

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ASISTENCIA TERAPÉUTICA PARA REHABILITACIÓN DE MANOS.

Spahn, Agustín

Instituto de investigación en señales, sistemas e inteligencia computacional, sinc(i) UNL-CONICET

Director: Enrique M. Albornoz

Codirector: César E. Martínez

Área: Ingeniería¹

Palabras claves: rehabilitación, manos, terapia de espejo, exergames.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, cada vez más las terapias de rehabilitación neurofisiológicas se realizan con la ayuda de sistemas asistivos que permiten interacciones amigables con los pacientes. En este sentido, muchas se orientan a desafíos, juegos o interacciones que intentan captar la atención del paciente y generar un escenario agradable para la realización de rutinas. La "terapia de espejo" fue definida para ayudar a aliviar el dolor del "miembro fantasma" [Ramachandran, 1996], cuando todavía se siente dolor en el miembro después de ser amputado. Tradicionalmente, se utiliza una caja con un espejo para crear una ilusión reflectante de una extremidad que no existe a partir de la otra (figura 1), y la hipótesis es que cada vez que el paciente intenta mover la extremidad paralizada, recibe retroalimentación sensorial (a través de la visión y la propiocepción). Esta técnica de neuro-rehabilitación permite remodelar los mecanismos corticales, mediante una retroalimentación positiva a la corteza motora de que se ha producido el movimiento de la extremidad afectada. Cuando es aplicada a pacientes con ACV, utilizada para rehabilitar la movilidad de manos y dedos, se coloca un espejo en el plano sagital medio del paciente, reflejando así los movimientos del lado no parético como si fuera el lado afectado. La ilusión visual mediante la cual se puede percibir que el movimiento o el tacto de la extremidad intacta afectan a la extremidad parética o dolorosa y tienen efecto en la activación de "neuronas espejo". Aquí se presentan avances en el desarrollo de un entorno virtual que facilite la terapia de espejo, con el que se pretende mejorar la experiencia del usuario, incorporando una mayor interactividad mediante situaciones lúdicas para inducir la motivación y potencialmente promover la telemedicina [Khan, 2003; Estepa, 2016].

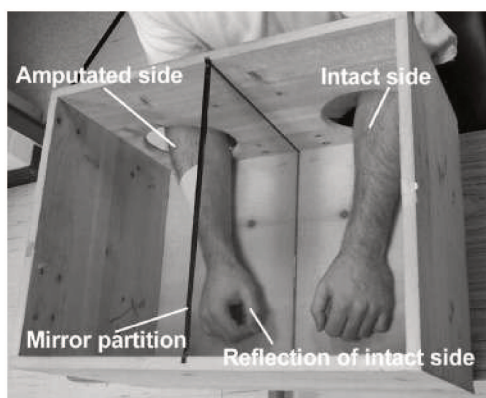


Figura 1. Caja para terapia de espejo (imagen tomada de www.flickr.com/)

¹ Proyecto acreditado en el que se enmarca la investigación: CAI+D 2020 50620190100145LI "Desarrollo de métodos de aprendizaje automático para redes neuronales computacionales en grafos con aplicaciones al análisis de imágenes". Director: César E. Martínez

OBJETIVOS

Desarrollar un sistema de asistencia terapéutica para rehabilitación de manos/muñecas de pacientes con ACV mediante exergames.

Objetivos específicos

- Investigar tecnologías relacionadas a sistemas embebidos y dispositivos de Realidad Virtual, y desarrollar los protocolos necesarios para la comunicación/visualización.
- Diseñar diferentes exergames para rehabilitación bajo supervisión de especialistas.
- Desarrollar un sistema inmersivo de exergames que incorpore el relevamiento de información útil para la evaluación de la evolución de los pacientes.

METODOLOGÍA

El trabajo se realiza en colaboración con especialistas del Centro de Rehabilitación e Investigación "Dr. Esteban Laureano Maradona" (Santa Fe). El primer paso fue la definición de la escena de trabajo donde funcionará la primera versión funcional del sistema. El usuario debe estar sentado en una silla frente a una mesa o escritorio. En lo que respecta a los dispositivos, se utilizan un celular y una PC con monitor (figura 2). El video se captura con el celular desde una posición fija (en un trípode y apuntando hacia abajo a las manos del usuario). El video es transmitido a la pc, el sistema captura este streaming y le aplica técnicas tradicionales de procesamiento digital de imágenes para obtener una segmentación de las manos (figura 3) y luego identifica su posición y los gestos mediante operaciones geométricas [Yeo, 2015] (figura 4). Para la implementación de la detección, segmentación y clasificación de gestos se utilizó Python y OpenCV, mientras que para la simulación del juego con realidad aumentada se utilizó PyGame [Kelly, 2019].

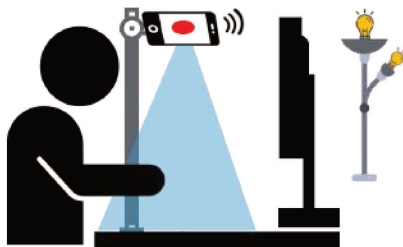


Figura 2. Organización de la escena

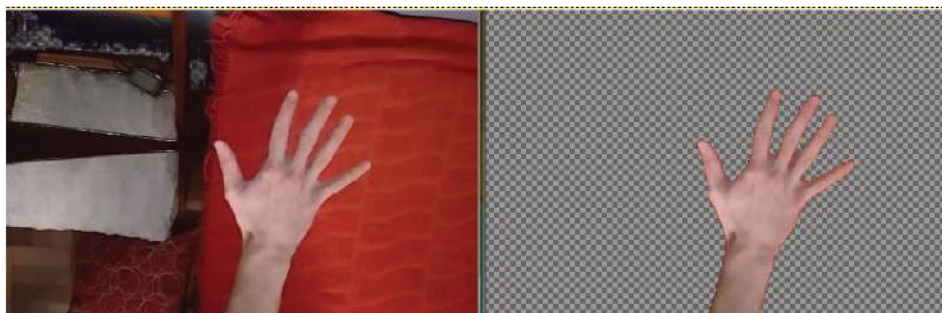


Figura 3. Segmentación de la mano del fondo

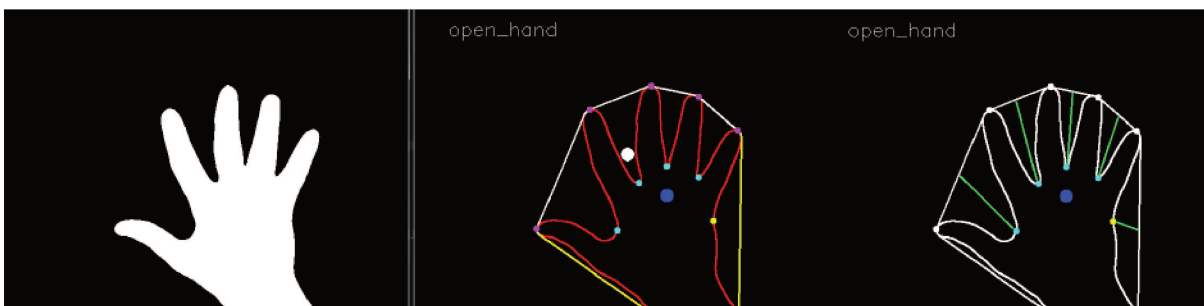


Figura 4. Ejemplo de operaciones geométricas.

Finalmente, se genera la escena simulada en la se muestra la mano que realiza los ejercicios y una versión espejada de ésta. Inicialmente, se definieron 3 ejercicios con diferente dificultad a partir de la bibliografía, pensados para pacientes con más o menos movilidad.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Este trabajo fue orientado a obtener una primera versión funcional del sistema. En la figura 5 se ven ejemplos de las salidas en pantalla de los ejercicios. En la fig. 5(a) se muestran etapas de un ejercicio donde se deben alcanzar objetivos y volver a posición de descanso, mientras que en la figura 5(b) se debe alcanzar la pelota, cerrar la mano para capturarla y desplazarla al objetivo final. Para ver el funcionamiento del sistema, se puede acceder a: [youtube.com/watch?v=GaMWOlxoU2Y](https://www.youtube.com/watch?v=GaMWOlxoU2Y) y [youtube.com/watch?v=728MbKEqxKg](https://www.youtube.com/watch?v=728MbKEqxKg). En el primero se ve la salida que obtiene el paciente mientras realiza un ejercicio, mientras que en el otro se intenta mostrar toda la escena donde transcurre la actividad.

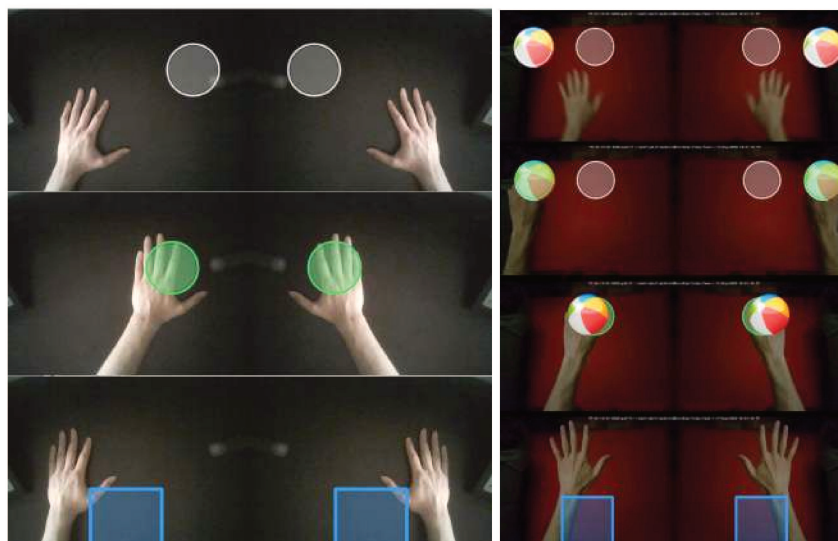


Figura 5. (a) Capturas de pantalla, ejercicio 1. (b) Capturas de pantalla, ejercicio 3

Como se mencionó previamente, este primer sistema es funcional y aún resta la validación del mismo por parte de los especialistas en rehabilitación neurofisiológica, tanto para validar la utilidad del sistema como para incorporar nuevas tareas como ser: la estimulación/rehabilitación de otro tipo de pacientes, la realización de ejercicios a dos manos

combinadas, incorporación de actividades cognitivas y de memoria como ser la realización de gestos en secuencia o recordar una secuencia de destinos donde mover un objeto. Un tema que puede abrirse a la discusión es el hecho de utilizar las imágenes de las manos reales en vez de simular la escena completamente. Si bien se analizó la segunda propuesta, nos pareció que la percepción de la mano propia es muy relevante, más allá de que la integración de escenarios y objetos sintéticos o simulados con información real puede no verse tan agradable.

El objetivo a largo plazo es que el sistema funcione completamente en un dispositivo móvil montado en la cabeza del paciente para brindar una experiencia en realidad virtual. En este sentido, se pretende avanzar con la proyección de estas imágenes a través de un celular emplazado en un dispositivo de VR. Actualmente, se están evaluando diferentes posibilidades respecto de la generación de la imagen estéreo: generar los métodos y enviar un streaming o bien, enviar la imagen y utilizar un API de Android para generar la VR. Respecto de la forma de hacer el streaming al celular, se evalúa utilizar alguna aplicación como VLC para reproducir el streaming en el celular o generar un streaming en vivo en YouTube. Esta última opción tendría dos ventajas, es posible generar el vídeo estéreo utilizando una opción de la aplicación y además, se puede compartir el link de la transmisión por internet para que un especialista observe en vivo lo que observa el paciente.

Conclusiones

En este trabajo se presenta el diseño y desarrollo de un sistema que permite la realización virtual de ejercicios cuya metodología está basada en la terapia de espejo. La implementación se realizó utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes con lo que se logran resultados muy satisfactorios manteniendo una baja complejidad respecto de los algoritmos y la carga computacional. Se han cumplido los objetivos respecto a la reproducción de algunos ejercicios de la terapia y a la detección de posicionamiento de la mano y sus gestos. El sistema actual está en condiciones de ser puesto en funcionamiento sin mayores dificultades de instalación y uso, por parte de los terapeutas para poder generar mejores experiencias en estas terapias de rehabilitación.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Khan, Yasir, Zhijie Xu, and Mark Stigant. "Virtual reality for Neuropsychological diagnosis and rehabilitation: A Survey." Proceedings on Seventh IEEE International Conference on Information Visualization, 2003.

Estepa, A., Piriz, S. S., Albornoz, E., & Martínez, C. (2016). Development of a Kinect-based exergaming system for motor rehabilitation in neurological disorders. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 705, No. 1, p. 012060). IOP Publishing.

Ramachandran, V. S., & Rogers-Ramachandran, D. (1996). Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 263(1369), 377-386.

Kelly, S. (2019). Python, PyGame, and Raspberry Pi Game Development. Apress.

Yeo, H. S., Lee, B. G., & Lim, H. (2015). Hand tracking and gesture recognition system for human-computer interaction using low-cost hardware. Multimedia Tools and Applications, 74(8), 2687-2715.