

Integración de una BCI para rehabilitación de problemas cognitivos en pacientes neurológicos infantiles implementando VRPN como protocolo de comunicaciones

Javier J. Rosenstein, Rodrigo Gonzalez, Nicolás Ignacio Zárate Alvarez, Matías Campos

Instituto de Investigaciones, Facultad de Informática y Diseño, Universidad Champagnat, Belgrano 721, 5501 Godoy Cruz, Mendoza, Mendoza, Argentina.

rosensteinjavier@uch.edu.ar, gonzalezrodrigo@uch.edu.ar, nicolaszarate23@gmail.com, mgcampos9785@gmail.com

RESUMEN

En el desarrollo de sistemas de realidad virtual uno de los inconvenientes que se encuentran es la comunicación entre las aplicaciones y los dispositivos de adquisición de ondas cerebrales. Ya sea por no disponer de un método de acceso en forma directa o por necesitar independencia entre ambos, es decir que las aplicaciones corran en una plataforma y los dispositivos en otras. Para lograr esta independencia y a su vez permitir la integración de todo el sistema de realidad virtual, es necesario la implementación de algún protocolo de comunicaciones que permita esta vinculación heterogénea en tiempo real. Los dispositivos generalmente están asociados a funciones o características de los individuos que los utilizan y se necesita integrar los movimientos que estos representan a la aplicación de realidad virtual correspondiente. El presente trabajo trata del análisis e implementación del protocolo de comunicaciones VRPN (Virtual Reality Protocol Network) entre las partes de un entorno multimedia donde interactúan la adquisición de movimientos del usuario y la representación visual en un escenario virtual que permita la retroalimentación al usuario en tiempo real logrando una experiencia interactiva e inmersiva. Esto tiene aplicación directa en los tratamientos de rehabilitación en

pacientes de patologías neurológicas y cognitivas, principalmente en niños, este enfoque es importante ya que está demostrado que es la mayor causa de discapacidad en niños, según estadísticas como las publicadas por el Indec de su último informe del 2018 (ver figura 1), en argentina dentro de las principales discapacidades, la mental-cognitiva es la mayor de las discapacidades entre las edades de 6 a 14 años.

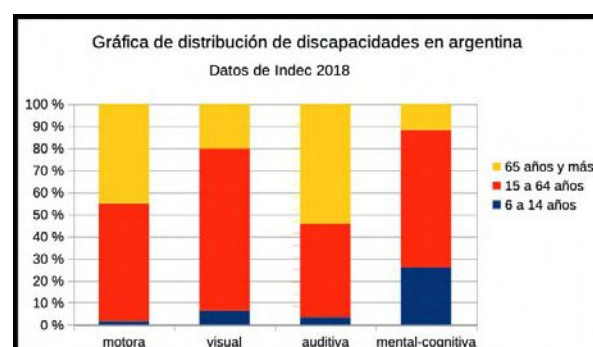


Figura 1: Discapacidades según Indec en argentina

Palabras clave: VRPN, EOG, EEG, BCI, Serious Games, Mirror Neurons, Neurofeedback

CONTEXTO

El presente proyecto forma parte del trabajo de tesis de Maestría en Teleinformática de la Universidad de Mendoza (Ciudad, Mendoza), correspondiente al tesista Javier Rosenstein, el mismo se desarrolla en el Instituto de Investigaciones de la Facultad de Informática y Diseño de la Universidad Champagnat (Godoy Cruz, Mendoza), en el marco de la Licenciatura en Sistemas de Información; en cooperación con el Laboratorio de I+D+i en Neurotecnologías de la empresa Neuromed Argentina S.A. (Godoy Cruz, Mendoza).

Este trabajo es parte del proyecto de investigación que dio inicio en Diciembre de 2017 denominado “Diseño y desarrollo de un prototipo de Serious Game destinado a la rehabilitación de problemas neurológicos implementando VRPN para la comunicación de la BCI”.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la presente línea de investigación consiste en el diseño y desarrollo de una BCI (Brain Computer Interface) [1] [2], que permita interactuar entre las señales generadas por un paciente neurológico [3] y una interfaz de realidad virtual. Este sistema debe permitir lograr el principio de neurofeedback [4], o retroalimentación hacia el paciente. De este modo se podrán mejorar sus capacidades cognitivas correspondientes. Incluso, estudios indican la posibilidad de tratar patologías psiquiátricas como la depresión [5] [6].

La implementación del trabajo se organiza de acuerdo a las siguientes etapas:

- a) Adquisición de señales mediante técnicas de Electroencefalografía (EEG) [7] y adquisición de movimientos oculares mediante las técnicas de electrooculografía (EOG) [8] [9] [10] [11] [12].

- b) Análisis de estas señales en tiempo real para poder identificar la voluntad de movimiento del individuo, así como la dirección del movimiento.
- c) Transformar la voluntad de movimiento en comandos del protocolo VRPN (Virtual Reality Protocol Network) que permitan transmitir la información al componente software / hardware que la requiera.
- d) Como continuación al resultado obtenido en el punto anterior, poder comandar una interfaz gráfica de aprendizaje o interfaz Cerebro / Computadora (BCI – Brain Computer Interface).

Finalmente se presenta la BCI como un sistema de adquisición de datos, procesamiento del protocolo serie a VRPN y luego la representación en nuestro modelo de prototipo de Serious Game [14] [15]. Una vez adquiridas las señales EEG/EOG, estas se analizan y codifican con las bibliotecas desarrolladas como parte de este proyecto. Esto permite su comunicación mediante VRPN con las interfaces virtuales que interpretan este protocolo.

2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Este trabajo está compuesto por tres etapas o fases de trabajo. La primera de ellas corresponde a la implementación de VRPN entre un sistema simulado de captura de datos provenientes de un paciente, y una interfaz virtual básica. La segunda etapa del proyecto pretende avanzar sobre la captura de datos reales para que, luego de procesados, se transfieran a través de VRPN hacia la interfaz virtual de neurofeedback. Una breve descripción de cada una de las etapas se describe a continuación:

1. La primer parte consiste en la implementación de un simulador de señales EEG y EOG necesarias para el

análisis e interpretación de la voluntad del usuario de la BCI. Estas señales una vez procesadas se deben codificar en comandos de VRPN para poder ser transmitidas hacia una interfaz virtual. Esta debe poder interpretar las señales transmitidas y representar la voluntad inicial del usuario correspondiente. De este modo se cumplen los objetivos de captura, análisis, procesamiento, transmisión, recepción y representación, lo cual produce el efecto de neurofeedback deseado sobre una interfaz virtual de capacitación a nivel prototipo.

2. La segunda etapa consiste en el desarrollo y mejora del proyecto mediante la adquisición real de señales EEG y EOG por electrodos ubicados superficialmente sobre la cabeza del paciente. Esta modificación al sistema requiere de un diseño e implementación electrónica así como del desarrollo del firmware que permita adquirir, analizar y procesar estas señales, que luego serán transmitidas a través del protocolo VRPN hacia una interfaz virtual. Así, el sistema diseñado se incorporará en forma transparente al proyecto implementado en la primer etapa.
3. La etapa final de este proyecto consiste en el diseño y desarrollo del escenario virtual de rehabilitación cognitiva para pacientes neurológicos según las indicaciones concretas por parte del especialista en neurología. Se partirá de un relevamiento de las técnicas de aprendizaje que se requieren implementar y los resultados que se pretenden obtener, indicados por el neurólogo o experto afín.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados se pueden dividir en dos grandes grupos:

1. BCI e interfaz virtual de neurofeedback: se espera obtener como producto final un sistema de retroalimentación a un supuesto usuario simulado por la generación de señales que comandan el escenario de

realidad virtual via comandos codificados en el protocolo VRPN que se transmiten a través de una red Ethernet.

2. Adquisición de datos reales de EEG y EOG: análisis y preprocesamiento; se identifican los comandos necesarios para su transmisión hacia el equipo generador de tramas VRPN para que finalmente se tenga el proyecto totalmente terminado y funcional que implemente el efecto de neurofeedback propuesto.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La línea de I+D presentada está vinculada con el desarrollo de una tesis de postgrado, por parte del estudiante de maestría en teleinformática de la Universidad de Mendoza, Javier J. Rosenstein. Dicha tesis se centra en la implementación del protocolo VRPN demostrando su uso en un sistema BCI.

Además cuenta con la dirección del Lic. Javier J. Rosenstein (UCH) y como investigador principal el Dr. Rodrigo Gonzalez (UCH). En lo que respecta a la formación de estudiantes de la licenciatura, esta línea de investigación cuenta con dos tesis de grado en curso, pertenecientes a los estudiantes Nicolás Ignacio Zárate Alvarez y Matías Campos, cuyos planes de tesis se encuentran específicamente dentro del marco de este proyecto. Ambos cursan la licenciatura en Sistemas de Información en la Universidad Champagnat.

Una vez que el proyecto se encuentre implementado desde su primer etapa será utilizado como recurso para el dictado de talleres de comunicaciones, redes, programación de microcontroladores, Programación en C/C++ y Diseño y programación de interfaces virtuales de capacitación/rehabilitación en general, tanto para estudiantes de la universidad, como así

también para aquellos interesados externos a la UCH.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Y. Wang, X. Gao, B. Hong, and S. Gao, "Practical designs of brain-computer interfaces based on the modulation of EEG rhythms," in *Brain-Computer Interfaces*. Springer, 2009, pp. 137–154.
2. J. R. Wolpaw, N. Birbaumer, D. J. McFarland, G. Pfurtscheller, and T. M. Vaughan, "Brain-computer interfaces for communication and control," *Clinical neurophysiology*, vol. 113, no. 6, pp. 767–791, 2002.
3. J. A. Pineda, "The functional significance of mu rhythms: translating "seeing" and "hearing" into "doing"," *Brain Research Reviews*, vol. 50, no. 1, pp. 57–68, 2005.
4. S. Enriquez-Geppert, R. J. Huster, and C. S. Herrmann, "Boosting brain functions: Improving executive functions with behavioral training, neurostimulation, and neurofeedback," *International Journal of Psychophysiology*, vol. 88, no. 1, pp. 1–16, 2013.
5. R. Ramirez, M. Palencia-Lefler, S. Giraldo, and Z. Vamvakousis, "Musical neurofeedback for treating depression in elderly people." *Frontiers in neuroscience*, vol. 9, pp. 354–354, 2014.
6. W. Rief, "Getting started with neurofeedback," 2006.
7. J. D. Kropotov, *Quantitative EEG, event-related potentials and neurotherapy*. Academic Press, 2010.
8. A. Bulling, J. A. Ward, H. Gellersen, and G. Troster, "Eye movement analysis for activity recognition using electrooculography," *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 33, no. 4, pp. 741–753, 2011.
9. H. Singh and J. Singh, "A review on electrooculography," *International Journal of Advanced Engineering Technology*, vol. 3, no. 4, pp. 115–122, 2012.
10. D. P. Bautista, I. A. Badillo, D. De la Rosa Mejía, and A. H. H. Jiménez, "Interfaz humano-computadora basada en señales de electrooculografía para personas con discapacidad motriz," *ReCIBE*, vol. 3, no. 2, 2016.
11. S. Yathunathan, L. Chandrasena, A. Umakanthan, V. Vasuki, and S. Munasinghe, "Controlling a wheelchair by use of EOG signal," in *2008 4th International Conference on Information and Automation for Sustainability, IEEE*, 2008, pp. 283–288.
12. V. C. C. Roza, "Interface para tecnologia assistiva baseada em eletrooculografia," 2014.
13. A. C. Gaviria, I. C. Miller, S. O. Medina, and D. R. Gonzales, "Implementación de una interfaz hombre-computador basada en registros EOG mediante circuitos de señal mixta PSoC," in *V Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2011 May 16-21, 2011, Habana, Cuba*. Springer, 2013, pp. 1194–1197.
14. P. Rego, P. M. Moreira, and L. P. Reis, "Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy," in *5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies. IEEE*, 2010, pp. 1–6.
15. J. S. Breuer and G. Bente, "Why so serious? On the relation of serious games and learning," *Eludamos. Journal for Computer Game Culture*, vol. 4, no. 1, pp. 7–24, 2010.