

Entorno interactivo multimodal para personas con parálisis cerebral

Cesar Mauri¹, Agusti Solanas², Toni Granollers³, Narcís Parés⁴, Joan Bagés⁵, Mabel García¹

¹ Associació Provincial de Paràlisi Cerebral, Tarragona, cesar@crea-si.com, mggs@tinet.org

² CRISES Research Group. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, agusti.solanas@urv.cat

³ GRIHO, HCI research group, Universitat de Lleida, Lleida, tonig@diei.udl.cat

⁴ Laboratori de Sistemes Interactius, IUA, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, narcis.pares@upf.edu

⁵ Centre de Reserche Informatique et Creation Musicale, Universidad Paris 8, Francia, joanbir@hotmail.com

Resumen

El presente artículo describe las estrategias y tecnologías utilizadas para proveer a personas con parálisis cerebral en grados moderados y severos de unas actividades lúdicas y creativas diseñadas a la medida de sus potencialidades. Estas actividades se basan en sistemas interactivos de visión artificial y generación de gráficos y sonidos en tiempo real. El bienestar conseguido con estas actividades parte de conseguir un importante grado de autonomía en su realización gracias a las tecnologías utilizadas, las cuales no requieren la mediación de un cuidador o educador para ayudar a los usuarios a realizarlas.

Palabras clave: *parálisis cerebral, interacción multimodal, visión por computador, accesibilidad, desarrollo personal*

1. Introducción y contenidos

El área de la tecnología interactiva aplicada a la discapacidad y a las necesidades especiales resulta de gran importancia para nuestra sociedad al explorar las posibilidades de ayudar a personas con discapacidades congénitas, trastornos psicológicos adquiridos, problemáticas derivadas de accidentes o, sencillamente, con las limitaciones progresivas que conlleva el envejecimiento. La mejora de la calidad de vida de estas personas resulta esencial en todo planteamiento socio-sanitario actual. Por eso cualquier nueva estrategia para poder contribuir a su bienestar resulta de gran interés.

Este artículo presenta el proyecto denominado Sistema Audiovisual Terapéutico Interactivo (SATI) que desde 2007 se está poniendo en práctica en la Asociación Provincial de Parálisis Cerebral (APPC) de Tarragona. El principal objetivo del proyecto es investigar, desarrollar y aplicar un sistema capaz de analizar los movimientos y los sonidos de los usuarios (por medio de visión artificial y micrófonos) y transformarlos en imágenes, sonidos y vibraciones. El objetivo es

crear un espacio sensible donde el usuario, a pesar de sus limitaciones sensoriales, motrices y cognitivas, sea capaz, por él mismo, de interactuar. Con ello no tan solo se pretende que el usuario participe en una experiencia que no resulte perjudicial, sino que fomente la asociación causa-efecto y la sensación de control e incluso que acabe sirviendo como un canal de expresión. Además, mediante esta actividad, los usuarios pueden desarrollar capacidades –a veces inconscientemente– como la participación, la comunicación o la creatividad, lo que conducirá a una mejora de su calidad de vida.

En efecto, la complicidad usuario-aplicación que se persigue puede dar lugar a esta sensación de control antes mencionada, la cual a la larga puede generar una sensación de *agencialidad* en el usuario. Esto implica la consciencia de que el usuario puede actuar sobre su entorno y que éste último le responde de forma coherente. Esta sensación puede desencadenar efectos muy positivos de autoestima y de capacidad expresiva. Ambos efectos están documentados como generadores de bienestar tanto a nivel psicológico como biológico .

Nuestro proyecto se centra en las personas con parálisis cerebral, pero creemos que también podría beneficiar a otras personas con discapacidades cognitivas (por ejemplo, autismo, síndrome de Down, retardo mental, demencia senil, etc.).

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se resumen los antecedentes en I+D llevados a cabo en la APPC y las motivaciones del proyecto SATI, en la sección 3 se presenta un resumen del estado del arte en la materia. La sección 4 presenta la metodología empleada incluyendo una descripción del despliegue tecnológico, la caracterización de los participantes y el método experimental empleado. La sección 5 presenta algunos resultados, y el artículo concluye en la sección 6 apuntando futuras líneas de investigación

2. Antecedentes

Desde el año 2004 la APPC, además de realizar sus actividades habituales, se involucró en programas y proyectos de I+D orientados al uso de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) para proporcionar ayuda y herramientas dirigidas a personas con parálisis cerebral. Se empezó a investigar la aplicación de los sistemas "Ratón Facial" y "WebColor", aportados por CREA¹. Estos sistemas, utilizan una cámara web para proporcionar formas de acceso alternativo al ordenador. Ratón Facial permite controlar el ratón con los movimientos de la cabeza, mientras que WebColor utiliza elementos de color, como etiquetas adhesivas, guantes o papel, para emular las funciones de un pulsador. Estos sistemas permiten identificar la movilidad voluntaria del niño y convertirla en órdenes útiles. Otras actuaciones incluyen el desarrollo de un comunicador para Pocket PC, CREA Talker, la adaptación de ayudas técnicas y un programa de formación y asesoramiento dirigido a los profesionales del centro.

Todas estas acciones supusieron un fuerte avance en el uso de nuevas técnicas y una gran ayuda para los usuarios y profesionales de la asociación. Sin embargo, un número no despreciable de usuario no fue capaz de sacar provecho de tales avances tecnológicos debido a sus propias limitaciones cognitivas, pues muchos de ellos no comprendían el uso de las aplicaciones más simples que les proporcionaban los profesores y terapeutas; es decir, "la tecnología era accesible, pero no usable".

Los efectos beneficiosos de la música observados en las sesiones regulares de musicoterapia, que se llevaban a cabo en la APPC, motivaron la realización de pruebas combinando el uso de Ratón Facial con el sistema DanceMusic (este último genera sonidos MIDI y colores en la pantalla al mover el ratón). Un usuario del centro, que no participaba activamente en las sesiones de musicoterapia, lo probó y pudimos observar inmediatamente la motivación que sentía al interactuar con el sistema. Otras pruebas con niños que no eran capaces de usar el ordenador revelaron que respondían ante este sistema. Por todo ello se decidió asumir el reto y emprender el proyecto SATI.

3. Estado del arte

La aplicación de los medios interactivos a la discapacidad cuenta ya con una larga trayectoria, desde aplicaciones para el tratamiento de trastornos psicológicos como fobias, trastornos

obsesivo-compulsivos, trastornos post-traumáticos o trastornos de déficit de atención; pasando por tratamientos de discapacidades físicas causadas por paraplejías, apoplejías, perlesías, etc.; hasta trastornos congénitos como el autismo o la parálisis cerebral.

En muchas de estas aplicaciones el tratamiento de los estímulos se basa mayoritariamente en reproducir entornos físicos en situaciones verosímiles. Por un lado, para realizar terapias por exposición gradual a ciertas situaciones; por ejemplo, situar a un usuario que padece acrofobia (miedo a las alturas) en simulaciones de sitios altos como balcones o puentes. Esto tiene la ventaja evidente de potenciar las sensaciones adecuadas en el usuario sin que peligre su integridad física. Por otro lado también se aplican para realizar entrenamientos de ciertas tareas: rehabilitar una parte del cuerpo, alcanzar objetos que obligan al usuario a realizar un movimiento dado, o en un caso concreto, una aplicación en un supermercado en la que un usuario debe recorrer los pasillos y obtener los productos que necesita con el objetivo de poder recuperar la sensación de autonomía perdida como resultado de padecer una apoplejía. En todo caso, las estrategias se basan en la simulación en la mayoría de los casos.

Incluso en el caso del autismo, muchas aplicaciones utilizan la estrategia de la simulación de un entorno físico. Por ejemplo, Strickland diseñó una aplicación para enseñar a un niño y una niña a cruzar una calle. Esta aplicación, basada en casco de realidad virtual, mostraba un entorno urbano muy simplificado en el que el usuario debía aprender a reconocer los elementos esenciales para cruzar la calle. Alcántud, et al., diseñaron un sistema de sobremesa para recorrer un supermercado virtual en el cual se recogían objetos, los cuales eran transformados para potenciar la imaginación. Un ejemplo más es una aplicación para dar a personas autistas de alto nivel funcional (Asperger) las habilidades sociales mínimas para que puedan encontrar un asiento en un autobús o una cafetería. En todos estos casos la estrategia de estímulos sigue un planteamiento de simulación.

Otro enfoque distinto es el empleado por los proyectos que se comentan a continuación donde lo que se pretende es que el usuario puede actuar sobre su entorno y que éste responda coherentemente.

3.1 Phil Ellis y la terapia sonora

A principios de los años 90, Phil Ellis utilizaba la llamada terapia sonora con Soundbeam en niños afectados de parálisis cerebral, autismo y con discapacidades profundas y múltiples para el

¹ CREA Sistemes Informàtics (<http://crea-si.com>)

aprendizaje. La terapia sonora –generalmente no intervencionista o mínimamente intervencionista– combina la potencia de las nuevas tecnologías con una respuesta estética al sonido, incentivando la interacción y el desarrollo de las habilidades comunicativas de estos usuarios .

Desde 1998, Ellis evoluciona la terapia de sonido hacia la denominada terapia de sonido vibro-acústica (VibroAcoustic Sound Therapy, VAST), experimentando con ancianos . Además de un micrófono y dispositivos vibratorios, el sistema utiliza un dispositivo vibro-acústico para reforzar los sonidos creados por Soundbeam o un micrófono. Asimismo, una técnica de relajación al final de las sesiones, mejora el sentido general de bienestar físico y mental de los usuarios.

A partir de 2004, y desde el centro de investigación iMUSE (interactive Multy-Sensory Environment) de la Universidad de Sunderland (Reino Unido), Ellis centra su trabajo en las personas mayores e incluye imágenes en la retroalimentación que reciben los usuarios. Con ello pretende centrar la atención a través de la inmersión y fomentar la creatividad a través de un acoplamiento intuitivo entre percepción y acción .

3.2 Soundscapes

Soundscapes hace referencia a una biblioteca de captura funcional y una colección de software capaces de generar una respuesta a partir del gesto de las personas. Uno de los usos de Soundscapes es el de actuar como un "amplificador de expresión" de las personas con discapacidad, pues permite a los usuarios generar imágenes y sonidos a partir del movimiento del cuerpo.

La idea principal del proyecto radica en la creación de un "espacio virtual interactivo" en el que los usuarios, experimentan por ellos mismos, su motivación y su creatividad a través del juego y la diversión. El uso terapéutico de Soundscapes se ha puesto de manifiesto en varios proyectos europeos como Twi-aysi (*The world is - as you see it*) y CAREHERE (*Creating Aesthetically Resonant Environments for the Handicapped, Elderly and REhabilitation*) .

3.3 MEDIATE y otros proyectos

Mediate es una instalación multi-sensorial cuyo objetivo principal es facilitar que los niños con autismo puedan divertirse, jugar, explorar y crear en un entorno seguro y controlado. El proyecto Mediate realizó estudios psicológicos y proporcionó a los padres un entorno donde podían ver a sus hijos jugando.

Además de los proyectos mencionados, encontramos un número de sistemas similares como Intellivision y otros utilizando técnicas de visión artificial para crear instrumentos musicales accesibles, por ejemplo, Virtual Music Instrument o Adaptive Use Musical Instruments .

4. Material y métodos

No cabe duda de que si conseguimos fomentar la participación en una persona con discapacidad mental severa –que normalmente permanece pasiva– esto pondrá en marcha una serie de mecanismos que favorecerán su desarrollo. Este tipo de personas suelen ser retraídas, con muy pocas capacidades para la comunicación, lo que las aísla de su entorno. Poner a su disposición un canal que permita de forma efectiva la comunicación, la expresión de sentimientos, de estados de ánimo e incluso la creatividad contribuirá, sin lugar a dudas, a la mejora de su calidad de vida.

Para hacer frente a esta tarea es necesario contar con las herramientas adecuadas para ofrecer esta interacción multimodal de forma eficiente, simple y económica. Basándonos en nuestra experiencia anterior creemos que las técnicas de visión artificial utilizando dispositivos de bajo coste (cámaras web) pueden desempeñar un papel muy importante debido a su versatilidad.

Si bien el sistema SATI, en esencia, se reduce a un conjunto de aplicaciones software, la APPC dispone de una sala especialmente equipada con sistema de audio, pantalla de gran formato y otros elementos como cámaras y micrófonos.

El software del sistema SATI consta de dos módulos principales: el módulo de extracción del gesto y el motor audio-visual. El **módulo de extracción del gesto** es una aplicación (ver Figura 1) que, utilizando una cámara web, captura y procesa en tiempo real una señal de vídeo. A partir de esta señal se extraen una serie de parámetros como:

- (i) Dirección y cantidad de movimiento en un área específica. Permite seleccionar una parte del cuerpo donde se genere la movilidad voluntaria (e.g. cabeza, ojo, mano, pie, etc). La alta sensibilidad del sensor hace que sea especialmente adecuado para personas con movimientos muy restringidos.
- (ii) Posición de una marca de color (como un guante o una etiqueta adhesiva) que se coloca sobre el cuerpo del participante (normalmente en una extremidad superior). Está indicado cuando existe movilidad gruesa voluntaria.

- (iii) Índice de actividad global. Es útil para los usuarios que pueden interactuar con el cuerpo entero.



Figura 1. Sistema de extracción del gesto.

El **motor audio-visual** consta de un conjunto de aplicaciones entre las que destacamos:

- (i) Un motor de efectos digitales en tiempo real (incluyendo efectos como eco, reverberación, desplazamiento tonal, etc.) que permiten al usuario jugar con su voz.
- (ii) Un instrumento virtual basado en el movimiento del usuario que permite reproducir notas MIDI a partir del gesto.

Provisionalmente la representación visual del sonido se consigue con un programa externo llamado R4.

Trabajar con personas con parálisis cerebral es siempre una tarea difícil cuando se considera la interacción persona-ordenador, puesto que estos usuarios presentan una combinación de deficiencias moderadas y severas a nivel sensorial, motriz y cognitivo. Con el fin de adoptar las mejores estrategias de interacción debemos conocer con precisión las características individuales de cada usuario ya que se trata de un grupo muy heterogéneo. Además, esta descripción puede servir para documentar adecuadamente los casos de estudio y poder llegar a generalizar los resultados. Para ello se está trabajando en un modelo de capacidades y discapacidades mediante ontologías aunque, por el momento, empleamos descripciones no formales de las capacidades y discapacidades de los usuarios (e.g. capacidad de ver y oír, movilidad de diferentes partes del cuerpo y algunas características cognitivas como la capacidad de comunicación, memoria a largo plazo o capacidad de aprendizaje, entre otras).

El trabajo con los usuarios se organiza en forma de sesiones individuales de una duración aproximada de entre 15 y 30 minutos. En la sesión están presentes, a parte del usuario, el investigador (tomando notas y estableciendo la propuesta interactiva para el usuario) y el facilitador (persona cercana al usuario, normalmente un cuidador, profesor, terapeuta o familiar encargada de velar por el usuario y ayudar a comunicar con él e interpretar sus respuestas). La sesión empieza dando la bienvenida al usuario y sugiriéndole una actividad (esencialmente jugar con su propia voz o tocar un instrumento). Esta sugerencia y los ajustes específicos de cada actividad están en función de las habilidades del usuario y el grado de éxito obtenido en sesiones anteriores. El facilitador empieza animando al usuario a interactuar, pero sin forzarle. De hecho se intenta intervenir lo menos posible puesto que el objetivo es llegar a conseguir una interacción autónoma. En función del comportamiento del usuario durante la sesión, el investigador puede modificar ligeramente los parámetros del sistema o cambiar de actividad. La sesión finaliza cuando expira el tiempo asignado o cuando el usuario comienza a fatigarse. Toda la sesión se graba en vídeo, incluyendo los comentarios finales entre facilitador e investigador para su análisis posterior. Durante el desarrollo de la sesión y, si se duda de hasta que punto el usuario es consciente del resultado sonoro que está generando, pueden realizarse pruebas de control como desconectar la salida sonora y observar como reacciona el usuario.

El análisis de las anotaciones y grabaciones en vídeo incluye el estudio de algunas variables como el tipo y duración de la atención, la satisfacción, inhibición, etc. Dada la naturaleza de los experimentos es necesario interpretar, de forma subjetiva el comportamiento del usuario durante la sesión. Sin embargo, para que el criterio sea lo más objetivo posible, hay veces que se solicita la concurrencia de varios profesionales para evaluar ciertos comportamientos observados y así establecer un criterio común.

5. Resultados y discusión

Después de casi dos años desde la puesta en marcha del proyecto podemos intuir que las perspectivas de futuro son alentadoras.

De entre los usuarios que participan en el proyecto hay algunos que ya conocen a dónde van cuando se les anticipa y lo reciben con entusiasmo, saben que se espera de ellos y se recrean con sus movimientos y expresiones orales. Es entonces cuando además de los objetivos planteados para que se familiaricen con el sistema, se intentan alcanzar otros más de tipo actitudinal o

pedagógico utilizando el sistema como herramienta motivadora para alcanzarlos. Es el caso de K.G. de 5 años, que ha empezado en la escuela y a participar en el proyecto este curso. Desde el principio se ha observado como disfruta con sus creaciones orales y moviendo las extremidades superiores. Pero, al igual que en el resto de actividades del aula y fuera de ella, le cuesta esperar su turno. Si se le anticipa alguna actividad, se le ha de ofrecer inmediatamente, si no, se pone a llorar con desespero. Lo mismo ocurre cuando una actividad se termina antes de lo que él quisiera (por ejemplo un disco de canciones). Nos marcamos con él, conjuntamente con el aula y el resto de áreas, el trabajar la frustración y el tiempo de espera. Poco a poco ha dejado de llorar al terminar las sesiones y últimamente, incluso entrega el micrófono a la facilitadora cuando se le pide, como aceptación de la finalización de la tarea.

En bastantes casos ha habido una evolución en el interés y en la recreación de sus movimientos. Este es el caso de E.P., una niña afectada de PCI, de difícil motivación por el mundo que le rodea. La expresión facial es la única forma que tiene para comunicarse. Al principio del curso, le costaba sonreír en la sala, es más, expresaba su disgusto haciendo pucheros y a la pregunta de si se quería ir afirmaba que sí con una mueca. Las sesiones duraban poco más de 10 minutos. Poco a poco, ha ido entendiendo dónde estaba y qué tenía que hacer. Finalmente ahora, cuando entra en la sala, lo hace con una sonrisa y parece disfrutar de la actividad.

En casos de usuarios en estadios más profundos a nivel cognitivo y con movimientos estereotipados, es más difícil observar si realmente existe interés y voluntad en lo que están haciendo con la mera observación directa. A través de una pequeña aplicación informática se está empezando a observar en qué momento y durante cuánto tiempo los usuarios han cambiado el patrón repetitivo propio de su estado casi vegetativo y han reaccionado de forma distinta a la habitual ante los estímulos presentados. Es el caso de E.G. de 13 años, con PCI, sin control de tronco ni extremidades y con muy baja visión. Con continuas y pequeñas crisis. Mueve la cabeza y los ojos de manera repetitiva de derecha a izquierda. Entre los movimientos incontrolados se observaban otros más voluntarios e incluso, a veces, parecía sonreír. Como era difícil concretar cuándo ocurría y cómo, surgió la idea de diseñar la aplicación para poder registrar esos pequeños cambios. En estos momentos, seguimos estudiándolo.

Estos resultados han sido fruto de la observación directa, de las entrevistas con los facilitadores

después de cada sesión, y también de la observación indirecta a través del visionado de los registros de vídeo y análisis de las fichas de registro.

6. Conclusiones y trabajo futuro

La línea de investigación presentada en este artículo constituye, en sí misma, un reto. Trabajar con personas con discapacidad severa y múltiple no es fácil: (i) es muy complicado establecer comunicación con ellos; (ii) debido a su delicado estado de salud es necesario prestar especial atención a la aparición de posibles crisis; y (iii) generalmente, los usuarios no pueden expresar sus sentimientos con claridad (e.g. rellenando un cuestionario). Además, los resultados no pueden ser siempre generalizados debido al reducido número de usuarios y su heterogeneidad.

A estas dificultades intrínsecas se añade la interrelación de disciplinas muy distintas: música, arte visual, informática, psicología, educación especial y fisioterapia. Esta interdisciplinariedad requiere un alto grado de coordinación entre expertos de campos muy dispares, los cuales suelen hablar jergas técnicas distintas.

Actualmente, estamos testeando un prototipo del sistema que genera sonidos como resultado de las imágenes capturadas por una cámara web. Hemos trabajado en ello durante más de un año y tenemos previsto añadirle salidas visuales y táctiles en un futuro próximo.

Los resultados, como se ha comentado, son muy alentadores y están ofreciendo nuevas oportunidades para las personas con parálisis cerebral.

Las principales tareas que van a ser realizadas en el futuro son:

- (i) Elaborar metodologías que permitan mejorar la caracterización de los participantes. De este modo, debiera ser más fácil asociar nuestras observaciones con las particularidades de cada grupo de usuarios y contribuir a la generalización de los resultados. Concretamente trataremos de modelar los perfiles de los usuarios mediante el uso de ontologías.
- (ii) Establecer metodologías de análisis de los efectos del sistema y relacionarlos con el perfil de un usuario concreto. Además, sería interesante involucrar a otros participantes en el proceso de análisis (e.g. familiares o tutores), o desarrollar tecnologías de análisis automáticas.
- (iii) Avanzar hacia sistemas más autónomos y usables por los profesionales. A partir de

los prototipos, es necesario generar aplicaciones informáticas fáciles de usar por profesores, cuidadores y familiares, de modo que éstos puedan utilizar las herramientas de forma efectiva. Nuestra experiencia demuestra que existen algunas propuestas tecnológicas para personas con necesidades especiales que no se usan porque no son suficientemente usables.

- (iv) Estudiar sistemas adaptativos que sean capaces de aprender qué tipo de propuestas son más atractivas en función de la interacción observada en los usuarios.
- (v) Extender las capacidades del motor audiovisual con elementos como puntuaciones gráficas interactivas, visualización sonora, dibujo interactivo, etc.

7. Referencias

- [1] Abery, B. and Stancliffe, R. (1996). The ecology of self-determination. In D. Sands & M. Wehmeyer (Eds.), *Self Determination across the life span: Independence and choice for people with disabilities* (pp. 111-145). Baltimore: Paul H. Brookes.
- [2] F. Alcantud, G. Herrera, G. Labajo, I. Dolz, C. Gayá, V. Avila, A. Blanquer, J.L. Cuesta, and J. Arnáiz, "Assessing Virtual Reality as a Tool for Support Imagination," *Proceedings of Computer Helping People with Special Needs: 8th International Conference, ICCHP 2002, Linz, Austria, July 15-20, 2002*.
- [3] A. Brooks. "Virtual interactive space (V.I.S.) as a movement capture interface tool giving multimedia feedback for treatment and analysis". *Int Congr World Confed Phys Ther*, página 289, Japan, 1999.
- [4] A. Brooks. "CAREHERE: Creating aesthetically resonant environments for the handicapped, elderly and rehabilitation". *Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, páginas 191-198, Oxford, England, 2004.
- [5] C. Brumback, L. Borrisov, J. Galusha y A. DiIorio. "Intellivision". *Sixth International Conference Ubiquitous Computing*, Nottingham, UK, 2004. University of Nottingham.
- [6] K. Dautenhahn, "Design issues on interactive environments for children with autism," *Proc. 3rd Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, Alghero, Italy, pp. 153-159, 2000.
- [7] K. Dautenhahn, I. Werry, "Towards Interactive Robots in Autism Therapy: Background, Motivation and Challenges," *Pragmatics and Cognition* 12(1), pp. 1-35, 2004.
- [8] K. Dautenhahn, *Workshop on Robotic and Virtual Interactive Systems in Autism Therapy, A two-day workshop at University of Hertfordshire, Hatfield, UK. 27-28 September 2001.* <http://homepages.feis.herts.ac.uk/~comqkd/AutismWorkshop.htm> (last accessed April 2005).
- [9] P. Ellis. "Incidental music; a case study in the development of sound therapy". *The British Journal of Music Education*, 12:59-70, 1995.
- [10] P. Ellis. "Improving quality of life and well-being for children and the elderly through vibroacoustic sound therapy". *Computers Helping People with Special Needs*, tomo 3118 de *Lecture Notes in Computer Science*, páginas 416-422. Springer-Verlag, 2004.
- [11] P. Ellis. "Vibroacoustic sound therapy: Case studies with children with profound and multiple learning difficulties and the elderly in long-term residential care". *Studies in Health Technology and Informatics*, 103:36-42, 2004.
- [12] P. Ellis. "The development of interactive multisensory environments for expression, 1992 - 2007". *Keynote, Luxembourg Society for Music Therapy, Noviembre 25 2006*
- [13] M. García y C. Mauri. "Experiencia de interacción persona-ordenador a través de webcam con usuarios con discapacidad motriz grave y moderadamente afectados". *Tecnoneet, Murcia, 2004*.
- [14] M. García y C. Mauri. "Parálisis cerebral y nuevas tecnologías: Ayudas técnicas basadas en visión artificial". *IV Jornadas Onubenses Sobre Parálisis Cerebral, 2005*.
- [15] i3net. CAREHERE. creating aesthetically resonant environments for the handicapped, elderly and rehabilitation. <http://www.bristol.ac.uk/carehere/>, Consultado por última vez: Julio 29 2008.
- [16] i3net. Twi-aysi. The world is - as you see it. <http://www.bristol.ac.uk/Twi-aysi/>, Consultado por última vez: Julio 29 2008.
- [17] R. Knox, A. Lamont, T. Chau, Y. Hamdani, H. Schwellnus, C. Eaton, C. Tam, y P. Johnson. "Movement-to-music: Designing and implementing a virtual music instrument for young people with physical disabilities", Mayo 2003.
- [18] S. Kerr, "Scaffolding - Design issues in single & collaborative virtual environments for social skills learning," in *Proceedings of the workshop on Virtual environments 2002 & EGVR02*, ACM, Barcelona, 2002.
- [19] A. Lamont, R. Knox, T. Chau, Y. Hamdani, H. Schwellnus, C. Tam, y P. Johnson. "Converting movements to music new musical exploration opportunities for children in rehabilitation". *Canadian Association for Music Therapy 29 th Annual Conference*, páginas 26-30, Regina, Saskatchewan, Canada, 2002.
- [20] C. Mauri. "Interacción persona-ordenador mediante cámaras webcam". J. Lores y R. Navarro Prieto (eds.), *Interacción 2004*, páginas 366-367, Lleida, Mayo3-7 2004. Universitat de Lleida.
- [21] C. Mauri, T. Granollers, J. Lores y M. García. "Computer vision interaction for people with severe movement restrictions". *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 2(1):38-54, Abril 2006.
- [22] J. Nadel and A. Revel, *Robotic and Virtual Interactive Systems in Therapy of autism and other psychopathological disorders. A two-day*

- international workshop at Hospital La Salpêtrière, Paris. 27-28 September 2002.
- [23] P. Newland and C. Creed, "MEDIATE: Steps Towards a Self-Organising Interface" Proc. of the Fifth International CAiiA Research Conference on Consciousness Reframed, R. Ascott, (ed), Newport, Wales: University of Wales, 2003.
- [24] M.M. North, S.M. North, and J.R. Coble, "Virtual Environment Psychotherapy: A Case Study of Fear of Flying Disorder," In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6, no. 1, pp. 127 - 132, February 1997.
- [25] M.M. North, S.M. North, and J.R. Coble, "Virtual reality therapy: An effective treatment for psychological disorders," In K.M. Stanney (ed), *Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, pp. 1065-1078, 2002.
- [26] P. Oliveros, Leaf Miller, Zevin Polzin, y Zane Van Dusen. Adaptive use musical instruments: Software musical instrument. Disponible en (09/2008): <http://bsjeon.net/thisAbility/en/pauline.html>.
- [27] N. Parés, A. Carreras, and M. Soler, "Non-invasive attitude detection for full-body interaction in MEDIATE, a multisensory interactive environment for children with autism," Proc. of Vision, Modeling, and Visualization 2004 (VMV'04), Stanford, California, USA, pp. 37-46, 2004.
- [28] N. Parés, A. Carreras, J. Durany, J. Ferrer, P. Freixa, D. Gomez, O. Kruglanski, R. Parés, J.I. Ribas, M. Soler, and A. Sanjurjo, "MEDIATE: An interactive multisensory environment for children with severe autism and no verbal communication," Proc. of the Third International Workshop on Virtual Rehabilitation (IWVR'04), EPFL, Lausanne, Switzerland. (Awarded the Biodex Best Paper Award), pp 43-52, 2004.
- [29] S. Parsons, and P. Mitchell, "The potential of Virtual Reality in social skills training for people with autistic spectrum disorders". *Journal of Disability Research* 46(5) pp. 430-443, 2002.
- [30] D.P. Pertaub, M. Slater, and C. Barker, "An Experiment on Public Speaking Anxiety in Response to Three Different Types of Virtual Audience," In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 11, no. 1, pp. 68 - 78, February 2002.
- [31] D. Rand, R. Kizon, and P.L. Weiss, "Virtual reality rehabilitation for all: Vivid GX versus Sony PlayStation II EyeToy," Proc. 5th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech., Oxford, UK, pp. 87-94, 2004.
- [32] A. Rizzo, "From training to toy to treatment: Design and development of a PTSD VR Therapy application for Iraq war veterans," Proc. of the Third International Workshop on Virtual Rehabilitation (IWVR'04), EPFL, Lausanne, Switzerland, 2004.
- [33] B. Robins, K. Dautenhahn, R. te Boekhorst, and A. Billard, "Effects of repeated exposure to a humanoid robot on children with autism," In S. Keates, J. Clarkson, P. Langdon and P. Robinson (Eds.) *Designing a More Inclusive World*, Springer Verlag, London, pp. 225-236, 2004.
- [34] B. Robins, P. Dickerson, P. Stribling, and K. Dautenhahn, "Robot-mediated joint attention in children with autism: A case study in robot-human interaction," *Interaction Studies* 5:2, pp. 161-198, 2004
- [35] D. Strickland, "A Virtual Reality Application with Autistic Children," *PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments*. MIT Press, vol 5.3. pp. 319-329, 1996.
- [36] D. Strickland, "Virtual Reality for the Treatment of Autism," *Virtual Reality in Neuro-Psychophysiology*, G. Riva, ed., Amsterdam, Netherlands: IOS Press, pp. 81-86, 1997, 1998.
- [37] H. Timmermans, G. van Wolferen, P. Newland, and S. Kunath, "MEDIATE: Key Sonic Developments in an Interactive Installation for Children with Autism," ICMC 2004, University of Miami, USA, 2004.
- [38] P.L. (Tamar) Weiss, P. Bialik, and R. Kizony, "Virtual Reality Provides Leisure Time Opportunities for Young Adults with Physical and Intellectual Disabilities," *Cyberpsychology & Behavior*, Vol. 6, no. 3, pp. 335-342, 2003.
- [39] P.L. (Tamar) Weiss, D. Rand, N. Katz and R. Kizony, "Video Capture Virtual Reality as a Flexible and Effective Rehabilitation Tool," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2003.