (FC) a porta de jogos, cada vez que um batimento cardíaco ou uma respiração são captados pelos dispositivos a porta de jogos reconhece como o pressionamento do botão 1 ou do botão 2, respectivamente. Dessa forma, podemos mensurar as freqüências implementando um contador que verifica quantas vezes cada um dos botões foi pressionado a cada sessenta segundos.

- **Testes dos sensores**

Para verificar o funcionamento do sensor da freqüência respiratória foi solicitado a um voluntário utilizar o equipamento por 20 minutos enquanto um segundo voluntário contava as respirações através da observação do tórax/abdômen do voluntário 1. O teste foi repetido 10 vezes.

Para os testes da freqüência cardíaca, o dispositivo adaptado para essa pesquisa foi utilizado pelo voluntário 1 junto com um freqüêncimetro cardíaco comercial da marca *Polar*. Foram realizados 10 testes com a duração de 10 minutos cada.

A validação de ambos os dispositivos foi feita comparando os resultados com as mensurações obtidas por dispositivos comerciais utilizados pelo um voluntário 1.

liberdisca

2.2 Desenvolvimento de interfaces amigáveis para terapeutas acompanharem a evolução do tratamento

Com base nos dados apresentados por Silva [3] um aumento de 7% dos batimentos cardíacos ou 16% de aumento da freqüência respiratória (ambos em relação ao valor basal) caracteriza o paciente como ansioso. Portanto esses são nossos valores mínimos para iniciar a classe "pouco ansioso" dos nossos voluntários.

30 voluntários assistiram a um vídeo comercial com cenas de acidentes reais, ao mesmo tempo que utilizavam o dispositivo de mensuração dos sinais fisiológicos. Após assistirem ao vídeo, todos os voluntários indicaram em um questionário qual o nível máximo de ansiedade eles deduzem ter atingido. Um psicólogo observou as reações e o comportamento dos voluntários e também forneceu o seu diagnóstico sobre a ansiedade. Para determinar o valor máximo de ansiedade, foram selecionados os maiores valores normalizados em relação ao basal da freqüência cardíaca e da freqüência respiratória dentre os resultados dos 30 voluntários. Estes valores correspondem a 31% para a FC e 89% para a FR. Portanto, temos uma faixa de ansiedade que varia entre 7% e 31% para a FC e 16% até 89% para a FR. Cada uma destas faixas foi dividida em 3 partes iguais para limitar as classes: "pouco ansioso", "ansioso" e "muito ansioso", como mostra a tabela 1. Para separar as classes "normal" e "relaxado" é preciso que haja uma diminuição de 7% ou de 16% da FC ou FR, respectivamente.

Tabela 1. Determinação dos níveis de ansiedade normalizada.

Sinal	Mínimo	Máximo	Pouco ansioso	Ansioso	Muito Ansioso
FC	1,07	1,31	≥ 1,07 ~ <1,15	≥ 1,15 ~1,23	≥ 1,23
FR	1,16	1,89	≥ 1,16 ~ <1,40	≥ 1,40 ~1,64	≥ 1,64

Foram comparados os resultados das avaliações do psicólogo, do voluntário e a do dispositivo.

2.3 Desenvolver humanóide que apresenta 5 níveis de ansiedade para proporcionar *biofeedback* aos pacientes

O humanóide virtual foi implementado no *software Blender3D* e com o *plugin MakeHuman*, que permitem gerar um modelo humano pré-definido. A aparência do modelo original foi melhorada aplicando recursos de subdivisão de faces para aumentar a quantidade de vértices e recursos de suavização das arestas para eliminar pontas no contorno do corpo do modelo. A pele do modelo virtual foi gerada através do recurso de pintura *UVFace*.

A implementação de cada uma das quatro animações do humanóide virtual foram feitas pela interpolação de quadros-chave, onde foram definidos cada um dos limites dos movimentos em uma linha de tempo e o Blender3D interpola o deslocamento das posições definidas. Para esse procedimento, é preciso gerar a estrutura que simula os ossos do humanóide e definir os grupos de vértices da malha que serão associadas a cada um dos ossos (Figura 1).

Iberdisca

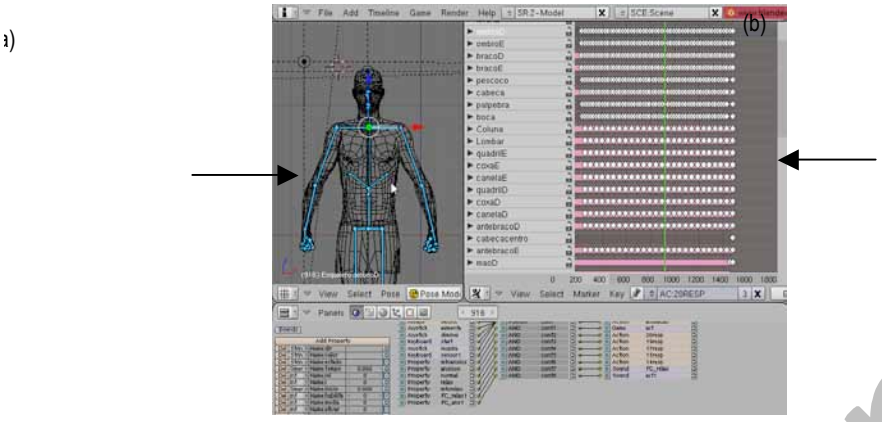


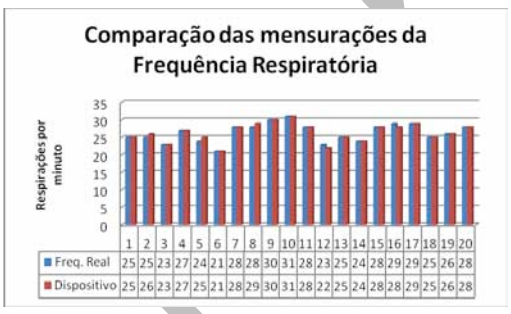
Figura 1. Ilustração dos ossos do modelo (a) virtual e a definição dos quadros-chave de uma animação (b).

Para testar se as mudanças comportamentais do humanóide representam claramente os níveis de ansiedade, as cinco animações foram apresentadas a 30 voluntários e aos quais foi solicitado que as classifiquem como relaxado, normal, pouco ansioso, ansioso e muito ansioso.

Cada uma das animações, após testadas, foram associadas aos valores normalizados da FC e da FR apresentados na tabela 1. Desta maneira, ao reutilizar o dispositivo para mensurar a variação da ansiedade de um paciente o humanóide representará os níveis de ansiedade automaticamente, sem a intervenção do terapeuta.

3. Resultados e discussão

A figura 2 compara os resultados mensurados pelo sensor da freqüência respiratória e a contagem feita pelo voluntário 2. Pode-se observar os resultados são semelhantes com média de 26 respirações por minuto. O teste ANOVA mostra que as poucas diferenças entre os resultados não são significativas ($p<0.001$).



ANOVA: duas amostras pareadas

Arquivo Editar Gráfico

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	1	0.0250	0.0250
Indivíduos	19	264.8750	13.9408
Erro	19	2.4750	0.1303
F (Tratamentos) =	0.1919		
(p) =	0.9994		
F (Indivíduos) =	107.0202		
(p) =	< 0.0001		

Figura 2. Resultado dos testes de comparação do dispositivo de mensuração da FR e teste Anova.

A figura 3 mostra as médias registradas durante os testes da freqüência cardíaca. Os resultados comprovam que os valores mensurados pelo dispositivonão difere da média do *display* do próprio dispositivo e ambos estão próximos do resultado mensurado no dispositivo comercial *Polar*. O teste ANOVA comprovou que não há diferença significativa ($p<0.0001$) entre os resultados

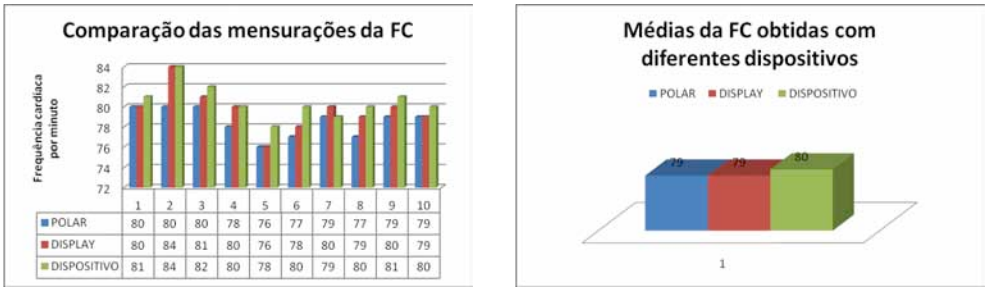


Figura 3. Resultado dos testes de comparação do dispositivo de mensuração da FC e teste Anova.

Na figura 4 pode-se analisar os valores máximos de cada um dos 30 voluntários que assistiram ao vídeo editado. O maior valor utilizado para determinar a divisão das classes foi 89% na FR (referente ao voluntário 9) e 31% na FC (obtido pelo voluntário 3). Os gráficos mostram claramente como as pessoas apresentam diferentes comportamentos perante um mesmo estímulo.

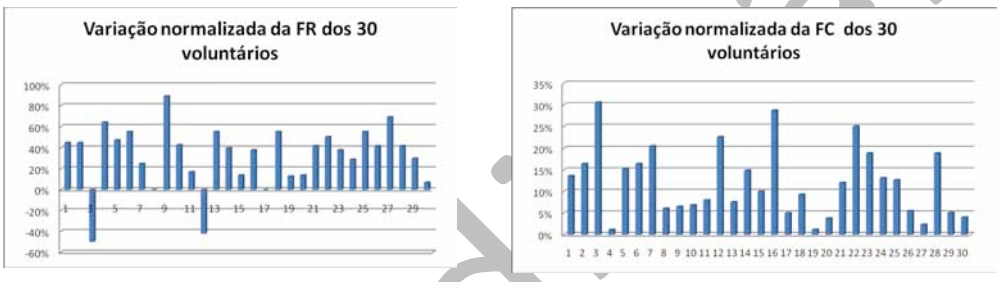


Figura 4. Variação das freqüências respiratória e cardíaca de cada voluntário do grupo 2.

Na figura 5(a) são evidenciados as alterações faciais dos níveis: “muito relaxado”, “normal” e “ansioso”, as amplitudes mínima e máxima dos deslocamentos dos braços e dos ombros. A figura 5(c) apresenta a mudança do tom de pele para vermelho. A figura 5(d) mostra as mãos fechadas.

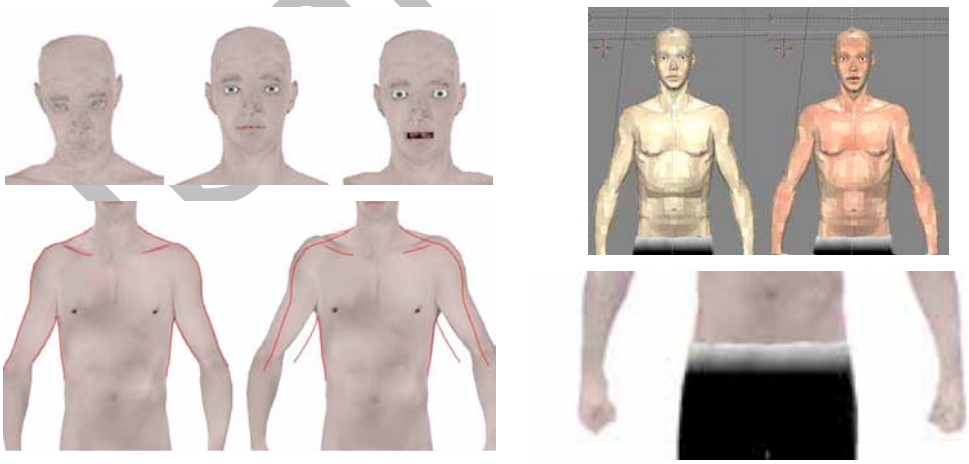


Figura 5. Ilustração dosdetalhes de algumas características implementadas no humanóide virtual para representar os diferentes níveis da ansiedade.

Na figura 6 são apresentadas as médias de acertos das as animações. A figura 7 mostra um exemplo de interface pré-formatada para o terapeuta inserir os valores registrados pelo dispositivo em que são gerados, automaticamente, os gráficos para que seja feito o acompanhamento sobre a evolução do paciente.

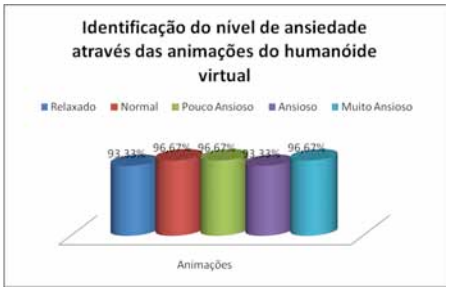


Figura 6. Porcentagem de acertos de interpretação de cada animação respondido pelos 30 voluntários do grupo 1.

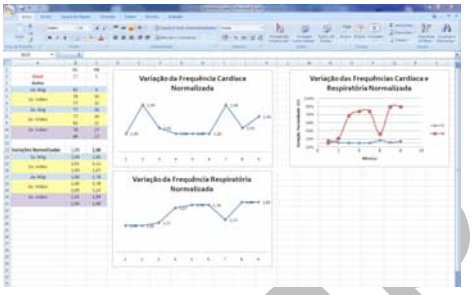


Figura 7. Exemplo da planilha pré-formatada para uso do terapeuta.

Tabela 2. Teste comparativo entre diagnósticos fornecidos pelo "dispositivo x psicólogo" e entre "dispositivo x voluntários", onde N= "normal"; PA = "pouco ansioso"; A = "ansioso"; MA = "muito ansioso".

Dispos.	Psicólogo	Resultado	Dispos.	Voluntários	Resultado
A	A	Verdadeiro	A	A	Verdadeiro
A	PA	Falso	A	N	Falso
MA	MA	Verdadeiro	MA	A	Falso
MA	A	Falso	MA	A	Falso
A	A	Verdadeiro	A	A	Verdadeiro
A	PA	Falso	A	A	Verdadeiro
A	A	Verdadeiro	A	N	Falso
PA	MA	Falso	PA	MA	Falso
MA	MA	Verdadeiro	MA	A	Falso
A	A	Verdadeiro	A	A	Verdadeiro
PA	PA	Verdadeiro	PA	N	Falso
A	A	Verdadeiro	A	MA	Falso
A	A	Verdadeiro	A	N	Falso
A	A	Verdadeiro	A	A	Verdadeiro

Iberdisca

PA	N	Falso	PA	N	Falso
A	A	Verdadeiro	A	A	Verdadeiro
MA	MA	Verdadeiro	MA	MA	Falso
A	A	Verdadeiro	A	PA	Falso
PA	PA	Verdadeiro	PA	N	Falso
N	N	Verdadeiro	N	N	Verdadeiro
A	A	Verdadeiro	A	MA	Falso
A	A	Verdadeiro	A	MA	Falso
A	PA	Falso	A	N	Falso
PA	N	Falso	PA	MA	Falso
A	PA	Falso	A	A	Verdadeiro
A	A	Verdadeiro	A	PA	Falso
MA	MA	Verdadeiro	MA	N	Falso
A	A	Verdadeiro	A	PA	Falso
PA	N	Falso	PA	N	Falso
N	N	Verdadeiro	N	N	Verdadeiro

A tabela 2 mostra os resultados do teste comparativos dos diagnósticos da ansiedade fornecidos pelo dispositivo de mensuração fisiológica, o laudo fornecido pelo psicólogo e o sugerido pelos 30 voluntários. É notório que os resultados comuns entre o dispositivo e o psicólogo são bem mais significativos do que as concordâncias dos resultados entre os voluntários e o dispositivo. Isso mostra que o dispositivo desenvolvido permite ao terapeuta comprovar para o paciente as alterações da sua ansiedade, evitando discórdia entre ambos.

4. Conclusões e trabalhos futuros

A identificação da ansiedade através da visualização do humanóide serve como sinal de alerta que o sujeito quanto a uma possível situação que o deixa desconfortável, permitindo ficar atento a uma situação de risco iminente e antecipar as medidas necessárias para lidar com a ameaça. Este projeto abordou duas importantes linhas de tratamento terapêutico, unindo os recursos virtuais e a monitoração de sinais fisiológicos.

O conjunto de ferramentas pode ser utilizado em diversos tipos de tratamento terapêutico que envolvam situações vinculadas à ansiedade, como medo de altura, medo de falar em público, medo de insetos,

Iberdiscap

claustrofobia, medo de avião, transtornos de estresse pós-traumáticos e tratamentos de recuperação de dependentes químicos, entre outros.

As animações do humanóide virtual evidenciam claramente cada um dos níveis de ansiedade e o dispositivo apresentou uma boa precisão de leitura dos sinais quando comparados com outros dispositivos ou métodos de mensuração.

Este estudo permite a quantificação da ansiedade do paciente frente a ações e experiências de relacionamento e, conseqüentemente, poderá tornar menos complicado o diálogo entre o dependente e o terapeuta, pois o monitor fisiológico proporciona resultados objetivos sobre a quantificação da ansiedade e o humanóide virtual representa este resultado sem a intervenção do terapeuta para a análise.

É preciso ressaltar que as ferramentas desenvolvidas nesta pesquisa devem apenas ser utilizadas como uma ferramenta auxiliar para endossar o diagnóstico do terapeuta, facilitando a aceitação por parte do paciente.

Os registros armazenados podem ser conferidos pelo terapeuta através de gráficos que permitirá então realizar um acompanhamento evolucionário da redução de ansiedade do paciente ao longo do tratamento.

Referências

[1] Gorini, A. Riva, G. The potential of Virtual Reality as anxiety management tool: a randomized controlled study in a sample of patients affected by Generalized Anxiety, Disorder, Trials 9, 25, 2008.

[2] Bordnick, P.S., Traylor, A., Copp, H.L, Graap, K.M., Carter, B., Ferrer, M., Walton, A.P. Assessing reactivity to virtual reality alcohol based cues. Addictive behaviors, n. 33, p. 743–756, 2008.

[3] Silva, M.L.; Martucci, H.N.; De Santi, R.M.; Frère, A.F. Determinação automática da ansiedade por detecção computadorizada de sinais biológicos. IV Latin American Congress on Biomedical Engineering, Bioengineering solution for Latin America health, 18: 118-121, 2007.

[4] Lee, J., Kwon, H., Choi, J., Yang, B. Cue-Exposure Therapy to Decrease Alcohol Craving in Virtual Environment. Cyberpsychology & Behavior, Volume 10, Number 5, p. 617-623, 2007.

[5] Scheirer, J.; Fernandez, R.; Klein, J.; Picard, R.W. Frustrating the User on Purpose: A step toward Building an Affective Computer. Interacting with Computers, 14: 93-118, 2002.

[6] Jurnet, I.A.; Beciu, C.C.; Maldonado, J.G. Validity of virtual reality as a method of exposure in the treatment of test anxiety. Behav Res Methods, 39:844-851, 2007.

[7] Powers, M.B.; Emmelkamp, P.M. Virtual reality exposure therapy for anxiety disorders: a meta-analysis. J. Anxiety Disord, 2007.

[8] Villani, D., Riva, F., Riva, G. New technologies for relaxation: The role of presence. International Journal of Stress Management, 14(3) 260-274, 2007.

[9] Nijholt, A. Where computers disappear, virtual humans appear. Computers and Graphics, v. 28, n. 4, Elsevier, p.465-476, 2004.

Iberdiscap

La formación intensiva Erasmus Mundus en la educación internacional en tecnología para la rehabilitación de la discapacidad

I. Riquelme[1], P. Martínez[2], J. Gallo[3]

[1]Escuela de Enfermería y Fisioterapia. Universitat de les Illes Balears: Cra. De Valldemossa, km. 7,5, Palma de Mallorca, España, Tlf. +34 971171310, Fax. +34 971172309, inma.riquelme@uib.es

[2]Escuela de Enfermería y Fisioterapia. Universitat de les Illes Balears: Cra. De Valldemossa, km. 7,5, Palma de Mallorca, España, Tlf. +34 971171311, Fax. +34 971172309, paz.martinez@uib.es

[3]Escuela de Enfermería y Fisioterapia. Universitat de les Illes Balears: Cra. De Valldemossa, km. 7,5, Palma de Mallorca, España, Tlf. +34 971172520, Fax. +34 971172309, jgallo@uib.es

Resumen.

La tecnología en rehabilitación es un área gris entre los estudios de Ciencias de la Salud y los estudios creadores de tecnología, como la informática y las ingenierías. Debido a esto, los profesionales de estas disciplinas deben compartir sus conocimientos y trabajar de forma multidisciplinar con el fin de diseñar, conocer y utilizar mejor la tecnología que pueda ayudar a personas con discapacidad. Con este objetivo, la Escuela de Fisioterapia de la Universitat de les Illes Balears, junto con otras cuatro universidades europeas, ha organizado un curso de formación enmarcado en el programa Erasmus Long Life Program, en el que se profundizará, de forma multidisciplinar y en un contexto internacional, sobre este tema. Así, investigadores de las cinco universidades participantes aportarán al curso sus resultados de investigación más recientes, diversas empresas presentarán sus novedades tecnológicas y los estudiantes resolverán casos prácticos en contextos reales.

Palabras clave: Educación, tecnología, discapacidad, rehabilitación, formación universitaria Erasmus.

1. Introducción y contenidos

La tecnología que apoya la rehabilitación es aquella que puede llegar a evitar, compensar o mitigar algunas de las limitaciones funcionales de las personas con discapacidad para poder acceder al entorno. También permite utilizar diversos servicios, productos, instrumentos, programas, herramientas, maquinas o sistemas de comunicación para aumentar, mantener o mejorar las habilidades presentes en la persona con discapacidad, y en definitiva, mejorar su día a día, el de sus familias, su autonomía personal y su calidad de vida(1).

Ibertiscap

Dentro de esta tecnología se incluye la de la información y comunicación (TIC), que, además de lo comentado anteriormente, permite el uso de algunas herramientas rehabilitadoras desde el domicilio del usuario/a(2). Esto permite mejorar la atención, proporcionando nuevas posibilidades de rehabilitación para complementar y potenciar el trabajo que se realiza en los centros de rehabilitación, y procurar atención domiciliaria cuando por motivos de salud, o de distancia no se puede acceder a un centro de rehabilitación

Los cambios demográficos actuales hacen especialmente interesante esta tecnología. La tasa de discapacidad aumenta a partir de los 45 años(3) y en las personas mayores, además, se destaca la preferencia, cada vez mayor por vivir solas, incluso si sufren alguna discapacidad. La soledad residencial hace más evidente los problemas en las actividades de la vida diaria, puesto que muchos de ellos podrían ser salvados con la ayuda puntual de otra persona o con el uso de la tecnología. Asimismo, son conocidas las dificultades de relación con el entorno y productos de la vida diaria que presentan muchas personas mayores y/o con discapacidad; y la repercusión que tiene sobre su autonomía residencial y sobre los potenciales cuidadores (4,5).

Una de las razones por las que la tecnología no se utiliza con mayor frecuencia en la mejora de las condiciones de vida de las personas con discapacidad, es el desconocimiento de la existencia, por un lado, y del funcionamiento de estos medios tecnológicos.

La tecnología para la discapacidad constituye un área gris entre las Ciencias de la Salud y las Ingenierías, donde los profesionales deben combinar el conocimiento obtenido desde las distintas áreas para proporcionar a las personas discapacitadas los medios que les permitan aumentar su autonomía a pesar de su limitación funcional(6).

Aunque en la formación universitaria de grado se ofrecen algunos contenidos sobre el uso de la tecnología en el proceso rehabilitador, no existe una enseñanza suficientemente específica en este ámbito. Desde la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universitat de les Illes Balears se ha impulsado un curso internacional, enmarcado dentro de la formación intensiva Erasmus Mundus, que plantea reunir a estudiantes, profesores universitarios e investigadores de distintas disciplinas de las Ciencias de la Salud y de las Ciencias productoras de tecnología (Informática, Ingeniería, etc.), bajo el paraguas de la formación en tecnología para la rehabilitación de la discapacidad.

Nuestra sociedad tecnológica necesita expertos en esta área para que éstos tengan los conocimientos y metodologías para poder detectar las necesidades de los usuarios, contactar con las disciplinas necesarias, buscar el apoyo político y financiero, y así, dar respuesta a las nuevas demandas de ésta.

Los objetivos de esta propuesta de formación son:

- Ofrecer un periodo de formación intensiva de gran calidad en tecnología para la rehabilitación, que concentre el aprendizaje en la rehabilitación de la discapacidad, con el valor añadido de producirse en un contexto europeo de excelencia.

- Aprender en un contexto multidisciplinar, con la participación de diferentes titulaciones de las Ciencias de la Salud (como fisioterapia, logopedia, terapia ocupacional, neuropsicología, medicina) juntas, bajo el paraguas de las de carácter tecnológico: ingenierías e informática.

- Crear una red fructífera con los socios de universidades, empresas e institutos de investigación internacionales y promover la cooperación estructurada entre el sistema educativo superior y el sector empresarial.

iberdiscap

- Utilizar las innovaciones y descubrimientos punteros de los distintos colaboradores para darlos a conocer, llevarlos a la práctica diaria en la rehabilitación de personas con discapacidad, y de esta manera, apoyar el enriquecimiento mutuo de todos los implicados en esta formación.

- Mostrar a los alumnos la importancia del trabajo común entre las universidades y empresas participantes hacia la tecnología para la rehabilitación de la discapacidad.

-

2. Metodología

Con este programa formativo se permitirá profundizar en estos conocimientos, identificar las tecnologías disponibles para aplicarlas a diferentes perfiles de discapacidad, comprobar como funcionan este tipo de tecnologías en diferentes usuarios, aprender de otros profesionales de una forma multidisciplinar, realizar prácticas en centros específicos y comparar la práctica clínica en este ámbito entre los diferentes países participantes. Este curso, además de presentar las últimas investigaciones científicas realizadas en las universidades de los cinco países europeos participantes, contará con la colaboración de diferentes empresas que desarrollan o trabajan en tecnología para la discapacidad, con el objetivo de aunar la cooperación, el intercambio de ideas y el aprendizaje entre las universidades y el sector empresarial.

Dado que el curso se enmarca dentro del programa Erasmus Mundus, es requisito que los participantes a los que se dirige sean estudiantes de alguna de las distintas universidades socias. La financiación de un programa intensivo Erasmus Mundus proviene en su mayor parte del Organismo Autónomo de Programas Educativos Europeos en España, según las directrices Erasmus europeas. Esta financiación, además de ayudar al desplazamiento de expertos de distintas universidades europeas, permite que los estudiantes disfruten de becas que cubran gran parte de los gastos de viaje y alojamiento. Para cubrir el resto de gastos, cada una de las distintas universidades participantes aportará una cantidad económica. Según la normativa Erasmus, el curso contempla un programa de auditoría interna y externa para evaluar la adecuada consecución de sus objetivos.

Las universidades participantes en este proyecto formativo son:

- Universitat de les Illes Balears (España)
- Universidad de Ciencias Aplicadas de Jyvaskyla (Finlandia)
- Instituto de Estudios en Bienestar, Universidad de Utrecht (Holanda)
- University of Maderleen (Suecia)
- University of Ostrava (República Checa)

Las empresas participantes serán:

- Hospital San Joan de Deu, Palma de Mallorca
- Hospital Son Llatzer, Palma de Mallorca
- Confederación Predif(Plataforma representativa estatal de discapacitados físicos), Palma de Mallorca
- Asociación Balear de Esclerosis Múltiple, Palma de Mallorca
- Nousis (Servicios de valoración, asesoramiento y formación en tecnologías de soporte), Palma de Mallorca
- Institut de Biomecánica de Valencia.
- Enraf-Nonius (Productos para fisioterapia y rehabilitación)

Iberdiscap

- Smith & Nephew (Productos de tecnología médica)
- Guidosimplex (Productos accesibles y ayudas técnicas).
- Silverfit (Rehabilitación virtual, Holanda)
- FirstBeat (Tecnología en cardiología, Finlandia)
- CaMätsystem (Medición de presión, Suecia)

Los contenidos que se desarrollarán en el programa formativo abarcarán la tecnología para la valoración en rehabilitación, programas de telerehabilitación y rehabilitación virtual, ayudas técnicas y tecnología para la accesibilidad, interfaces de acceso al ordenador e innovación en productos para la rehabilitación.

Este programa formativo necesita una nueva visión docente y una nueva mentalidad para desarrollarse con diversas metodologías docentes: exposiciones teóricas, seminarios, demostraciones teórico-prácticas, prácticas con las distintas aplicaciones tecnológicas, tutorías grupales e individuales, evaluaciones continuas, trabajo en equipo y exposiciones. Estas actividades se desarrollarán en grupos mixtos internacionales e interprofesionales, para que exista el máximo de intercambio de ideas y puntos de vista y para perfeccionar la expresión oral y escrita en una lengua extranjera (el inglés será la lengua vehicular del curso).

3. Resultados y discusión

Con este proyecto formativo, esperamos aumentar el aprendizaje de los estudiantes participantes, para que en su vida profesional puedan implementar la tecnología a su alcance para trabajar con personas con discapacidad. Además, se pretende aumentar la colaboración entre universidades, centros sanitarios y el mundo empresarial para que pueda existir una fluida transmisión del conocimiento sobre los avances en el area y comience la colaboración en proyectos comunes de una manera interdisciplinar. Por otra parte, el proyecto creará una red de universidades europeas especializadas en tecnología, que también pueden colaborar en otro tipo de actividades académicas.

Tanto los resultados como los contenidos y trabajos llevados a cabo en el programa de formación se plasmarán en una página web, que será ampliamente difundida entre los centros colaboradores y empresas del sector.

4. Conclusiones y trabajos futuros

Este programa formativo proporcionará un espacio común de aprendizaje y colaboración entre investigadores, profesionales de la salud y empresas de tecnología. De acuerdo con los resultados obtenidos en la primera edición, el curso puede repetirse en años sucesivos. Por otra parte, este espacio de encuentro entre diversos profesionales puede incentivar la colaboración en proyectos de investigación futura o en la colaboración para el diseño, implementación y estudio de la eficacia del material tecnológico, adaptado a las necesidades expresadas por los profesionales y usuarios con discapacidad.

Referencias

[1] Botsis,T., Demiris, G., Pedersen, S. And Hartvigsen, G. Home telecare technologies for the elderly. Journal of Telemedicine and Telecare, 2008, 14, 333-337.

[2] Canto Neguillo, R.; Romero Tabares A.; Serrano Aguilar P.G. Red telemedicina. Documento del proyecto “Nuevos modelos de presentación de servicios sanitarios utilizando telemedicina” Sevilla: Empresa Pública de Emergencias Sanitarias (Consejería de Salud, Junta de Andalucía), 2004.

Iberdiscap

[3] INE. Encuesta de discapacidad, autonomía personal y situaciones de dependencia. Madrid: Instituto Nacional de Estadística. 2009.

[4] Gitlin, Laura N. The Impact of Housing on Quality of Life: Does the Home Environment Matter Now and into the Future. En H.W. Wahl, C. Tesch-Römer y A. Hoff (Eds.) emergente of New Person-Environment Dynamics in Old Age: A

Multidisciplinary Exploration. Baywood Publishing Company, Inc, Amityville, NY . 2006

[5] Poveda, R., Barberà, R., Prat, J. y Vera, P. (coordinadores). Hábitos de compra y consumo de las personas mayores. Madrid: Edad &Vida. 2009.

[6] DelliFraine, J. L. and Dansky, K. H. Home-based telehealth: a review and meta-analysis. Journal of Telemedicine and Telecare, 2008, 14, 62 – 66.

Iberdiscap

Iberdiscap

Desenvolvimento e Testes Iniciais de um Sistema Web para Cadastramento e Consulta de Materiais por Deficientes Visuais

Vera L. R. R. da Silva[2], Guilherme Galante[1], Aline V. Faria[1], Ivã J. de Pádua[2], Dorisvaldo R. da Silva[2], Jorge Bidarra[1] e Carlos J. M. Olguín[1]

[1]Colegiado de Ciência da Computação – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Rua Universitária, 2069 – Bloco F – 85819-110 – Cascavel, PR – Brasil

[2]Programa Institucional de Ações Relativas às Pessoas com Necessidades Especiais (PEE) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Caixa Postal 711 – 85.819-110 – Cascavel, PR – Brasil

{vlrrsilva29,drsilva55}@yahoo.com.br,
{ivan,jbidarra}@unioeste.br,
{gui.galante,alinevaplak,prof.olguin}@gmail.com

Resumo.

O Programa Institucional de Ações Relativas às Pessoas com Necessidades Especiais (PEE) tem prestado aos acadêmicos cegos e com visão reduzida uma série de serviços, entre eles a adaptação de livros, textos em formato impresso e digitação de materiais. Dessa forma o PEE tem constituído um acervo eletrônico de referências em diversas áreas do conhecimento, formado por aproximadamente 8 mil obras, que precisam ser cadastradas. Esta atividade traz a necessidade de criar um sistema de cadastros, objetivando assegurar o armazenamento deste acervo de modo que possibilite localizar um documento (livros, textos, vídeos, comentários) de maneira eficaz, permitindo também, a consulta com autonomiapor parte dos usuários. Neste trabalho apresentamos o estágio de desenvolvimento de um software web com características especiais de usabilidade para o cadastro e gerenciamento do acervo de obras do PEE, de modo a facilitar o acesso por meio de um sintetizador de voz e de uma interface apropriada.

Palavras-chave: Acessibilidade, Usabilidade, Inclusão Digital.

1. Introdução

O Programa Institucional de Ações Relativas às Pessoas com Necessidades Especiais (PEE) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) [1] surgiu como sendo o resultado de um movimento social externo à universidade. Observou-se que, na medida em que as pessoas com deficiência venciam fases do processo educacional, o ingresso na universidade despontava como um objetivo possível. Assim, em face das exigências postas, a UNIOESTE foi compelida a criar as condições para assegurar o acesso e a permanência desses alunos no ensino superior. Este programa tem prestado aos acadêmicos cegos e com visão reduzida da nossa universidade uma série de serviços, entre eles a adaptação de livros e textos impressospara formato eletrônico. Neste sentido, há 14 anos o PEE vem construindo um acervo eletrônico de referências em diversas áreas do conhecimento, constituído por aproximadamente oito mil obras, que precisam ser cadastradas. Como consequência disso percebeu-se a necessidade de

Ibeardiscap

desenvolver um sistema de cadastro de forma a assegurar o armazenamento e posterior localização de um documento (livros, textos, vídeos, comentários) de maneira eficaz, tanto por usuários com autonomia, quanto por usuários com deficiência visual. Neste trabalho apresenta-se o estágio de desenvolvimento de um sistema web com características especiais de usabilidade e acessibilidade para o cadastro e gerenciamento do acervo de obras do PEE, de modo a oferecer uma interface apropriada de acesso por meio de um sintetizador de voz.

Neste trabalho foi solicitado pelo PEE o uso do sistema DOSVOX, desenvolvido pelo NCE/UFRJ, por ser um sintetizador de voz amplamente divulgado e utilizado entre o grupo de pessoas com deficiência visual do Brasil. O sistema DOSVOX realiza a comunicação com a pessoa com deficiência visual através de síntese de voz em português, sendo que a síntese de textos pode ser configurada para outros idiomas. Neste sistema, a comunicação homem-máquina é facilitada, levando em conta as especificidades e limitações de pessoas com este tipo de deficiência [2]. Outra solicitação do PEE foi que todas as funcionalidades do sistema a ser desenvolvido deviam ter recursos de acessibilidade e usabilidade para pessoas cegas ou com visão reduzida. Assim sendo, dentre os recursos considerados estão: opções de cores em alto contraste; fontes em tamanhos grandes; teclas de atalho; menus simples com objetivos claros e a utilização de texto em vez de imagens. As opções de cores e fontes são importantes para usuários com baixa visão que necessitam de maior contraste entre o texto e fundo da página e letras maiores.

2. Metodologia

O Sistema web para cadastro e consulta de materiais do PEE está sendo desenvolvido desde junho de 2009. Um dos objetivos é que este sistema priorize a facilidade de acesso por pessoas com visão reduzida e utilizadores do software DOSVOX.

O processo de desenvolvimento começou com o levantamento de requisitos do sistema juntamente com os funcionários do PEE, que também serão usuários do sistema. Entre os principais requisitos identificados estão o cadastramento de usuários, o cadastramento de obras por categoria (artigos, livros, dissertações, etc.) e a busca de obras. Foi proposto também, que o sistema deveria dispor de diferentes esquemas de cores e tamanhos de fontes.

A partir dos requisitos levantados iniciou-se a modelagem do banco de dados [3]. A preocupação maior era manter as informações organizadas de forma a facilitar o desenvolvimento de um sistema de busca rápido e eficiente. Após a criação do banco de dados deu-se início ao desenvolvimento do sistema de login e de cadastros. Foi definido que cada usuário cadastrado deveria ter um nível de permissão associado. Este nível de permissão pode ser: i) administrador geral, ii) administrador do campus e iii) usuário comum. Assim,o usuário que efetiva o login tem acesso, dependendo do seu nível de permissão, a certas funcionalidades do sistema, como busca, cadastro de usuários, cadastro de obras, cadastro de campi e relatórios diversos.

O sistema de cadastro foi implementado em PHP [4]de acordo com os requisitos levantados sobre informações de obras, usuários e associações de pessoas com deficiência. O cadastro de obras foi dividido em nove categorias: Artigos, CDs, Dissertações, Livros, Monografias, Periódicos, Teses, Vídeos e Outros. Essas categorias facilitam a busca e a organização das obras. O cadastro de usuários contém campos sobre as informações pessoais, o endereço e também dados sobre associações que podem ser cadastradas através de um link nesta página. Durante o processo de desenvolvimento desses cadastros se desenvolveu também a interface do sistema em HTML utilizando CSS [5].

Ibeneduscan

3. Resultados e discussão

A primeira interface foi desenvolvida pensando-se na acessibilidade para pessoas com visão reduzida e na facilidade de acesso às funcionalidades do sistema, dispondo-se de links para aumentar ou diminuir as letras e todas as opções necessárias para atender os requisitos estabelecidos inicialmente [6]. Porém, após um teste rápido com o software DOSVOX concluiu-se que a página continha muitos menus e informações que se repetiam a cada leitura de tela. Foi decidido então simplificar o layout e retirar links e opções desnecessárias. As configurações de tamanho e cor das fontes e do plano de fundo passaram a ser feitas na página através da opção "configurações". Incluiu-se também um link para saltar diretamente ao conteúdo, evitando assim a leitura desnecessária de menus a cada carregamento de página (Figura 1).

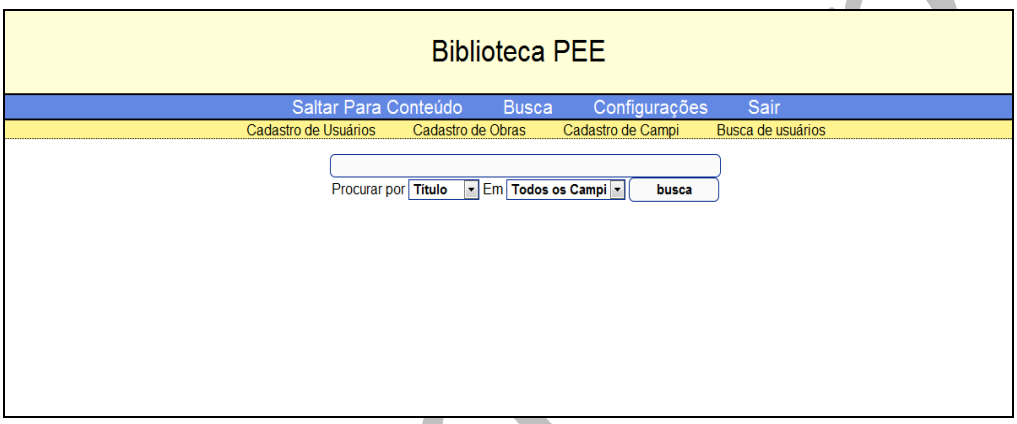


Figura 1. Layout da interface do sistema (Busca de obras).

Durante o desenvolvimento da interface iniciou-se também o desenvolvimento da busca por obras. As obras podem ser buscadas a partir de título, autor, tombo ou ainda uma busca geral por qualquer informação relacionada à mesma. Os resultados são exibidos divididos nas nove categorias de obras já exemplificadas acima. Após escolhida uma categoria, uma nova página é aberta com os resultados da busca apresentados com paginação.

A segunda fase de testes foi realizada por um usuário com baixa visão que utiliza o leitor de tela. Nesta etapa foi verificado que o link "saltar para conteúdo" não evitou completamente a leitura desnecessária de menus. Decidiu-se então remover os menus de todas as páginas com exceção da página principal e adicionar um link no final da página que redirecione o usuário para a mesma. Além desse, foi adicionado também um link para voltar ao topo da página.

Outro problema encontrado nos novos testes foi a falta de atalhos do teclado para acesso às páginas mais utilizadas. Foram adicionados atalhos para a página principal, de login e de busca, além de atalhos para a alteração do tamanho e cores das fontes e de fundo. O antigo menu "configurações" passou a ser chamado de "atalhos do teclado" e passou a possuir informações sobre todos os atalhos disponíveis no sistema. A figura 2 mostra a primeira versão de interface proposta para o sistema. Já a figura 3 mostrra a versão de interface modificada com base nos testes.

Como o sistema foi desenvolvido pensando-se nos usuários utilizadores do sistema DOSVOX, o uso de outros leitores de tela pode apresentar alguns comportamentos indesejados. Isto foi verificado no momento

da realização de uma sessão de testes. Nessa oportunidade, o ambiente da máquina do usuário que realizou os testes estava configurado para usar o leitor de tela NVDA [7], motivo pelo qual se apresentaram alguns problemas.

A próxima etapa deste trabalho é corrigir os erros encontrados e implementar novas funcionalidades, como a busca, edição e exclusão de usuários, campi e associações.Além disso, planeja-se a realização de novos testes, desta vez com um usuário cego, visto que observou-se que os recursos que podem ser úteis para um usuário com um determinado nível de cegueira podem não sê-lo para outro usuário com níveis de cegueira diferentes.

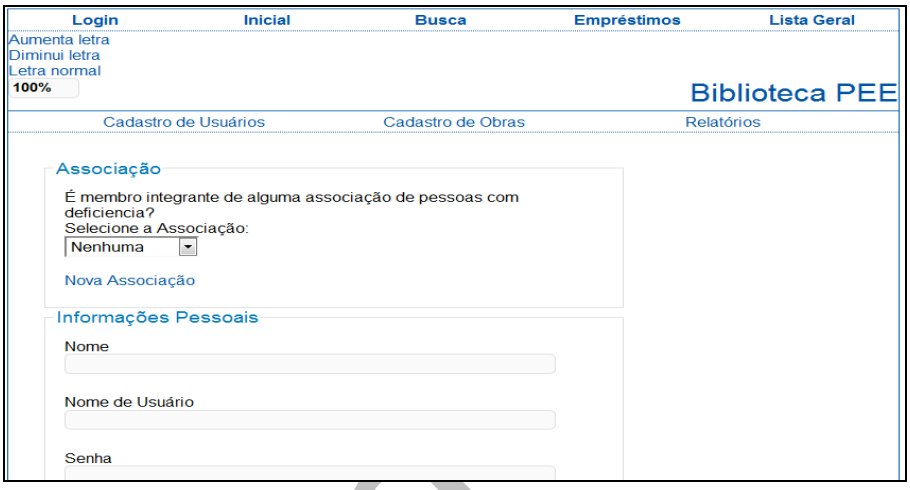


Figura 2. Primeira interface do sistema.

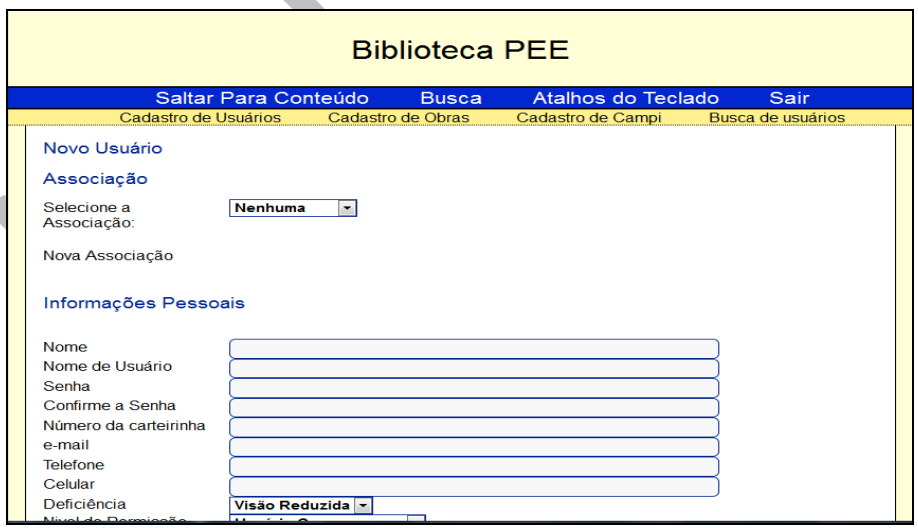


Figura 3. Interface modificada após os testes.

4. Conclusões e trabalhos futuros

Neste trabalho apresentamos o estágio de desenvolvimento de um sistema web com características especiais de usabilidade para o cadastro e gerenciamento do acervo de obras do PEE, de modo a facilitar o acesso por meio de um sintetizador de voz e de uma interface apropriada.

Considerando que o objetivo principal no desenvolvimento da aplicação era obter uma ferramenta que facilitasse o cadastro e o acesso a obras que compõem o acervo do PEE por parte de deficientes visuais através do uso de leitores de tela, percebeu-se que a metodologia de desenvolvimento deste sistema deve, a todo o momento, ter isto presente. Isto significa que, após a criação de cada página, deverá ser feita uma "leitura" da mesma utilizando o leitor de tela especificado. Além disso, essa "leitura" deve ser feita por usuários que possuam níveis diferentes de cegueira, visando garantir a acessibilidade.

Referências

[1] P.E.E. - Programa de Educação Especial, 2008. Disponível em: http://www.unioeste.br/pee/. Data de último acesso: 05/03/2011.

[2] Projeto DOSVOX, 2002. Disponível em: http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/. Data de último acesso: 05/03/2011.

[3] MySQL 5.0 Reference Manual, 2008. Disponível em: http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/. Data de último acesso: 07/03/2011.

[4] Niederauer, J. PHP para quem conhece PHP, Novatec, 1ª. Edição, 2004.

[5] Full Web Building Tutorials, 2010. Disponível em: http://w3schools.com/. Data de último acesso: 07/03/2011.

[6] HTML & CSS – W3C, 2010. Disponível em: http://www.w3.org/. Data de último acesso: 14/12/2010.

[7] NVDA Project, 2011. Disponível em http://www.nvda-project.org/. Data de último acesso: 26/04/2011.

Iberdiscap

Iberdiscap

Los principios de accesibilidad universal y diseño para todos en los estudios politécnicos superiores

D. Guasch[1], M. Llinares[2] , P. Dotras[2]

[1]Universitat Politècnicade Catalunya-BarcelonaTech/Cátedra de Accesibilidad: Avda. Victor Balaguer, s/n 08800 Vilanova i la Geltrú, Barcelona, España, Tel. +34 93 896 7245, + 34 93 896 77 00, daniel.guashc@upc.edu

[2] Universitat Ramon Llull/Facultad de Psicología, Ciencias de la Educación y del Deporte Blanquerna: c/ Císter, 34, 08022, Barcelona, Espanya, Tel. + 34 93 253 30 00, Fax + 34 93 253 30 31, montserratlf@blanquerna.url.edu

[2] Universitat Ramon Llull/Facultad de Psicología, Ciencias de la Educación y del Deporte Blanquerna: c/ Císter, 34, 08022, Barcelona, Espanya, Tel. + 34 93 253 30 00, Fax + 34 93 253 30 31,pilardr@blanquerna.url.edu

Resumen.

La Cátedra de Accesibilidad de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), en colaboración con Facultad de Psicología, Ciencias de la Educación y del Deporte de la Universidad Ramón Llull (URL), desarrolló el proyecto: EA2008-0106 (Programa de Estudios y Análisis, resolución de 21 de diciembre 2007, BOE de 5 de febrero de 2008), titulado "Guía de actividades docentes para la formación en integración e igualdad de oportunidades por razón de discapacidad en las enseñanzas técnicas: los principios de accesibilidad universal y diseño para todos", durante el periodo comprendido entre setiembre de 2008 a junio de 2009.Esta guía de actividades docentes plantea tanto una metodología de aprendizaje inclusivo y reúne 45 ejemplos, elaborados por 24 profesores de diferentes disciplinas de estudios politécnicos superiores, aplicables a cualquier ámbito instruccional superior, que incorporan los principios de accesibilidad universal en el proceso de aprendizaje del estudiante, permitiendo dar oportunidades equitativas a la diversidad de necesidades de los estudiantes universitarios.

El objetivo del trabajo es explicar qué elementos son fundamentales en el planteamiento instruccional, para que se cumplan los criterios de accesibilidad universal e igualdad de oportunidades, con el fin de incorporar metodologías inclusivas en las aulas universitarias. Esta guía pretende adecuar las necesidades de todos los estudiantes, en igualdad de oportunidades desde todos los ámbitos posibles. Con la presente comunicación se pretende dar a conocer las bases teóricas metodológicas en que se fundamenta el proyecto, para así animar a nuestros compañeros docentes en abrir, en algunos casos, y en otros continuar, el camino hacia prácticas de buenas experiencias en lo relativo a metodologías docentes inclusivas en las aulas universitarias.

Palabras clave: Diseño para todos del aprendizaje, inclusión, diversidad, accesibilidad, enseñanza universitaria, igualdad de oportunidades.

ibersdiscap

1. Introducción y contenidos

En el momento actual de reforma en las enseñanzas universitarias en España se han establecido unas nuevas directrices que ayudan a vehicular la necesidad de formar a los estudiantes en un conjunto de valores y competencias, entre las que se incluyen los principios de accesibilidad universal y diseño para todos. Es por estos motivos que, analizando las posibles formas de promover la incorporación de estas competencias en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de carreras técnicas, se ha planteado una guía de actividades docentes para la formación en integración e igualdad de oportunidades por razón de discapacidad en las enseñanzas técnicas: *accesibilidad universal y diseño paratodos.* La realización de esta guía se ha promovido desde la realidad actual de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), momento caracterizado por la transición a los nuevos grados y masters. Aun así, con un enfoque práctico y didáctico, se ha elaborado esta guía, que quiere ser una herramienta dirigida al profesorado de carreras técnicas de cualquier universidad española, para facilitar la adopción de los principios de accesibilidad universal y diseño para todos en su práctica docente en estos oportunos tiempos de cambio.

La finalidad última que se persigue es que el alumnado integre los valores de la diversidad humana, como interaccionan todas las personas con su entorno y conocer sus necesidades para incorporarlas en los diseños. Además, promueve la igualdad de oportunidades entre todos los estudiantes, independientemente de si viven situaciones de discapacidad.

Esta guía, pues, pretende apoyar e incitar la incorporación de estos principios mediante la realización pautada y flexible de una serie de actividades, según las necesidades formativas de cada ámbito. Con dicho finse contemplan dos enfoques complementarios:

- Incorporar los principios de accesibilidad universal, de aprendizaje de los adultos, de formato ECTS y las características de todos los estudiantes, con y sin algún grado de discapacidad, aplicados a los contenidos formativos y competencias profesionales de los futuros titulados en enseñanzas técnicas, para que sean desarrollados a lo largo de los estudios como parte de las actividades docentes de todos los estudiantes en algunas asignaturas (Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, capítulo I, artículo 5, punto 3).

- Incorporar los principios de accesibilidad universal en el proceso de aprendizaje, dando orientaciones metodológicas sobre cómo deben diseñarse teniendo en cuenta la diversidad de necesidades educativas del alumnado.

Todo ello también es recogido en la Ley de Universidades (Ley 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades, modificada por la Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril) en la disposición adicional vigésima cuarta, que lleva por título *De la inclusión de las personas con discapacidad en las universidades*.

1.1 Fundamentos

La fundamentación teórica para el diseño, estructura y contenido de las fichas, es fruto de un exhaustivo trabajo de recopilación de las bases teóricas vinculadas a inclusión en las aulas y aprendizaje de adultos, así como de diversas experiencias ya ejecutadas en nuestras aulas universitarias. Los 5 grandes ejes en los que se fundamentan las bases teóricas son las siguientes:

1. Diseño para Todos del Aprendizaje.

2. Teorías del Aprendizaje del Adulto.

Iberdiscap

3. Estructura de diseño de una asignatura.

4. Diversidad en el aprendizaje.

5. Contexto del individuo.

1. El Diseño para Todos del Aprendizaje (Bryson, 2003) es una filosofía de cambio actitudinal, que se basa en entender que los cambios deben producirse sobre el contexto y no sobre el individuo. Hace referencia a una actitud, una manera de enseñar a una población de estudiantes universitarios que cada vez es más diversa y heterogénea. Son estrategias que actúan sobre los objetivos, métodos instruccionales, recursos, material y formas de evaluación, accesibles para todos los estudiantes.

El Diseño para Todos del Aprendizaje se basa en los principios desarrollados por Ron Mace[14] y encuentran apoyo en las investigaciones provenientes de tres ámbitos:

a) Los principios básicos derivados de los estudios de la neurociencia.
b) La ciencia cognitiva del aprendizaje.
c) Los principios para la comprensión de las diferencias individuales y la pedagogía necesaria para afrontarlas, desarrolladas por Vygotsky y Bloom.

El Diseño para Todos del Aprendizaje nos propone incorporar, como docentes, los siguientes tres principios:

- Múltiples medios de representación.

Los estudiantes presentan diferentes maneras de percibir y comprender la información. Las personas con discapacidad, trastornos del aprendizaje, provenientes de diferentes culturas y lenguas necesitan abordar el contenido desde diferentes perspectivas. Es importante ofrecer diferentes opciones de representación ya que se aprende y se procesa de forma diversa.

- Múltiples medios de expresión.

Hay que ofrecer diferentes medios para que el estudiante pueda expresar su conocimiento. Existe una gran variedad de maneras de expresar los aprendizajes en función de la situación de discapacidad, de trastornos de aprendizaje, de lengua, de cultura... en consecuencia la forma de expresión (capacidades y habilidades) de cada uno es diferente . No hay un medio de expresión óptimo para todos los estudiantes.

- Múltiples medios de compromiso.

El grado de compromiso del estudiante hacia el aprendizaje es diferente en cada uno. La diversidad de motivaciones para aprender es múltiple y muy personal. Se trata de aumentar lamotivación del estudiante ofreciendo situaciones de aprendizaje que provoquen corresponsabilidad en su proceso formativo.

[14] Hace referencia a los siete principios de Diseño para Todos, desarrollados por Ron Mace.

Iberdiscap

2.Teorías del Aprendizaje del Adulto (Brookfield, 1986; Angelo, 1983; Lieb, 1991) El aprendizaje del adulto debe alentar y promover el desarrollo del estudiante para encontrar su propia valía a partir de la reflexión crítica.

En general, los chicos y chicas cuando inician los estudios universitarios no presentan la madurez y la experiencia (conciencia) necesaria, para beneficiarse del bagaje adquirido para que éste incida sobre la formación que han elegido para orientar su proyecto de vida.

El aprendizaje debe convertirse en un proceso aditivo, interactivo y autoconsciente, cuyo resultado implicará cambios significativos de larga duración en el conocimiento, habilidades, comportamientos, creencias y actitudes que serán atribuibles al aprendizaje.

El docente, en este marco, tiene asignado un papel: el de provocar la implicación del aprendiz.

3. Estructura de diseño de una asignatura.

Habrá que seguir las directrices que vengan dadas por el diseño de asignatura a nivel estructural.

4.Diversidad en el aprendizaje

En toda situación de enseñanza-aprendizaje del estudiante, éste presenta unas características únicas. Es importante tener referentes de Buenas Prácticas (Díez, E y otros, 2008) en función de las necesidades individuales de los estudiantes.

5. Contexto del individuo

Entendido éste, el contexto, según la teoría ecológica (Bronfenbrenner, 1987) desde el macrosistema que implica ideología y valores, sistema educativo, política educativa, desarrollo tecnológico, situación económica ..., el exosistema que incluye, comunidad educativa, servicios de apoyo para profesores y estudiantes, servicios de salud, trabajo, hasta el mesosistema y microsistema que implica contemplar el estudiante en interacción en sus ámbitos cercanos como familia, entorno social y educativo (universidad).

Les expondremos a continuación los puntos claves de aplicación que, basándonos en estos fundamentos y desde nuestra propia experiencia, son los que consideramos ejes claves de intervención para hacer accesible una práctica educativa.

En general al diseñar una intervención educativa seguiremos una secuencia aproximada de:

a) Competencias generales

b) Competencias específicas

c) Objetivos

d) Contenidos

Iberdiscap

e) Conocimientos previos

f) Temporización general

En los siguientes apartados es donde se incorporan todos los fundamentos previamente justificados:

g) Metodología / actividades:

- Experiencia previa del estudiante. Análisis Bio-Psico-Social.

En el planteamiento metodológico es necesario tener presente la experiencia previa del estudiante, que incidirá en su proceso de aprendizaje.

- Múltiples medios de compromiso.

Consensuar entre el profesor y los estudiantes implicados la propuesta docente (objetivos, contenidos no nucleares, metodología, actividades, evaluación y temporización), al igual que el formato de los documentos y trabajos tanto de los estudiantes como del profesor.

Habrá que ir revisando durante el proceso, los objetivos consensuados para comprobar su grado de consecución.

- Diferentes modos de representación de la información.

Para poder desarrollar este principio se propone la siguiente secuencia:

A- Previa a la primera sesión, el profesor hace llegar a los estudiantes el material contemplando que la información llegue en formato escrito y digital, garantizando la suficiente antelación. Durante la sesión, puesto que el estudiante ya la tiene preparada, se toman los acuerdos de representación de la información.

B- Se pide a los estudiantes que busquen información que deberán convertir en conocimiento. Hay que dirigirse a diferentes tipos de fuentes de información accesibles, es decir, que para el mismo tipo de contenido, éste lo debe de poder encontrar en formato bibliográfico (papel escrito), digitalizado, visual (vídeos con subtitulación) e información extraída de profesionales . Según las posibilidades de la propuesta y de cómo está publicada la información, será necesario que tener en cuenta que quizás no podrá ser un proceso individual, sino con diferentes metodologías de grupos de estudiantes.

- Múltiples propuestas de expresión del conocimiento adquirido a través de la información que ya se tiene. Es muy importante no homogeneizar en una sola manera la posibilidad de expresión del conocimiento adquirido por el estudiante en el proceso de aprendizaje.

h) Evaluación:

En el momento de decidir las formas de evaluación, ésta, seguirá los mismos criterios de accesibilidad del resto de la propuesta, es decir, diferentes fórmulas evaluadoras a fin de asegurar la equidad entre los estudiantes. Está estrechamente ligado con la forma de expresión en la que los estudiantes han

Iberdiscap

representado el conocimiento adquirido y consensuado al inicio. En las diferentes propuestas, hay que incorporar, durante el desarrollo de la misma, momentos de reflexión, análisis y evaluación conjunta del proceso

i) Recursos y material:

El tipo de material ayudará a que el aprendizaje pueda ser equitativo entre los estudiantes.

Habrá que tener en cuenta el nivel de accesibilidad de los materiales que se utilicen durante toda la propuesta de manera que puedan recoger al máximo la diversidad de los estudiantes. También forma parte del material de aprendizaje todo aquello que aporte el estudiante (audífonos, intérprete de lengua de signos, ordenador, ...)

j) Entorno de ejecución:

Contemplar que todos los entornos donde se llevará a cabo el aprendizaje, de la propuesta docente, sean accesibles, tanto en lo referente al interior de la facultad como en los espacios externos.

2. METODOLOGÍA

La realización de esta guía ha sido promovida por la Cátedra de Accesibilidad de la UPC. La Cátedra de Accesibilidad fue creada por el Consejo de Gobierno de la universidad en el año 2005 para promover y coordinar proyectos sobre accesibilidad, liderados desde la universidad al servicio de la sociedad. Su voluntad es acercar la capacidad docente e investigadora de la UPC a las necesidades no resueltas del colectivo con discapacidad y/o en situación de dependencia.

La Cátedra de Accesibilidad depende del Vicerrectorado de Relaciones Institucionales y Promoción Territorial y ofrece su servicio a toda la UPC en el despliegue del Plan Director de Igualdad de Oportunidades 2007-2010 de

la UPC.

En la realización de esta guía, la Cátedra de Accesibilidad ha sido la responsable de solicitar la ayuda al Programa de Estudios y Análisis, organizar y dirigir el equipo de trabajo, definir la metodología y contenido de la guía, administrar los gastos económicos y finalmente, redactar, revisar y validar la memoria final. No obstante, la aportación diferencial que enriquece valiosamente esta guía es la contribución de los 21 profesores/as de la UPC de 10 departamentos distintos que han participado. Concretamente, en el proyecto ha participado un equipo interdisciplinar formado tanto por personal docente e investigador como por personal de administración y servicios. El profesorado involucrado procede de los ámbitos de arquitectura (9 profesores), ingeniería (10 profesores) y psico-pedagogía (2 profesores). El equipo de soporte ha estado formado por personal propio (2 personas) y becarios de investigación (9 estudiantes).

En este Congreso, se presenta otra comunicación titulada: *Prácticas inclusivas en las aulas universitarias. Ejemplo,* en la que se detalla exhaustivamente el proceso metodológico que se siguió para elaborar la guía así cómo la definición de cada uno de los apartados de una ficha para su posible desarrollo a nivel individual.

Iberdiscap

3. RESULTADOS

El estudio teórico se materializa en un conjunto de fichas con pautas de actividades concretas (en los ámbitos de la ingeniería y la arquitectura) y un conjunto de capítulos teóricos que enmarcan el trabajo y justifican la estructura utilizada.

En el plazo que ha durado la elaboración de esta guía, desde septiembre del 2008 hasta junio del 2009, se han elaborado 45 fichas. Dichas fichas contienen un conjunto de campos generales, necesarios para centrar la actividad: a) Competencias generales; b) Competencias específicas; c) Objetivos; d) Contenidos; e) Conocimientos previos; f) Temporización general. Y un conjunto de apartados donde se incorporan todos los fundamentos previamente justificados: g) Metodología/actividades; h) Evaluación; i) Recursos y material; y j) Entorno de ejecución.

En la Metodología de las actividades deberá describirse con especial detalle los siguientes puntos: la experiencia previa del estudiante (análisis Bio-Psico-Social); los múltiples medios de compromiso; los diferentes modos de representación de la información; y las múltiples propuestas de expresión del conocimiento adquirido.

En la toma de decisión de las formas de evaluación, ésta, seguirá los mismos criterios de accesibilidad del resto de la propuesta, es decir, diferentes fórmulas evaluadoras a fin de asegurar la equidad entre los estudiantes. Está estrechamente ligado en la forma de expresión en la que los estudiantes han representado el conocimiento adquirido y consensuado al inicio. En las diferentes propuestas, hay que incorporar, durante el desarrollo de la misma, momentos de reflexión, análisis y evaluación conjunta del proceso

Habrá que tener en cuenta el nivel de accesibilidad de los materiales que se utilicen durante toda la propuesta de manera que puedan recoger al máximo la diversidad de los estudiantes. También forma parte del material de aprendizaje todo aquel que aporta el estudiante (audífonos, intérprete de lengua de signos, ordenador,…)

Contemplar que todos los entornos donde se llevará a cabo el aprendizaje, de la propuesta docente, sean accesibles, tanto en lo referente dentro de la facultad como espacios externos.

Las fichas han estado cumplimentadas y revisadas en diversas ocasiones. Las revisiones han tenido en cuenta, no sólo su contenido técnico, sino también su diseño pedagógico. El alcance cubierto en cada ámbito temático se corresponde directamente con la participación voluntaria del personal docente que ha colaborado. En ellas, se describen propuestas docentes diferentes en las que se trata la accesibilidad y el diseño para todos de forma principal y otras, de forma tangencial.

La *Guía de actividades docentes para la formación en integración e igualdad de oportunidades por razón de discapacidad en las enseñanzas técnicas* está disponible para su lectura y su descarga en la base de datos UPCommons de la UPC: http://upcommons.upc.edu/e-prints/handle/2117/10245.

4. CONCLUSIONES

El resultado que se presenta en esta guía se ha conformado como el inicio de un camino que, para nosotros, implica un cambio de paradigma en la enseñanza universitaria. Un cambio que afecta tanto a docentes como a estudiantes en un proceso conjunto de construcción de nuevos conocimientos y estrategias.

La investigación propone pautas para la práctica docente, a través de las cuales los profesores podemos hacer una transición gradual hacia la mejora de los procedimientos. En este cambio de actitud en la

Iberdisap

práctica existe el compromiso de proporcionar a los estudiantes oportunidades de interacción con el contenido y con el resto de compañeros y profesor como método de aprendizaje. Es proveer al profesor de medios múltiples para impartir el contenido de manera que todos, profesores y estudiantes, están plenamente involucrados en el proceso. También es un compromiso de elección y flexibilidad como medio principal para proporcionar contenidos y oportunidades para que el estudiante pueda demostrar su aprendizaje. Es un apoyo a los estándares establecidos en el aprendizaje de manera que sea mejor para todos los estudiantes y se asegure la consecución de los niveles de aprendizaje establecidos en los mismos. No ha sido un camino, fácil, ya que se ha tenido que ir descubriendo, al término que se avanzaba pero, al mismo tiempo, ha sido alentador. Los autores de esta guía son conscientes que será necesario actualizarla, mejorarla y ampliarla pero, al no existir otros ejemplos similares, se pone el resultado de estos primeros pasos a disposición de toda la comunidad universitaria.

Así pues, se consideran alcanzados los objetivos iniciales, ya que esta guía puede convertirse en una herramienta útil para facilitar, progresivamente, la adopción de los principios de accesibilidad universal y diseño para todos por parte del profesorado de enseñanzas técnicas. Una vez más, no sólo en la transmisión de contenidos técnicos sino también, en la forma de enseñar, que debe ser accesible para todos los estudiantes.

La voluntad de este grupo de trabajo ha sido aprovechar la oportunidad que siempre brindan los tiempos de cambio para alentar la incorporación de los principios de la accesibilidad en las carreras técnicas. El compromiso con la sociedad como docentes es incuestionable y, por ello, es necesario que los derechos humanos se fomenten y se practiquen en las aulas universitarias.

REFERENCIAS

[1] Bryson,J.(2003) Learning Oportunities Task Force Summary Report on 5- site UID Research Project. Barrie.

[2] Bronfenbrenner, U.(1987). La ecología del desarrollo humano. Barcelona: Paidós.

[3] Bowe,F.(2000). Universal Design in Education: Teaching Non-Traditional Stdents. London: Bergin and Garvey.

[4] Bryson, J. (2003) Universal Instructional Design in Potsecondary Settings. An implementation guide.Ontario: GEORGIAN

[5] McShane, Steven L. (2001) Canadian Organizational Behavior - 4 Edition. Mc-Graw Hill Press.

[6] Prochaska,J. Norcross,J. and Diclemente, C.(1994) Changing for Good.

[7] New York: William Morrow and Company.

[8] Renner, P.(1997) The Art of Teaching Adults: How to become an exceptional instructor and facilitator. Vancouver.

[9] Rose, D H; Meyer,A. (2002) A Practical Reader in Universal Design for Learning. Harvard Education Press

[10] Rose, DH;Meyer,A;Hitchcock,C.(2005) The Universally Designed Clasroom Accessible Curriculum and Digital Technologies. Harvard Education Press

[11] Edited by David H. Rose and Anne Meyer (2006). A Practical Reader in Universal Design for Learning. Harvard Education Press

Iberdiscap

Um Estudo sobre as Implicações da Utilização de Mediadores Tecnológicos na Formação de Professores Surdos a Distância.

SCANTBELRUY[1], I. C., THOMÉ[2], Z. R. C.

[1] UFAM/ICHL, Manaus, Amazonas, Brasil, (5592) 9259-1115, iranvith@ufam.edu.br

[2] UFAM/FACED, Manaus, Amazonas, Brasil (5592) 9991-5173, zeinathome@gmail.com

Resumo.

O tema deste estudo são as implicações da utilização de mediadores tecnológicos na formação de professores surdos. Tendo como objetivo compreender as implicações do uso das novas tecnologias da informação e comunicação na formação de Professores Surdos na cidade de Manaus-AM. A pesquisa foi realizada no Curso de Letras / Língua Brasileira de Sinais, desenvolvido na modalidade à distância pela Universidade Federal de Santa Catarina no pólo da Universidade Federal do Amazonas. Os procedimentos metodológicos foram pautados na metodologia qualitativa, utilizamos a técnica de entrevistas individuais, com instrumentos semiestruturados. Os sujeitos da pesquisa foram os alunos surdos e a equipe técnico-pedagógica do pólo. Entre os resultados, identificamos que o uso de mediadores tecnológicos contribui positivamente para a formação de educadores surdos, principalmente se estes forem planejados de acordo com as suas especificidades, a saber, a partir da língua de sinais e da cultura visual.

Palavras-chave: Educação de Surdos. Mediadores Tecnológicos. Língua de Sinais.

1. Introdução e Conteúdo

Com o reconhecimento da Língua Brasileira de Sinais como língua das comunidades de surdos do Brasil através da Lei n. 10.436 de 24 de abril de 2002, o estudo da língua e da cultura dessas pessoas sofreu um impulso principalmente com a promulgação do Decreto n. 5.626 de 27 de dezembro de 2005, que regulamentou essa Lei e possibilitou a criação de diversos cursos na área de ensino e tradução desta língua.

A Universidade Federal de Santa Catarina tomou a dianteira ao criar a Licenciatura em Língua Brasileira de Sinais em 2006. Essa licenciatura que passou a fazer parte do conjunto de licenciaturas oferecidas pelo Centro de Comunicação e Expressão da Universidade Federal de Santa Catarina.

Os alunos do Letras Libras receberam a titulação da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) como licenciados em Língua Brasileira de Sinais para atuarem como professores desta língua em diferentes espaços educacionais. Esse curso forma o professor para o ensino da Libras como primeira língua ao lecionar para alunos surdos e como segunda língua ao lecionar para falantes de Português. É um curso que está sendo oferecido na modalidade a distância.

Quadros, Cerny e Pereira (2008) [1]dizem que a Instituição optou pela modalidade a distância com o intuito de democratizar o ensino de Libras. O curso, na sua primeira turma, foi oferecido em nove pólos brasileiros: a Universidade Federal do Amazonas, a Universidade Federal do Ceará, a Universidade Federal da Bahia, a Universidade de Brasília, o Instituto Federal de Educação Tecnológica de Goiás, a

ibersiap

Universidade de São Paulo, O Instituto Nacional de Educação de Surdos no Rio de Janeiro, a Universidade Federal de Santa Maria e a Universidade Federal de Santa Catarina. A escolha desses pólos se deu de forma estratégica, pois a Universidade matriz tinha interesse em implantar esse curso em todas as regiões do Brasil.

Após a escolha dos nove pólos do curso, os convênios foram assinados com a UFSC e com o MEC (Ministério da Educação), por meio da Secretaria de Educação a Distância e Secretaria de Educação Especial. No convênio rezava que cada instituição teria 55 alunos, sendo que na UFSC seriam 60 alunos, totalizando 500 vagas. Após os trâmites legais o processo seletivo foi instaurado. O vestibular aconteceu usando uma metodologia inovadora, todo o processo aconteceu na Língua Brasileira de Sinais, ou seja, todas as disciplinas do certame foram expressas na Língua Brasileira de Sinais, com a exceção da prova de Língua Portuguesa que aconteceu na modalidade escrita dessa língua.

O currículo do Curso de Letras Libras foi organizado em períodos, com disciplinas que privilegiaram o estudo da Libras. Os conteúdos das disciplinas foram disponibilizados por três meios midiáticos: a) Material didático impresso (Caderno de Estudo); b) Material didático on-line (Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem – AVEA); c) Material didático em DVD/Vídeo. Estes materiais didáticos constituíram importantes canais de comunicação entre os alunos, a proposta pedagógica e a instituição promotora.

A carga horária presencial das disciplinas, aproximadamente 30% do total, foi desenvolvida a partir das seguintes atividades: a) Aulas por meio de videoconferência: essa ferramenta foi utilizada pelos professores para ministrar aulas, apresentar seminários, debater temas, entre outras atividades didático-pedagógicas. B) Encontros obrigatórios entre os alunos e professores tutores nos pólos regionais; c) Avaliações presenciais das disciplinas.

A carga horária a distância, aproximadamente 70% do total, foi desenvolvida com o auxílio das seguintes mídias: a) Caderno de Estudo: contempla as orientações de estudo para cada uma das disciplinas; b) Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem: disponibiliza os conteúdos de cada disciplina em Libras; c) DVD: aprofunda uma temática específica de cada uma das disciplinas.

O sistema de acompanhamento à aprendizagem do aluno contava com os professores e monitores das disciplinas e os professores tutores. Cada professor tutor era responsável pelo acompanhamento de até 30 alunos e mantinha contato direto com os professores e monitores das disciplinas.

Quadros, Cerny e Pereira (2008) [1] e Quadros e Stumpf (2009) [2] relataram que o Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem, o DVD-Livro e a Videoconferência foram os elementos do curso que mais dispensaram esforço da equipe interdisciplinar para criar, adaptar e inovar.

O Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem do Curso de Letras Libras foi baseado em um Sistema de Gerenciamento de Aprendizagem de caráter livre chamado MOODLE, este sistema é utilizado por diversos países, o que garante o seu contínuo desenvolvimento e aperfeiçoamento. Entretanto, segundo as autoras, esse sistema precisou ser customizado e adaptado para incorporar, tanto em sua interface gráfica quanto em sua estrutura de funcionamento, características que refletisse a proposta do curso e seu publico, ou seja, a Cultura e o Povo Surdo.

Baseado nos objetivos citados acima foi planejado um site aberto, localizado em www.libras.ufsc.br, que foi chamado de pré-login, que se inicia com uma animação representando a abertura de uma de uma cortina, segundo as autoras, com o intuito de expressar a ideia de celebração devido aos surdos brasileiros terem alcançado tão importante feito. O site pré-login aparece trazendo três diferentes formas de comunicar as informações do curso: em Libras, em Escrita dos Sinais e em Português escrito. Outra importante modificação foi feita nas ferramentas de comunicação síncrona para incorporar a presença de vídeo como forma de interação. Esta mesma introdução de vídeo foi feita na ferramenta Tarefa para possibilitar o envio de tarefas por vídeo diretamente do sistema.

Ibero-Disciap

Foi desenvolvida especialmente para o curso a ferramenta denominada de “Hiperlivro”, com modificação do módulo livro do MOODLE original. Esta ferramenta permite o desenvolvimento e edição colaborativa de hipermídias de conteúdo didático, possibilitando a criação, em formato hipermídia, de várias páginas, links, glossários e listas de referências bibliográficas, além de permitir a criação de vários caminhos de visualização de conteúdo. As 15 primeiras disciplinas do curso apresentaram o formato bilíngue no Hiperlivro, contudo, a partir da décima sexta disciplina os tópicos foram reorganizados e passaram a se apresentar diretamente na Língua Brasileira de Sinais.

Os DVDs foi o segundo item tecnológico usado pelo curso e eles faziam parte dos materiais que os alunos recebiam. Inicialmente, cada um dos DVDs poderia incluir algumas temáticas de duas ou três disciplinas. No entanto, segundo as autoras, os alunos reivindicaram mais tempo por disciplina em cada DVD. A partir do segundo semestre, os DVDs passaram a ser produzidos com apenas uma disciplina, sendo ampliado o tempo de produção em sinais. Os DVDs apresentavam textos exclusivos na Língua Brasileira de Sinais relacionados com conteúdos de cada disciplina.

O curso também utilizava as videoconferências para que o professor da disciplina apresentasse alguns elementos da disciplina para os alunos por meio desta ferramenta. As videoconferências são consideradas aulas presenciais e envolvem em torno de 40% das aulas presenciais do curso.

2. Metodologia

A fim de alcançar os objetivos propostos, identificou-se como delineamento metodológico mais apropriado: a pesquisa bibliográfica, análise de documentos escritos e entrevistas semiestruturadas numa abordagem qualitativa.

A pesquisa foi realizada no Curso de Letras/ Língua Brasileira de Sinais, desenvolvido na modalidade à distância, pela Universidade Federal de Santa Catarina, no pólo da Universidade Federal do Amazonas.O Curso tinha matriculado durante a pesquisa de campo, no pólo da Universidade Federal do Amazonas, 27 alunos, sendo 8 alunos ouvintes e 19 alunos surdos. Neste trabalho, o foco foram os alunos surdos.

Para tal, utilizou-se o critério da saturação, que segundo Minayo (2006) [3] é o critério formado pelo pesquisador, no campo, de que conseguiu compreender a lógica interna do grupo ou da coletividade em estudo e da intensidade das informações necessárias para seu trabalho. Seguindo o critério citado, foram entrevistados quatro membros da Equipe Técnica e Pedagógica do Curso, atuantes no Pólo da UFAM, além de oito alunos surdos do referido Pólo.

Para a coleta dos dados referente às entrevistas, usou-se uma câmera filmadora digital, que captou imagens em movimento e som, fato este muito importante para o bom êxito deste trabalho, haja vista que esta pesquisa investigou alunos surdos e os mesmos utilizam a Língua Brasileira de Sinais, uma língua de modalidade visual-gestual, que usa as mãos em vez da voz e os olhos em vez do ouvido. A esse respeito, Silva (2001, p. 43) [4] diz que “a qualidade comunicativa dos surdos e a constituição do pensamento estão nas mãos (e em todo esquema corporal), pois eles podem executar com perfeição o mesmo papel atribuído ao sistema fonador por meio da Língua de Sinais”.

Foram analisados, também, os documentos oficiais do curso, como o projeto político e pedagógico e artigos produzidos pela Coordenação Geral do Curso, sobre o curso. O contato com a bibliografia, neste trabalho, aconteceu em todas as suas etapas, pois se entende a sua importância e relevância para a conclusão desta pesquisa.

Após a realização das entrevistas, os dados coletados foram estabelecidos seguindo uma organização lógica, levando-se em conta sua importância e evidência. Acerca da organização dos dados, Pádua (1997, p. 75) [5] relata que ela “permite uma visualização de conjunto da pesquisa; permite também uma

Iberdiscap

visualização de certos problemas com relação aos dados coletados, possibilitando uma correção ou superação das deficiências observadas".

Finalizado o ordenamento, iniciou-se a análise, classificação e interpretação dos dados coletados. Para Pádua (1997) [5], essa etapa envolve: 1) classificação e organização das informações coletadas; 2) estabelecimento das relações existentes entre os dados, tais quais, pontos de divergência, pontos de convergência, tendências, regularidades, princípios de causalidade e possibilidades de generalização e 3) quando necessário, tratamento estatístico dos dados.

Com o objetivo de preservar os indivíduos envolvidos, a pesquisa foi pautada na Resolução 196, de 1996, do Conselho Nacional de Saúde, que regulamenta as pesquisas com seres humanos e os cuidados éticos a serem seguidos. Os tópico III.3, alínea g, i e n foram os que mais se encaixaram com a proposta metodológica deste estudo.

A autorização para a realização dessa pesquisa foi dada, a nível nacional, pelo Grupo de Pesquisa e Avaliação do Curso Letras Libras da UFSC, na pessoa de sua Coordenadora, Profa. Dra. Heloísa Helena Barbosa, e, a nível local, pelo Coordenador Institucional do Pólo, Prof. Dr. Gabriel Arcanjo dos Santos Albuquerque, sediado no pólo da Universidade Federal do Amazonas. Os sujeitos entrevistados foram esclarecidos sobre os objetivos da pesquisa e sua participação foi condicionada ao seu livre consentimento, respeitando assim o tópico III.3, alínea g "contar com o consentimento livre e esclarecido do sujeito da pesquisa e/ou seu representante legal" (Resolução CNS 196/1996).

3. Resultados e Discussões

Moore e Kearsley (2007) [6] referem-se à necessidade de mudança no papel do aluno na Educação a distância, esse novo papel, essa nova forma de ser estudante e de estudar causou bastante estranhamento para os alunos surdos do Pólo da UFAM. Segundo os autores, para estudar em um curso a distância, o aluno tem que deixar de ser passivo, de apenas ser receptor de conteúdo e saberes. Nessa modalidade o aluno precisa ser um sujeito ativo, responsável pela busca do conhecimento e de sua aprendizagem.

Os entrevistados relataram que tudo era estranho, difícil e diferente no curso, nenhum dos entrevistados tinham experiência em um curso dessa natureza, todos eram egressos da educação básica regular. O entrevistado H[15] relatou que desconfiava da seriedade do curso, achava que não conseguiria aprender desse jeito e que pensava que o curso não iria adiante. G[16]disse que no início até pensou em desistir porque não conseguia se adaptar com essa modalidade, sentia falta dos professores e do contato diário com a sala de aula e com os professores. Contudo, alguns alunos, embora sentido todas as dificuldades em desenvolver a autonomia que o curso exige, se sentiram privilegiados em participar dessa turma pioneira, ficaram gratificados em poder estudar na sua língua e, principalmente, em estudar em casa e nos horários vagos.

Com o decorrer das aulas as dificuldades narradas foram sanadas, todos os entrevistados relataram que estavam completamente acostumados e adaptados ao curso, embora admitiram que o curso exigia muita responsabilidade. O entrevistado H resume essa ideia ao afirmar que "*agora confio sim no curso de libras, ele é muito sério, muito bom, muito importante, mas o aluno precisa de muita responsabilidade para conseguir estudar e ser aprovado nas disciplinas*" (H, maio, 2010).

[15] H é surdo, aluno do curso.

[16]G é surdo, aluno do curso.

Iberdiscap

O curso dispôs inúmeros recursos tecnológicos de apoio aos alunos, surdos e ouvintes, recursos estes que foram importantíssimos para um proveitoso processo de ensino e aprendizagem. B[17] enumera as tecnologias usadas pelo curso:

Temos o computador, a internet, a hipermídia, os fóruns, as videoconferências, o DVD que vem, o material impresso e a webcam que é bastante utilizada por eles; eles também fazem atividade com a webcam. Todas essas tecnologias são indispensáveis. Por exemplo, os alunos que tem facilidade com o português usam o PDF para fazer as atividades, mas àqueles que têm dificuldade usam o DVD e a webcam para fazer as atividades, eu vejo que este curso veio para atender as necessidades de todos os alunos. Porém eu considero a webcam o diferencial do curso, a possibilidade deles fazer os exercícios em língua de sinais é fantástica. (B, maio, 2010)

Todos esses recursos foram usados e de importância reconhecida por todos os entrevistados, como salienta G, "Eles são muito necessários, o DVD explica o conteúdo da disciplina em libras e o PDF em português, então os dois dão uma grande contribuição para a minha aprendizagem, além de todos os outros recursos tecnológicos que o curso usa" (G, maio, 2010)

No inicio do curso, com base na nossa amostra, somente a metade dos alunos tinham computador. Dos que tinham, apenas um o utilizava frequentemente, conforme observa G: "tenho um notebook e já uso o computador há muito tempo, uso no trabalho e em casa" (G, maio, 2010). Os outros tinham, mas não o usavam com frequência e, alguns, nem tinham um conhecimento básico para usá-lo. L[18]esclarece essa questão ao dizer que "tinha sim computador antes do início curso, mas não tinha domínio, não costumava usá-lo para fazer trabalhos ou qualquer outra atividade acadêmica ou outra coisa do gênero, inclusive o uso da tecnologia me fez quase desistir do curso, eu achava muito difícil o seu uso e o seu domínio" (L, maio, 2010).

Havia também o grupo dos alunos que não tinham computador, dentro desse grupo há alunos que logo no início do curso compraram esse recurso para poder estudar, um desses alunos foi H "Tenho computador, comprei no inicio do curso, eu uso o computador só para estudar, eu não conheço bate-papo, brincadeira, nada, uso só para estudar" (H, maio, 2010). Há também aqueles alunos que não conseguiram comprar equipamentos logo no início e só depois de algum tempo tiveram condições, como é o caso do entrevistado J[19]. Perguntamos a ele e aos outros entrevistados que se enquadram nessa categoria como eles faziam para estudar, ele diz que "no inicio do curso eu não tinha computador, usava o laboratório do curso e, às vezes, em Lan House, só no segundo ano do curso eu comprei um notebook, o que facilitou bastante (...)"

A partir do meio do curso todos os alunos já tinham seu computador pessoal, conforme depoimento dos entrevistados A, B e C[20]. Isso fez com que a frequência no laboratório caísse, fato este endossado pelo entrevistado B "a frequência deles no laboratório é mediana, porque eles já têm computador em casa (...). Quem vêm mais ao laboratório é realmente os alunos que estão com dificuldade de fazer as atividades ou

[17]B é ouvinte, foi integrante da equipe de ensino do curso.

[18]L é surdo, aluno do curso.

[19]J é surdo, aluno do curso.

[20]A, B e C são ouvintes e fizeram parte da equipe de ensino do curso.

ibergisap

os alunos que têm recurso tecnológico em casa, mas se acostumaram a usar o laboratório" (B, maio, 2010).

Questionamos se o domínio do computador mudou, àqueles alunos que admitiram que não tinham no inicio do curso, se, por acaso, com o decorrer do curso eles aprenderam usar esse recurso tecnológico. Todos os entrevistados afirmaram que sim, que pelo menos aprenderam usar os recursos e programas necessários para estudar no curso e que os professores tutores foram muito importantes para incentivá-los e até mesmo ensiná-los.

O uso de mídias digitais foi um elemento importante no curso, umas das principais fontes de consulta e estudo para os alunos do curso foram os DVDs-Livro. Este material foi um substituto dos cadernos impressos comuns em outros cursos superiores a distâncias. Nele, todas as informações sobre a disciplina estavam em Libras. Todos os entrevistados narraram da importância deste material para o curso, da possibilidade de poder aprender os conteúdos propostos pelo curso na Língua de Sinais.

A Plataforma de Ensino ou o Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem do curso foi outro elemento de muita valia, nele estava contido todos os itens de comunicações síncronas e assíncronas como os chats e fóruns usados pelos alunos, professores titulares, professores tutores, monitores, suporte pedagógicos, midiáticos e equipe técnica; havia os espaços para informações gerais do curso e das disciplinas; armazenava arquivos de texto e vídeos para consulta; dicionário de termos tecnológicos e linguísticos da Libras; além de conter os textos em Libras auto-instrucionais, os chamados hiperlivros. Esse recurso foi exaltado pelos entrevistados, embora fosse de difícil apreensão no início do curso. As criticas que existiram não foram ao ambiente propriamente dito, elas focam na internet ofertada na região e na dificuldade de abrir os vídeos em Libras.

As videoconferências aconteciam, em média, há cada 15 dias, durante as suas realizações os professores titulares e os professores tutores, ministram aulas das disciplinas sob sua responsabilidade. Elas eram divididas em: momento com o professor tutor, momento de explanação do professor titular, momento de atividades e momentos tira-dúvidas titular quando todos os pólos eram ouvidos. Os entrevistados relataram que as videoconferências eram muito boas, que aprendiam muito com elas, principalmente quando os professores utilizam vídeos, imagens e quando eles davam a chance para os pólos participarem. Falaram também que nos dois primeiros anos do curso quase sempre o sinal caia ou quando não a imagem ficava tremida, mas que a partir do terceiro ano do curso elas melhoraram.

Durante a pesquisa percebemos que boa parte dos surdos possuía um aparelho telefônico celular. Questionamosem quais situações eles usavam esses aparelhos, eles relataram que o utilizavam principalmente para mensagem de texto. A troca de mensagens de texto ocorria principalmente com amigos, família, colegas do curso e professores tutores, embora esse não era um recurso de comunicação oficial do curso. O uso do celular nos fez averiguar quais outros recursos tecnológicos foramutilizados por eles.Verificamos que o MSN[21]foi recurso muito utilizado, mesmo ele também não sendo um meio oficial de comunicação do curso. O entrevistado B admitiu que "às vezes dava acompanhamento pelo MSN mesmo sabendo que não era muito recomendado, o recomendado era que eles usassem os fóruns ou o bate-papo do ambiente." (B, maio, 2010)

4. Conclusões

[21]A Rede Microsoft de Serviços (Microsoft Service Network) ou simplesmente MSN é um portal e uma rede de serviços oferecidos pela Microsoft em suas estratégias envolvendo tecnologias de Internet.

ubeadiscap

O Curso de Letras Libras deu a possibilidade dos sujeitos surdos experimentarem uma educação pensada nas suas necessidades e especificidades, eles puderam estudar, pela primeira vez no Brasil, em um curso surdo.

Surdo na medida que a língua de instrução e comunicação do curso foi a língua de sinais. A oferta da língua de sinais não foi encarada como mera coadjuvante no processo de ensino e aprendizagem, não havia apenas uma janela minúscula no canto da tela com um intérprete de língua de sinais traduzindo de uma língua fonte para uma língua alvo, ela teve um caráter majestático, todo o material instrucional, todos os professores, toda a equipe de ensino e boa parte da equipe técnica eram usuário dessa língua, além disso, houve pessoas surdas presente e atuante no curso todo, inclusive na coordenação geral. Houve o uso da língua majoritária do país no curso, mas ela foi encarada como segunda língua, sua função foi apenas de suporte.

Surdo porque o curso foi construído e desenvolvido considerando a cultura do olhar. O foco não estava na audição, não existiu som no curso, músicas ou qualquer outra mídia sonora, mas não quer dizer que foi um curso silencioso, toda e qualquer forma de comunicação sonora foi substituída por imagens paradas e em movimento; e sim, havia vida, alma e "barulho" nos vídeo em língua de sinais, nas expressões faciais e/ou corporais e nas fotografias utilizadas.

Surdo porque ele não teve como padrão de normalidade a ação de ouvir e falar. Nele, as pessoas surdas foram encaradas como normais e diferentes. Normais porque a máxima de que é necessário ter habilidades auditivas e orais para poder cursar um curso superior promovida por uma instituição pública e de qualidade não existiu, o surdo foi visto como um sujeito com potencialidades e limites, como qualquer ser humano, alguém que não precisava fazer parte da maioria para poder estudar, a ele foi dado a oportunidade de ser diferente e de ter uma vida acadêmica pautada a partir de sua diferença. As pessoas surdas também não foram consideradas iguais pelo simples fato de não ouvir, não os classificaram ou os rotularam como pertencentes de uma mesma categoria - os da não audição – respeitou-se e se reconheceu que havia diferenças na diferença, que os sujeitos surdos não eram iguais, que eles também tinham múltiplas identidades, interesses, ansiedades e sonhos diversos.

Surdo porque priorizou o uso de Novas Tecnologias de Comunicação e Informação visuais como facilitadora do processo de ensino e aprendizagem. Para atender a clientela o Ambiente Virtual foi modificado e adaptado, criou-se a possibilidade dos alunos poderem fazer as atividades em Libras, a partir da inclusão de tecnologias de registro de vídeo; nele, os chats também puderam acontecer em Libras, pois foi permite o uso concomitante de até quarto imagens em movimento capturadas por webcam; o livro virou hiperlivro, com resumos dos conteúdo das disciplinas em língua de sinais. O material instrucional impresso, também muito comum e usado em educação a distância, foi substituído por uma mídia em DVD, no qual, em vez da língua portuguesa na modalidade escrita, oportunizou-se o acesso do conhecimento na língua da clientela. As videoconferências também foram adaptadas para que se prendesse a atenção na aprendizagem e na apreensão do conhecimento, evitou-se o uso de cores fortes, estampas ou qualquer outra imagem ou ilustração que desviasse o foco do seu objetivo.

Surdo porque priorizou a contratação de professores titulares, professores tutores, monitores, equipe técnica e pedagógica conhecedora não apenas da língua de sinais, mas da cultura e da forma de ver e viver dos sujeitos surdos.

Além disso, ele incluiu seus alunos na era tecnológica e digital, pois vários deles quando entraram no curso não tinham computadores ou acesso a internet, e alguns que tinham não sabiam como usá-los; o curso incentivoupara que os alunos adquirissem equipamentos e entender sua importância e o seu uso como instrumento de acessibilidade comunicativa.

Contribuiu deveras com a comunidade surda manauense, pois ao ofertar um curso superior gratuito e de qualidade, pensado e voltado para sujeitos surdos, possibilitou que esses indivíduos sonhassem e se

Iberofscap

realizar profissionalmente, a partir da posse de um diploma de ensino superior. Serviu também como agente multiplicador das novas pesquisas da língua, cultura e pedagogia dos surdos, ao passo que seus alunos egressos se tornaram retransmissores desses conhecimentos.

A internet, no tocante ao acesso e a sua velocidade de transmissão, foi o quesito de maior dificuldade apresentado no curso, no pólo da UFAM. Em muitos momentos os alunos estiveram como reféns, sem ter como estudar e cumprir com as suas obrigações acadêmicas, pois o curso foi desenvolvido quase que integralmente a partir da rede mundial de computadores e esse serviço era de baixa qualidade e velocidade na cidade. O pólo empreendeu algumas ações com o objetivo de solucionar esse problema, conseguiu levar a fibra ótica o laboratório do curso, conseguiu acesso a um link mais rápido para transmissão das videoconferências e disponibilizou o acesso ao laboratório em dois períodos do dia, em cinco dias da semana fazendo com que os tutores trabalhassem além do previsto às suas atribuições, pois muitas vezes, eles tiveram que explicar o conteúdos das disciplinas presencialmente quando o acesso virtual não era possível.

Observamos também que a Educação a Distância é um caminho viável para a formação de pessoas surdas, e que poderia ser mais explorada no país, não apenas formado professores, mas profissionais surdos em diversas áreas do conhecimento, pois ela, com base em sua especificidade e dos recursos tecnológicos empregados, atende perfeitamente as necessidades desses sujeitos. Outro ponto positivo do seu uso é a possibilidade de uma abrangência nacional ampla, podendo levar educação para qualquer lugar do país em que houver acesso a internet. Como temos poucos profissionais formadores na área da surdez, e os que existem estão concentrados no sul e sudeste do Brasil, com raras exceções no norte e nordeste, essa é uma característica que só ela possibilita, levar educação de qualidade para um número infinito de alunos, sem se preocupar com a sua localização espacial.

Contudo, alertamos para o fato de que quem detém o poder decisório para a educação de surdos são ouvintes monolíngues, eles dirigem os processos e políticas educacionais considerando apenas a sua perspectiva ouvinte, a respeito das didáticas, dos objetivos educacionais, da arquitetura escolar, dos modelos educacionais, entre outros. Para que haja uma efetiva educação de surdos no país, eles próprios, os surdos, devem ser os condutores e os tomadores de decisões do seu processo educacional, há de valorar sua história, sua língua, sua experiência visual, suas potencialidades, seu jeito de entender os conceitos e processar o conhecimento.

Referencias

[1] QUADROS, Ronice Muller de. CERNY, Roseli Zen. Pereira, Alice Therezinha Cybis. Inclusão de surdos no ensino superior por meio do uso da tecnologia. In: QUADROS, Ronice Muller de (Org.). **Estudos Surdos III**. Petrópolis, RJ: Arara Azul, 2008.

[2] QUADROS, Ronice Muller de. STUMPF, Marianne Rossi. O primeiro curso de graduação em letras língua brasileira de sinais: educação a distância. In: **ETD – Educação Temática Digital**. Campinas, v. 10, n. 2, p. 169-185, jun. 2009.

[3] MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 8 ed. São Paulo: Hucitec, 2004.

[4] SILVA, Regina C. F. **A tecnologia da informação**: um caminho na construção e democratização de oportunidades de acesso à educação profissional a distância – uma realidade possível. Dissertação (Mestrado). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

[5] PÁDUA, Elizabeth M. M. **Metodologia da pesquisa em educação: abordagem teórico-pratico.** 4 ed. Campinas/SP: Papirus, 1997.

[6] MOORE, M. KEARSLEY, G. **Educação a distancia**. São Paulo: Thomas Pioneira, 2007.

Iberdiscap

Metodología en la búsqueda de respuestas para una ecología de mayor autonomía para personas con discapacidad

Jorge Falcó, Begoña Garrido, Esteban Vaquerizo, Mercedes García-Camino, Consuelo de la Ascensión, Concepción Díez, Armando Roy, José María Falcó, Alba Jiménez, José Ignacio Artigas

Universidad de Zaragoza, Depto Ingeniería electrónica y comunicaciones, c/ María de Luna, 3, 50018 Zaragoza, España, 976 761948, jfalco@unizar.es

Resumen.

Esta comunicación muestra un modelo de actuación en investigación fruto de la experiencia de orientar la actividad de diseño y desarrollo para su utilidad por parte del usuario final. Por ello cubre una gran parte de la "cadena de valor", que incluye usuarios, profesionales en su formación y atención, responsables institucionales, asociaciones, entidades de investigación y desarrollo y empresas. El grupo promotor es un grupo universitario con un objetivo aplicado claro de aplicar el conocimiento y la tecnología para una mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad y una reducción del gasto. El trabajo apuesta por ser colaborativo con colegios de educación especial, residencias de ancianos y de personas con discapacidad, asociaciones de usuarios, instituciones públicas, empresas y otros grupos universitarios. Hasta ahora nuestro trabajo ha conseguido colaboración con cada uno de los agentes mencionados.

Palabras clave:metodologías colaborativas, tecnología de apoyo, comunidad de usuarios, ecología de actores, validación

1. Introducción y contenidos

Tecnodiscap es un Grupo de Investigación de la Universidad de Zaragoza, reconocido como grupo consolidado de investigación aplicada por la DGA.

Está formado por un grupo interdisciplinar de profesionales, entre los que encontramos ingenieros, trabajadores sociales, educadores sociales y terapeutas ocupacionales.

El objetivo de este grupo es la aplicación de la tecnología para la mejora de la calidad de vida de las personas con una discapacidad que merme la autonomía para las habilidades diarias, sea ésta congénita, adquirida o sobrevenida por la edad.

La metodología que seguimos propone un modelo de actuación elaborado desde la experiencia, que incluye a actores singulares: instituciones públicas como responsabilidad política y organizativa, profesionales de colegios de educación especial, profesionales de las asociaciones de usuarios con discapacidad y sus cuidadores, grupos de investigación, empresas. Se cuenta con profesionales de la educación, de la ingeniería informática, industrial y electrónica, científicos, médicos, trabajadores sociales, terapeutas ocupacionales.

Las líneas de investigación que se desarrollan en este momento se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Actuaciones en el entorno, que benefician al usuario y/o cuidador

Iberdisap

- Localización y guiados en interiores y exteriores.
- Adaptación de electrodomésticos
- *Soporte a la interacción con el entorno.*

- Apoyos directos al usuario
  - Dispositivos de orientación temporal.
  - Sistema de monitorización de caídas.
  - Dispositivos de apoyo y rehabilitación motórica.
    + Banco multifuncional.
    + Medidor de espasticidad.
    + Hipoterapia.
  - Ocio accesible y terapéutico.
    + Software adaptado.
    + Métodos alternativos de acceso al ordenador.
  - Entrenamiento de tareas cotidianas.
  - Interfaces adaptados y apoyos motrices.
  - Adaptaciones especificas.
- Salas de Estimulación Multisensorial
  - Ayudas técnicas para la estimulación de personas multideficientes.
  - Ayudas técnicas para la estimulación de personas, que por su edad, pierden la calidad en la recepción a través de los sentidos.

2. Metodología

Gracias al trabajo de profesionales de distintos campos que hay en el grupo podemos plantear una línea de trabajo que se acerca a las necesidades reales de los usuarios.

Tomamos bases de protocolos establecidos, adaptándolos a la realidad y el ecosistema de actores en que desarrollamos nuestra actividad.

Así, como indica David Travis, de System-Concepts [1], indica que la idea de **"diseño centrado en el usuario"** propone que los diseñadores comprendan el contexto de uso: esto significa un profundo entendimiento del usuario, del entorno en el que se desarrolla y las tareas de usuario.

"Es una aproximación al desarrollo de sistemas interactivos que persigue construir sistemas usables y útiles enfocándose en los usuarios, sus necesidades y sus requisitos, y aplicando conocimientos y técnicas de ergonomía, factores humanos y usabilidad". ISO 13407, de título "Human centred design for interactive systems".

En nuestro caso, primero se observan las necesidades preferentes no cubiertas. Es decir, son los usuarios o los agentes sociales quienes hacen la demanda. Ellos son los que realmente conocen sus necesidades y quienes pueden hacer una valoración de qué ayudas técnicas pueden facilitar su calidad de vida.

A partir de ahí, se evalúan las posibles soluciones con los profesionales de ese campo: se valora qué tecnología hay disponible en el mercado, qué ámbitos o necesidades se cubren con las medias propuestas, qué medios (humanos y materiales) se necesitan para llevar esto a cabo… y qué requerimientos éticos han de seguirse para lo que queremos hacer.

Iberdiscap

En el proceso de entrenamiento y uso, también en fase de diseño, se tiene especialmente en cuenta las emociones que se movilizan ante situaciones como tener que aprender el uso de una tecnología, algo realmente desconocido sobre todo con mayores. Esta preocupación nos ha llevado a estudiar emoción y motivación en la aplicación de nuestros proyectos de modo que en vez de inhibir movilice a la persona, en vez de rechazar sea capaz de afrontar el aprendizaje como un valor ante los suyos. Esta emoción fue la que llevó a una usuaria de casi ochenta años a manifestar " no fue lo que aprendimos, que sí, sino lo bien que nos sentimos!". Posteriormente aprendieron a hablar con la familia desde el ordenador y a enviar emails.

No es posible realizar un producto que sirva para todo el mundo. Sí se pueden realizar adaptaciones concretas para soluciones particulares.

Sobre un modelo – prototipo, se hacen, por parte de los profesionales y los usuarios, las especificaciones de las necesidades preferentes no cubiertas. Han de ser los usuarios los que se impliquen ya que sin su valoración no estamos cubriendo realmente la necesidad.

Y también por eso, son los usuarios los que realizan la valoración del producto.

Finalmente se utiliza la Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud. OMS 2001, para validar el impacto real del sistema sobre los usuarios, uno de los usos contemplados en esta herramienta.

Implantación

Hay varios puntos a tener en cuenta a la hora de que el producto sea accesible en el mercado:

- Diseño y desarrollo.
- Homologación cumpliendo la normativa.
- Fabricación.
- Distribución.
- Comercialización y venta.

Los medios que utilizamos para ellos son:

- Software libre. Los conocimientos adquiridos y los medios alcanzados han de ser de libre acceso
- Comunidad de usuarios. Como ya se ha indicado este trabajo es posible gracias a que los usuarios y los profesionales que están con ellos comparten sus conocimientos. Estos forman la comunidad que van a demandar y utilizar los productos desarrollados.

Es decir, el grupo realiza el prototipo del producto tal y como es en su resultado final. Éste se facilita a una empresa de inserción sociolaboral para su producción. Esta empresa se hace cargo de la homologación conforme a la normativa vigente y de la fabricación del producto en la cantidad que la comunidad de usuarios necesita. Y esta comunidad se encarga de la formación (junto a la Universidad), y mantenimiento de los productos.

Desarrollo cooperativo

Toda esta labor se realiza junto a distintas instituciones y organizaciones de usuarios.

En colaboración con el Ayuntamiento de Zaragoza, en el barrio de Valdespartera donde se han adaptado dos pisos con las ayudas técnicas necesarias para el normal desenvolvimiento de personas con

Iberdiscap

discapacidad. Estas ayudas son de soporte a la interacción con el entorno y de adaptación de electrodomésticos. El contacto con el ayuntamiento es vital para integrar en su red de servicios las nuevas posibilidades innovadoras que surgen, de forma que sean compatibles tanto tecnológicamente como a nivel de estructura de provisión de servicios.

Residencia Romareda, donde en acuerdo con el Gobierno de Aragón, se van a instalar para su validación ayudas técnicas que faciliten la autonomía de los residentes y el trabajo de los profesionales.

Un foro de cooperación altamente valorado desde el grupo es la Mesa de Entidades: en ella, distintas asociaciones de usuarios debaten y comparten visiones sobre la valoración de sus colectivos, las necesidades, las actuaciones pertinentes y el marco en que pueden llevarse a cabo, incluyendo los criterios de validación que probarán el grado de eficacia conseguido. Como ejemplo, Atades se ha convertido en usuario final de proyectos educacionales, en los que se desarrolla un soporte didáctico, para el aprendizaje de las actividades de la vida diaria; y un soporte de seguridad personal, para conseguir la mayor autonomía de las personas con discapacidad intelectual. También con la asociación de Parkinson Aragón se tiene un proyecto específico de tele-rehabilitación.

Asociación para la Investigación en la Discapacidad Motriz, en el desarrollo y validación del proyecto de Hipoterapia, en el que se investiga en un emulador, que con el fin de incrementar los efectos terapéuticos, además de reproducir los movimientos del caballo contemple otros aspectos.

CPR Juan de Lanuza y Colegios Alborada, Arboleda, Rincón de Goya y Piaget. Con ellos formamos la comunidad de usuarios necesaria para desarrollar y validar proyectos como dispositivos electrónicos de bajo coste para medición de la postura en niños con discapacidad motriz, aulas de estimulación multisensorial, dispositivos de orientación temporal.

Otras instituciones europeas, con las que se trabaja de forma conjunta en el desarrollo y validación de tecnología para la universalización de la accesibilidad a los servicios y bienes de consumo, incluyendo servicios públicos, a través de desarrollos e investigaciones aplicadas y usando tecnologías avanzadas que ayuden a asegurar una igualad en el acceso, una vida independiente y la participación de todos en la sociedad de la información.

. Resultados y discusión

Hemos obtenido el reconocimiento del Gobierno de Aragón y de la Universidad de Zaragoza ante nuestra actividad, consolidando una unidad de investigación en este sector, llamada CAITA: Centro Aragonés de Investigación en Tecnologías de Apoyo.

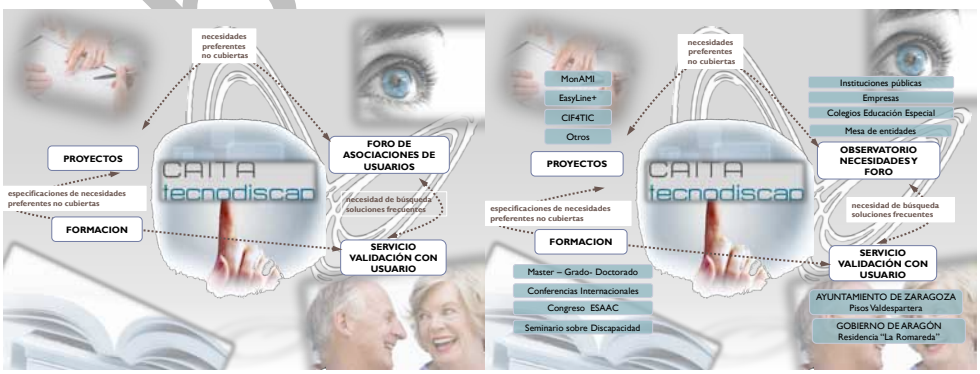


Figura 1: esquema de CAITA

En este centro tenemos distintas actividades, como se muestra en la figura 1: Un módulo de nuestra actividad se desarrolla en observar, recibir, dinamizar la comunidad de atención a la dependencia para buscar mejoras y recibir necesidades no cubiertas. Esta actividad la realizamos de forma colaborativa con las asociaciones de usuarios, instituciones y algunas empresas. Entre las instituciones se cuentan la consejería de Asuntos sociales del gobierno de Aragón, el IASS, la consejería de educación del Gobierno de Aragón (con colegios de educación especial y la diputación provincial de Zaragoza), la consejería de Ciencia y Tecnología del Gobierno de Aragón y el Ayuntamiento de Zaragoza.

Otro módulo es el experto en búsqueda o adaptación de soluciones, donde nos planteamos en marcos de proyectos (algunos autofinanciados) la mejora de sistemas imbricados en la realidad en la que se dan, atendiendo a modelos de salud, sociales y económicos además de las soluciones tecnológicas.

Por otra parte acometemos la validación de los servicios o ayudas técnicas que desarrollamos, u otros que nos llegan, con protocolos sistematizados, incluyendo la valoración CIF para su universalización y para poder realizar comparaciones y extrapolaciones más allá de los perfiles clásicos de merma de capacidades o poblacionales. Para ello estamos contando con la inestimable colaboración de la residencia de la Romareda, asociaciones de usuarios y la cesión de dos pisos del Ayuntamiento de Zaragoza convertidos en viviendas laboratorio (del inglés living labs).

Además atendemos laboras de formación y difusión, tanto desde la universidad en los cursos que impartimos, como externalizando conocimientos de evaluación, tecnología, metodología y colaborando con otras entidades a realizar esta formación (congreso ESAAC 2009, curso de discapacitados sin fronteras, etc).

4. Conclusiones y trabajos futuros

Las líneas que ahora más estamos potenciando son:

- La interacción afectivo-emocional, especialmente en educación, partiendo de los conceptos de salas de estimulación multisensorial y entornos de estimulación multisensorial (ante la solicitud de los profesores de educación especial de disponer de sistemas más baratos, en las aulas y gimnasios y con mayor capacidad interactiva). Contamos con la inestimable colaboración de la consejería de educación del Gobierno de Aragón, especialmente de colegios de educación especial, y la unidad de atención temprana del IASS (Instituto Aragonés de Servicios Sociales).
- La orientación temporal y la espacio temporal, a través del DOT, de estímulos sonoros, de sistemas de localización y guiado.
- Los servicios para personas en situación de dependencia que permitan mejorar su calidad de vida, la de sus cuidadores y reducir el gasto público en la atención a la dependencia, de la mano de la consejería de asuntos sociales del Gobierno de Aragón principalmente. Apostamos por plataformas abiertas, interoperables y con servicios que permitan a las personas llevar una vida independiente más tiempo, atendiendo a las comunidades donde viven como soporte y modelo de vivienda humano y de mayor calidad. También por apoyar al cuidador en su tarea, y por mejorar la calidad de vida en general en las residencias.

Referencias

[1] http://www.system-concepts.com/

Iberdiscap