



Rehabilitación motivacional basada en la utilización de serious games

Motivational Rehabilitation using Serious Games

Antoni Jaume-i-Capó, Javier Varona Gomez, Gabriel Moyà y Francisco Perales

Departamento de Matemáticas e Informática de la Universitat de les Illes Balears, España.

Resumen

Los diversos estudios realizados, muestran como los serious games ayudan a motivar los pacientes en terapias de rehabilitación y que los resultados de estas terapias en pacientes motivados son mejores. En terapias a largo plazo, es común la desmotivación de los pacientes. En este trabajo se ha implementado un videojuego para trabajar la rehabilitación del equilibrio en pacientes con parálisis cerebral. Este videojuego ha sido desarrollado utilizando el paradigma del prototipado y siguiendo las características descritas en la literatura. Hemos probado el videojuego con un conjunto de usuarios que habia abandonado la terapia debido a su falta de motivación. Los resultados muestran como este conjunto de usuarios han mejorado su equilibrio y su motivación.

Palabras Clave: SERIOUS GAMES, REHABILITACIÓN, INTERFACES BASADAS EN VISIÓN.

Abstract

Research studies show that serious games help to motivate users in rehabilitation processes, and rehabilitation results are better when users are motivated. In long term rehabilitation for maintaining capacities, the demotivation of chronic patients is common. In this work, we have implemented balance rehabilitation video game for cerebral palsy patients. The video game was developed using the prototype development paradigm and following desirable features for rehabilitation serious games presented in the literature. We have tested the video game with a set of users who abandoned therapy due to demotivation in the previous year. Results show that the set of users improved their balance and motivation.

Key words: SERIOUS GAMES, REHABILITATION, VISION-BASED INTERFACES.

1 INTRODUCCIÓN

La utilización del Modelado de Información de En procesos de rehabilitación a largo plazo, es habitual la desmotivación de los usuarios. Este hecho se debe a que los ejercicios consisten en repetir una y otra vez un mismo conjunto de acciones que se convierten en aburridas tras cientos de sesiones. En consecuencia los

usuarios no estan centrados en la terapia y esta pierde efectividad, la motivación de los usuarios influye en los resultados de la terapia [15]. Además cuando el objetivo de la terapia consiste en mantener las habilidades en lugar de mejorar las que el usuario posee, la desmotivación puede provocar que el usuario abandone el programa [2]. Si además añadimos usuarios con

discapacidades cognitivas, esta desmotivación se puede acentuar.

Estudios científicos muestran como los *serious-games* ayudan a motivar a los pacientes en procesos de rehabilitación [20]. Definimos un *serious-game* como aquel videojuego que permite al usuario alcanzar un propósito específico utilizando el componente de entretenimiento y la participación en la misma experiencia de juego. Las actividades cognitivas y motoras requeridas por los videojuegos motivan la atención del usuario, haciendo olvidar su participación en la terapia [5, 8].

Diversos estudios han incluido como dispositivos de entrada para *serious-games* aquellos basados en el seguimiento como EyeToy™ or Wiimote™. Pero concluyen que los videojuegos comerciales existentes no son útiles para las terapias de rehabilitación porque están diseñados para usuarios estándar [6]. Para solventar estos problemas, es necesario desarrollar videojuegos especialmente diseñados para una función específica.

En este trabajo se ha implementado un videojuego para la rehabilitación del equilibrio en pacientes que tienen parálisis cerebral. El término parálisis cerebral es usado para describir un conjunto de condiciones crónicas que afectan al movimiento del cuerpo y a la coordinación muscular.

Se ha intentado generar la motivación extrínseca de los usuarios a través de las tecnologías de la información diseñando un videojuego. Este videojuego ha sido probado con un conjunto de usuarios que habían abandonado la terapia debido a su desmotivación en años anteriores. Los resultados muestran como han mejorado su equilibrio y su motivación.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera: La sección 2 presenta el trabajo relacionado con los videojuegos para diferentes tipos de programas de rehabilitación y las características que son deseables en los videojuegos para la rehabilitación. La sección 3 describe el juego

implementado para la rehabilitación de equilibrio. El experimento se muestra en la Sección 4 y los resultados se presentan en la Sección 5. La sección 6 concluye el trabajo.

2 TRABAJO PREVIO

En el trabajo previo se ha encontrado un gran número de diferentes tipos de *serious-games* para diferentes tipos de rehabilitación. En [1] podemos encontrar videojuegos para la rehabilitación del equilibrio.

En cuanto a la rehabilitación de la parte superior del cuerpo, podemos encontrar un videojuego en [9] basado en la terapia de movimiento, que tiene como objetivo animar a los pacientes que sufren apoplejía con trastornos motores en las extremidades superiores para practicar ejercicios físicos. En [3] se muestra un sistema de realidad virtual (VR) para pacientes con apoplejía, en [2] se muestran varios *serious-games* diseñados para ser usados mediante cámaras web de bajo coste como sistema para capturar la información del usuario.

Estudios recientes han propuesto que características son deseables para videojuegos para la rehabilitación. En [7] el público objetivo, la visibilidad y el feedback se proponen como factores importantes, en [2] se identifican dos importantes principios de la teoría de juego: significancia - la relación entre las interacciones del jugador y la reacción del sistema, y el reto - el mantenimiento de una dificultad óptima es importante para involucrar al jugador.

3 CASO DE ESTUDIO

En este trabajo se ha implementado un *serious-game* con la ayuda de los profesionales de la asociación de parálisis cerebral (ASPACE). Ellos han requerido un videojuego para la rehabilitación capaz de motivar a sus pacientes a través del uso de las tecnologías de la información. Cada año un grupo de usuarios de ASPACE abandonan la terapia, después de años de sesiones de rehabilitación destinados a mantener sus capacidades. Como objetivo

secundario tenían interés en mejorar las habilidades de control del equilibrio para favorecer la coordinación, el control del tronco, para estimular los aspectos cognitivos y comunicativos, y mejorar la actividad de los usuarios en su vida diaria.

Para conseguir estos objetivos se ha decidido desarrollar un juego a través del paradigma de desarrollo de prototipado. Además, se ha usado una cámara web como dispositivo de entrada. ya que la mayoría de los usuarios de ASPACE no pueden sujetar un dispositivo.

El videojuego implementado pretende forzar cierto movimiento del cuerpo para cambiar centro de gravedad del usuario. De esta manera el usuario centra su atención en el videojuego en lugar de en su postura. ya que el objetivo principal no es mejorar el proceso de rehabilitación, sino mejorar la motivación hacia la terapia. En esencia se han trasladado las tareas de rehabilitación a un videojuego. Para poder evaluar el videojuego desarrollado se ha definido un experimento.

Diseño del videojuego

A partir de las características deseables para un videojuego de este tipo, extraídas de la literatura, se ha diseñado un videojuego abarcando las características requeridas por los especialistas de ASPACE, que consisten en cambiar el centro de gravedad del usuario. Para realizar esto, los usuarios deben interactuar con diferentes objetos inalcanzables para ellos sin tener que cambiar el centro de gravedad.

El usuario se coloca en un espacio de interacción que consiste en una pantalla y una cámara-web de bajo coste (ver Figura 1). La interacción es llevada a cabo mediante la segmentación del usuario a través del color de piel. Esta configuración permite al usuario ver el videojuego y a sí mismo mientras lleva a cabo la interacción. La interfaz tiene los siguientes requerimientos: solo un usuario puede estar presente en el espacio de interacción y las partes

del cuerpo diferentes a la cara y las manos deben estar cubiertas.

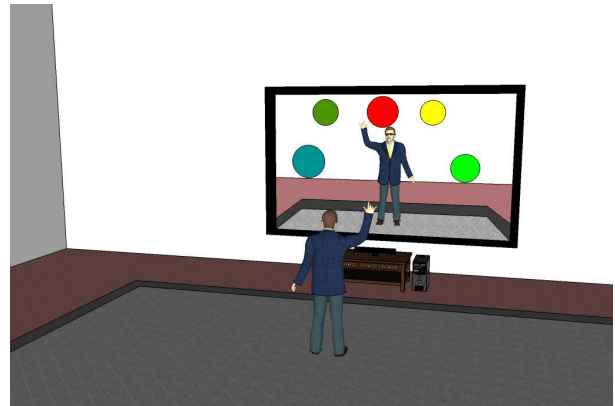


Figura 1 – Espacio de interacción.

El juego consiste en interactuar con objetos que representan diversas monedas. El objetivo final consiste en conseguir el precio que se marca en la parte de abajo de la derecha mediante el contacto con los objetos anteriormente descritos. Para poder adaptar las diferentes sesiones a las características de los diversos usuarios se han definido los siguientes parámetros:

Tiempo máximo de juego: Se puede ajustar el límite de tiempo de cada sesión en función de las características del usuario.

Efecto espejo: Para incrementar la dificultad del juego, la pantalla puede ser invertida de tal manera que cuando la mano derecha se mueve, el usuario ve un movimiento en el lado opuesto.

Tiempo de contacto: El tiempo que un jugador ha de estar en contacto en un objeto para sumar su valor.

Objetos de interacción: Se pueden elegir diferentes objetos según las habilidades de los usuarios. Los valores a seleccionar son: 0.01, 0.02, 0.05, 0.2, 0.5, 1, 2.

Posición de los objetos: Cada objeto puede ser colocado en la posición deseada en la pantalla.

Tamaño de los objetos: Existen tres tamaños diferentes de objetos.

Rango de valores: Se puede definir el rango de valores que pueden tomar el valor objetivo durante las diferentes sesiones.

El juego responde a las acciones del usuario con distintos tipos de feedback, de modo que el usuario tiene conocimiento de la situación en la que se encuentra. En primer lugar, el usuario se puede ver en la pantalla y conocer su posición relativa respecto a los diferentes objetos de interacción. En segundo lugar el usuario siempre conoce cuando ocurre la interacción. Cuando el usuario interactúa con un objeto aparece un cuadro de color alrededor de este y cuando el tiempo de contacto finaliza se reproduce un sonido. Finalmente cuando acaba una partida el usuario recibe nuevos mensajes visuales y sonoros dependientes de las condiciones de finalización del juego. El sistema guarda un archivo para cada usuario donde se encuentran los parámetros de configuración y un conjunto de datos de cada sesión, estos son: fecha, tiempo de juego, objetos seleccionados, posición y tamaño de cada objeto y el tiempo de contacto seleccionado. Estos datos son útiles para poder evaluar la evolución del paciente.

La Figura 2 representa el diseño final del juego. Es posible observar que en el sistema coexisten dos tipos de usuarios: el paciente y el especialista. Cada uno de ellos tiene objetivos de interacción diferentes.

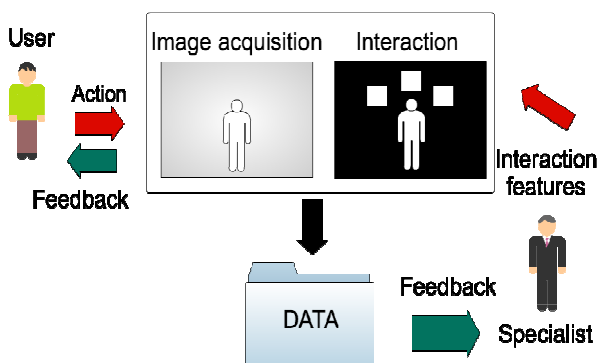


Figura 2 – Diseño del sistema.

El juego ha sido desarrollado durante 6 meses utilizando el paradigma de prototipado. Durante este periodo el sistema ha sido probado con usuarios reales una vez a la semana, el objetivo de estas pruebas ha sido asegurar que toda la información necesaria para llevar a cabo las diferentes tareas es proporcionada de una manera clara.

4 EXPERIMENTO

Después de realizar algunas pruebas preliminares, se ha empezado a probar el *serious-game* con un conjunto de pacientes con parálisis cerebral - durante 6 meses. Antes de iniciar el experimento, cada usuario ha sido evaluado en los siguientes aspectos: funcionalidad articular y muscular, el cálculo de alcance máximo para un conjunto de objetivos, test de Tinetti, una prueba de alcance funcional y una prueba de posición unipodal [10]. Al final del experimento el conjunto de usuarios ha sido evaluado de nuevo con el fin de conocer cualquier progreso por parte de los usuarios.

El conjunto de usuarios, está compuesto por 4 adultos con parálisis cerebral que han abandonado la terapia en años anteriores, conscientes de que las sesiones de rehabilitación se centran en el mantenimiento de las capacidades, por lo que su desmotivación es debida a la dificultad en la mejora de su situación, y también a la naturaleza repetitiva de los ejercicios realizados en cada sesión.

El usuario número 1 tiene 35 años. Tiene una postura bípeda incorrecta, y su distonía aumenta el riesgo de caídas. La espasticidad de su mano aumenta el tiempo de respuesta y su inseguridad, por lo que su calidad de movimiento es pobre. Su andar es malo, presenta un desequilibrio global que afecta a la funcionalidad del ritmo, el tiempo y en general de la marcha. El usuario necesita aferrarse a una barra con las manos para mantener la posición bípeda.

El usuario 2 tiene 32 años. Tiene una posición sentada correcta, pero su postura bípeda es incorrecta. Sufre constantes temblores que aumentan en intensidad con la fatiga, aumentando significativamente el riesgo de caídas. El tiempo y la calidad de sus movimientos no son correctos. El tiempo y el ritmo de su marcha es insuficiente. La marcha no es funcional debido a los temblores, se fatiga después de una corta distancia, y exige de las instrucciones verbales constantemente. El usuario necesita aferrarse a una barra con las



manos para alcanzar y mantener la posición bípeda.

El usuario número 3 tiene 43 años. Tiene una correcta posición sentada, pero la postura bípeda es incorrecta. La epilepsia y su resistencia física baja aumenta el riesgo de caídas. Lleva a cabo las órdenes verbales de forma impulsiva y abrupta. Esto provoca un movimiento continuo sin control, que es un problema añadido al equilibrio. Con continuas órdenes verbales, es capaz de corregir su postura, pero no el movimiento, el ritmo, la simetría y la trayectoria. El usuario necesita aferrarse a una barra con las manos para alcanzar y mantener la posición bípeda.

El usuario número 4 tiene 37 años de edad. Una correcta posición sentada, pero tiene la lateralización a la derecha en postura bípeda, con flexión de la rodilla que afecta a su equilibrio. La principal dificultad observada en las pruebas de equilibrio es la calidad y el tiempo de ejecución del movimiento. Su andar es insuficiente y necesita órdenes constantes para ajustar la posición. El usuario necesita aferrarse a una barra con las manos para alcanzar y mantener la posición bípeda.

Cada usuario del sistema presenta dificultades de equilibrio, la mayoría no tienen seguridad ni autonomía. Además, cada usuario tiene sus propios problemas específicos. Debido al equilibrio casi nulo de los usuarios, el entorno del juego cuenta con barras paralelas para facilitar la postura bípeda.

5 RESULTADOS

Tras un periodo de experimentación de 6 meses los usuarios han sido evaluados con los mismos tests realizados antes de empezar el experimento. Los resultados muestran que los usuarios mejoran su equilibrio poco a poco, y también se han detectado mejoras en sus características individuales. En lo que respecta a la motivación, los usuarios habían abandonado el plan terapéutico en años anteriores. Utilizando el juego ninguno de los usuarios ha

abandonado, además todos ah interés en continuar el proceso de rehabilitación con el *serious-game* desarrollado. Los especialistas nos informaron que la motivación del usuario se mantuvo debido a que el juego serio promueve la superación personal y la competencia del grupo.

El usuario número 1 no era capaz de completar el juego al principio del experimento, pero si fue capaz de completarlo en su fase final. Durante el experimento, este usuario ha aumentado la resistencia a la posición bípeda, y ha presentado una mejora en el equilibrio. El usuario sigue requiriendo ordenes para ajustar su posición.

El usuario número 2 no era capaz de completar el juego al principio del experimento, pero si fue capaz de completarlo en su fase final. Durante el experimento, el usuario ha aumentado su resistencia a la posición bípeda, y presenta una mejora en el equilibrio, requiere de una sola mano para aferrarse a la barra. Al final del experimento, el usuario comenzó a entender el concepto de equilibrio, aunque seguía requiriendo de refuerzo verbal.

El usuario número 3 rara vez era capaz de completar el juego al final del experimento debido a su ansiedad. No incrementó la resistencia a la posición de bípeda, tampoco mejoró el equilibrio. Sin embargo, este usuario aumentó su nivel de confianza y presentó una disminución de sus niveles de ansiedad.

El usuario número 4, rara vez era capaz de completar el juego, debido al cansancio. Este usuario ha mejorado, el equilibrio, necesitando solamente de una sola mano para aferrarse a la barra. También mejoró su orientación espacial.

6 CONCLUSIONES

En este artículo se presenta el uso de *serious-games* la rehabilitación de pacientes con parálisis cerebral. Nuestro objetivo es motivar a los usuarios a través del uso de las tecnologías de la información y mejorar su equilibrio. Siguiendo el

paradigma de desarrollo por prototipo y utilizando las características descritas en los trabajos previos se ha desarrollado un juego durante 6 meses. El videojuego presentado ha sido desarrollado pretendiendo motivar el movimiento de los pacientes, con la finalidad de cambiar su centro de gravedad.

Los resultados muestran que los usuarios mejoran su equilibrio lentamente y también se

observan mejoras en sus capacidades particulares. En cuanto a la motivación, el conjunto de usuarios había renunciado a la terapia en años anteriores. Utilizando el videojuego presentado, ningún usuario ha renunciado y se muestran interesados en continuar el proceso de rehabilitación con los videojuegos. Como trabajo futuro continuaremos desarrollando y evaluando *serious-games*.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el centro ASPACE por su trabajo y su colaboración. Este trabajo ha sido parcialmente desarrollado bajo los proyectos MAEC-AECID A2/037538/11

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BETKER, A. L., DESAI, A., NETT, C., KAPADIA, N., & SZTURM, T. (2007): Game-based exercises for dynamic short-sitting balance rehabilitation of people with chronic spinal cord and traumatic brain injuries. *Physical Therapy*. Retrieved from <http://www.ptjournal.org/cgi/content/abstract/87/10/1389>
- [2] BURKE, J. W., MCNEILL, M. D. J., CHARLES, D. K., MORROW, P. J., CROSBIE, J. H., & MCDONOUGH, S. M. (2009): Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. *Visual Computing*, 25(12), 1085-1099. Springer.
- [3] CAMEIRÃO, M. S., BERMÚDEZ I BADIA, S., DUARTE OLLER, E., & VERSCHURE, P. F. M. J. (2009): The rehabilitation gaming system: a review. *Studies In Health Technology And Informatics*, 145, 65-83. IOS Press. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19592787>
- [4] FLORES, E., TOBON, G., CAVALLARO, E., CAVALLARO, F. I., PERRY, J. C., & KELLER, T. (2008): Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation. *Proceedings of the 2008 International Conference in Advances on Computer Entertainment Technology ACE* 08, 7(8), 381. ACM Press. Retrieved from <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1501750.1501839>
- [5] FLYNN, S., PALMA, P., & BENDER, A. (2007): Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report. *Journal of neurologic physical therapy JNPT*. Division of Physical Therapy, College of Health and Human Sciences, Georgia State University, Atlanta, Georgia, USA. sherylfl@usc.edu. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18172415>
- [6] JUNG, Y. (2006): Tailoring Virtual Reality Technology for Stroke Rehabilitation : A Human Factors Design. *Engineering*, 929. ACM Press. Retrieved from <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1125451.1125631>
- [7] KRICHEVETS, A. N., SIROTKINA, E. B., YEVSEVICHEVA, I. V., & ZELDIN, L. M. (1995): Computer games as a means of movement rehabilitation. *Disability and rehabilitation*. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7795259>



-
- [8] MA, M., & BECHKOUM, K. (2008): Serious games for movement therapy after stroke. *2008 IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics*, 1872-1877. IEEE. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4811562>
- [9] MACLEAN, N., POUND, P., WOLFE, C., & RUDD, A. (2002): The concept of patient motivation: a qualitative analysis of stroke professionals' attitudes. *Stroke: A Journal of Cerebral Circulation*, 33(2), 444-448. Retrieved from <http://stroke.ahajournals.org/cgi/doi/10.1161/hs0202.102367>
- [10] TINETTI, M. E., SPEECHLEY, M., & GINTER, S. F. (1988): Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *The New England Journal of Medicine*, 319(26), 1701-1707. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3205267>