

USO DE VRPN EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA BCI PARA REHABILITACIÓN NEUROLÓGICA

Javier J. Rosenstein^{1,2,3}, Osvaldo E. Marianetti², Raúl E. Otoya Bet³

¹Instituto de Investigaciones, Facultad de Informática y Diseño, Universidad Champagnat, Belgrano 721, 5501 Godoy Cruz, Mendoza, Mendoza, Argentina.
rosensteinjavier@uch.edu.ar

²Universidad de Mendoza, Dirección de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Boulogne Sur Mer 683, 5500 Mendoza, Argentina.
omarianetti@um.edu.ar

³NNT Neurotechnology, Neuromed Argentina S.A., Leguizamón 398, 5501 Mendoza, Argentina.
{rosenstein.javier},{otoya.raul}@neuromed.com.ar

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, ya sea por no disponer de un método de acceso en forma directa de los dispositivos 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.

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 luego de ser interpretadas las mismas poder ser enviadas hacia una interfaz de realidad virtual la cual nos permita lograr el principio de neurofeedback [4], retroalimentación hacia el paciente y de este modo mejorar sus capacidades cognitivas correspondientes, e incluso estudios indican la posibilidad de tratar patologías del comportamiento psiquiátricas como la depresión [5] y [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] y [12].
- b) Análisis rápido de éstas señales para poder identificar la voluntad de movimiento del individuo, así como la dirección del movimiento.
- c) Codificar lo anterior a comandos en el protocolo VRPN (Virtual Reality Protocol Network) que permita transmitir la información al componente software/hardware que la requiera.
- d) Dirigir 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] y [15]. Una vez adquiridas las señales EEG/EOG éstas se analizan y codifican con las librerías cliente desarrolladas como parte de este proyecto, lo que permite su comunicación mediante todo el sistema VRPN hacia las interfaces virtuales que interpretan este protocolo.

2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El presente proyecto está compuesto por tres etapas o fases de trabajo. La primera de ellas corresponde a la implementación de VRPN en un sistema de captura de datos simulada de un usuario, procesamiento y comunicación de estos hacia una interface virtual básica, La segunda etapa del proyecto pretende avanzar sobre la captura de datos reales del usuario ya no simuladas para que luego de procesadas ingresen al sistema BCI y utilicen todo lo obtenido por la primera etapa, es decir la implementación de VRPN y la interface virtual de neurofeedback. Una breve descripción de cada una de las etapas se describe a continuación:

1. La primera parte consiste en la implementación de un simulador de señales de 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 interface 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

- interface virtual de capacitación a nivel prototipo.
2. La segunda etapa consiste en el desarrollo y mejora del proyecto mediante la adquisición real de las señales de EEG y EOG por electrodos ubicados superficialmente sobre la cabeza del usuario o paciente, esta modificación al sistema requiere de un diseño e implementación electrónica así como del desarrollo del firmware que permita adquirir, analizar y preprocesar estas señales para ser transmitidas hacia el equipo que genera a partir de la recepción de estas las tramas de acuerdo al protocolo VRPN y así se incorpora en forma transparente al proyecto implementado en la primer etapa correspondiente, luego de esta etapa el proyecto BCI está completo.
 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, partiendo 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

Como resultados esperados, los mismos pueden dividirse en dos grandes grupos:

1. *BCI e interface 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 viajan via una red ethernet.

2. *Adquisición de datos reales de EEG y EOG, su analisis y preprocesamiento identificando 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 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. 12. 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*. plus 0.5em minus 0.4emSpringer, 2009, pp. 137–154.
2. 15. 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. plus 0.5em minus 0.4emIEEE, 2008, pp. 283–288.
 12. V. C. C. Roza, “Interface para tecnologia assistiva baseada em electrooculografia,” 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. plus 0.5em minus 0.4emSpringer, 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. plus 0.5em minus 0.4emIEEE, 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.