

## **Diseño y desarrollo de Serious Games para la rehabilitación de pacientes neurológicos implementando VRPN para las comunicaciones entre las interfaces y los dispositivos.**

Javier J. Rosenstein, Rodrigo Gonzalez, Juan Salvador Portugal, Julian Argañaraz, Nicolás Ignacio Zarate, Héctor Sebastián Salinas

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, thejuasz@gmail.com, hiory01@gmail.com, nicolaszarate23@gmail.com, hdseba\_uch@hotmail.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 datos. 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 hacia una interfaz gráfica que permita la realimentación neuronal del paciente y de este modo lograr la mejora cognitiva (efecto de neurofeedback deseado). El presente trabajo trata del análisis e implementación del protocolo de comunicaciones VRPN (Virtual Reality Peripheral 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 interac-

tiva e inmersiva. Logrando de este modo la producción de un sistema de capacitación / rehabilitación o mejor llamado Serious Game. **Palabras clave:** VRPN, EOG, EEG, BCI, Serious Games, Mirror Neurons, Neurofeedback

### **CONTEXTO**

El presente proyecto 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 Septiembre de 2020 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. 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 figura1), en argentina dentro de las principales discapacidades, la mental-cognitiva es la mayor de las discapacidades entre las edades de 6 a 14 años.

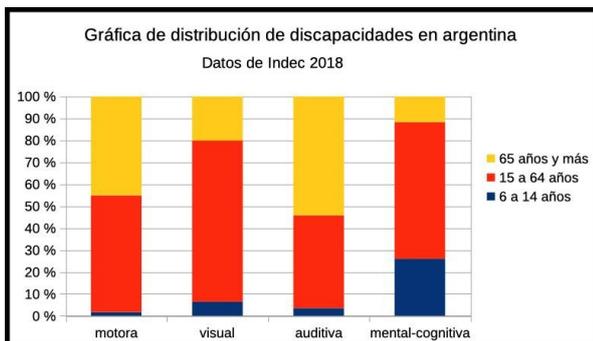


Figura 1: Discapacidades según Indec en argentina

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 que permitan transmitir la información al componente software / hardware que la requiera.
- d) Como continuación al resultado obtenido en el punto anterior, Diseñar, programar y 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 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. La etapa final futura de este proyecto consistiría 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

preprocesar estas señales, que luego serán transmitidas a través del protocolo VRPN hacia las interfaces virtuales de rehabilitación cognitiva de la etapa 2. Así, el sistema de adquisición real de datos se incorporará a futuro en forma transparente al proyecto implementado en las primeras 2 etapas.

## 3. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados se pueden dividir en dos grandes grupos:

1. BCI e interfaz virtual gráfica que produzca en el paciente el efecto de neurofeedback: se espera obtener como producto final un sistema de retroalimentación a un usuario, en primera medida simulando la generación de señales que serán interpretadas en lops escenarios de realidad virtual diseñados para este fin, estas señales se deberán enviar mediante comandos codificados en el protocolo VRPN que se transmitirá 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 un prototipo funcional que implemente la técnica de la terapia y se logre el efecto real final de neurofeedback propuesto, cabe aclarar que para que esto puedan lograrse es necesario la interacción con equipos de trabajo de diseño y desarrollo de electrónica que colaboren en conjunto con el equipo de investigación formado.

## 4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La línea de I+D presentada está vinculada con el desarrollo de la tesis de maestría en teleinformática de la Universidad de Mendoza, de Javier J. Rosenstein, defendida a

finés del 2020. Dicha tesis se centró en la implementación del protocolo VRPN demostrando su uso en un sistema BCI.

Esta línea de I+D Además cuenta con la dirección del Mgter. 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 cuatro tesis de grado en curso, pertenecientes a los estudiantes Juan Salvador Portugal, Julian Argañaráz, Nicolás Ignacio Zarate y Héctor Sebastián Salinas, cuyos planes de tesis se encuentran específicamente dentro del marco de este proyecto. Todos ellos cursan actualmente la licenciatura en Sistemas de Información en la Universidad Champagnat.

Todos los avances logrados y las implementaciones realizadas relacionadas con el desarrollo del presente proyecto desde su primer etapa, se están utilizando 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 alumnos 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.
  16. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INDEC, Argentina, 2018, ISBN:978-950-896-519-6, [https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/estudio\\_discapacidad\\_07\\_18.pdf](https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/estudio_discapacidad_07_18.pdf)
  17. Rosenstein, Javier J. (2020). *Uso de VRPN para la implementación de una interfaz cerebro-computadora* [Tesis de Maestría en Teleinformática, Universidad de Mendoza].