

DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA INTERFAZ CEREBRO- COMPUTADORA DE BAJO COSTO

Catalina Galván¹

¹Instituto de Matemática Aplicada del Litoral, IMAL-CONICET-UNL
Director/a: Peterson Victoria

Área: Ingeniería

INTRODUCCIÓN

Diferentes trastornos neurológicos pueden alterar los canales neuromusculares a través de los cuales el cerebro interacciona y controla su entorno. Mediante las llamadas Interfaces-Cerebro Computadora (ICCs) es posible restablecer, mejorar o reemplazar estas vías, proporcionando al cerebro un nuevo y alternativo canal de comunicación no muscular para transmitir mensajes y comandos a un dispositivo externo (Wolpaw & Winter Wolpaw, 2012). Las ICCs basadas en Imaginería Motora (IM), en las cuales el usuario participa activamente en la modulación de su actividad cerebral, resultan en una herramienta prometedora para mejorar disfunciones neuromotoras en el ámbito de la rehabilitación. Imaginar la realización de ciertos movimientos genera actividad neuronal espaciotemporalmente similar a la actividad generada durante el movimiento real, pero de menor magnitud (Rao, 2013). De este modo, para pacientes con déficit en el control motor de algunas de sus extremidades, sesiones de rehabilitación basadas en IM-ICCs desde una perspectiva cognitiva, con realimentación visual y/o sensorial de la intención del movimiento, podría mejorar las funciones motoras del miembro afectado y posiblemente ayudar en la plasticidad cerebral de la zona dañada. Toda ICC se compone de tres módulos: i) módulo de instrumentación electrónica, para la adquisición de la actividad cerebral (señal de entrada), ii) módulo de extracción de características, el cual procesa la señal con el objetivo de facilitar la detección de la señal de interés y, finalmente, iii) módulo de decodificación, encargado de transformar la información contenida en la señal de entrada a comandos de control o comunicación (señal de salida). Sistemas portátiles y no invasivos, como la electroencefalografía (EEG) de superficie, son comúnmente utilizados para medir la actividad cerebral. Una de las principales limitaciones que presentan actualmente las ICCs es que requieren de equipamiento de alto costo para adquirir señales EEG de alta calidad. Esto imposibilita el uso masivo de las mismas, quedando principalmente limitado a aplicaciones en laboratorios de investigación o clínicas especializadas. Resulta necesario, entonces, para acercar las ICCs a sus potenciales usuarios finales, el análisis de sistemas alternativos de bajo costo que permitan una comunicación confiable entre el hombre y el dispositivo a controlar.

OBJETIVOS

Generales

Evaluar la factibilidad del uso de sistemas de bajo costo para la construcción de ICC confiables basadas en EEG.

Título del proyecto: Práctica Profesional Supervisada
Instrumento: Convenio marco individual
Año convocatoria: 2018
Organismo financiador:
Director/a: Peterson Victoria

Particulares

- Desarrollar un protocolo de estimulación basado en el paradigma de IM utilizando un software de experimentación libre y gratuito (OpenViBE).
- Generar una base de datos de registros de EEG utilizando un sistema de adquisición de bajo costo y transportable (OpenBCI).
- Analizar la calidad de las señales registradas utilizando técnicas de detección de la intención de movimiento.

METODOLOGÍA

El protocolo de estimulación diseñado, basado en el Protocolo de Graz (Pfurtscheller & Neuper, 2001), utilizado en la rehabilitación motora de pacientes (Ang y col., 2011), constaba de dos tareas mentales: imaginación de la apertura y cierre de la mano dominante y no imaginación/relajación. El mismo estaba compuesto por cuatro bloques de experimentación, cada uno constituido por 20 repeticiones de imaginación motora intercaladas aleatoriamente con 20 épocas de no imaginación/relajación, obteniendo al final del experimento 160 épocas de EEG (80 para cada condición). En esta primera etapa de la investigación ningún tipo de retroalimentación hacia el participante fue contemplada. El protocolo de estimulación visual descrito fue implementado mediante el programa OpenViBE (Renard y col., 2010).

Para obtener información adicional de los participantes se diseñaron dos cuestionarios: un cuestionario de atención, que permite cuantificar las precondiciones fisiológicas (fatiga, nivel de entusiasmo, motivación, concentración) del sujeto y un cuestionario estándar de imaginación kinestésica (KIQ) (Malouin y col., 2007), utilizado para cuantificar la capacidad de los participantes en la realización mental de ciertos movimientos.

Para el registro de las señales de EEG se utilizó el sistema de OpenBCI¹ conformado por la placa Cyton y su módulo de expansión Daisy (16 canales, frecuencia de muestreo 125 Hz), junto con la gorra de electrodos “Electrocap System II”, comercializada por Electrocap International Inc². La placa de adquisición se caracteriza por su comunicación inalámbrica con la computadora a través de un dispositivo USB-RFDuino. Para la adquisición y la visualización de las señales de EEG se utilizó la aplicación “acquisition server” de OpenViBE. Por medio de este software, las señales de EEG fueron filtradas durante su adquisición mediante un filtro pasa-banda digital de orden 3 con frecuencias de corte entre 0,5 y 45 Hz.

La gorra de electrodos ElectroCap cuenta con 19 canales, ubicados según el sistema internacional 10-20 (Herbert, 1958). Dado que el sistema OpenBCI posee un máximo de 16 canales de adquisición, se seleccionaron 15 electrodos (Fz, F3, F4, F7, F8, Cz, C3, C4, T3, T4, Pz, P3, P4, T5, T6) cubriendo el área sensoriomotora. Los electrodos de referencia y de tierra fueron colocados en los lóbulos de las orejas izquierda y derecha, respectivamente.

Para monitorear la correcta ejecución del experimento, se utilizaron electrodos superficiales de electromiografía (EMG) ubicados sobre dos grupos musculares agonistas y antagonistas involucrados en el movimiento de abrir y cerrar la mano. Para tal fin, se utilizó la placa Ganglion (4 canales, frecuencia de muestreo 200 Hz) comercializada por OpenBCI en conjunto con dos sensores musculares Myoware, desarrollados por Advancer Technologies³. Este sistema se comunica inalámbricamente con la computadora mediante un módulo

¹ <http://openbci.com/>

² <http://electro-cap.com/>

³ <http://www.advancertechnologies.com/p/myoware.html>

bluetooth. Para la adquisición de las señales de EMG se utilizó una segunda computadora y el software OpenBCI_GUI desarrollado por OpenBCI. La sincronización de las señales de EMG con el comienzo de la adquisición de las señales de EEG en cada ronda fue realizada de forma manual.

La Figura 1 ilustra el protocolo de experimentación diseñado, indicando los electrodos y sistemas de adquisición utilizados para cada señal biomédica considerada (EEG y EMG).

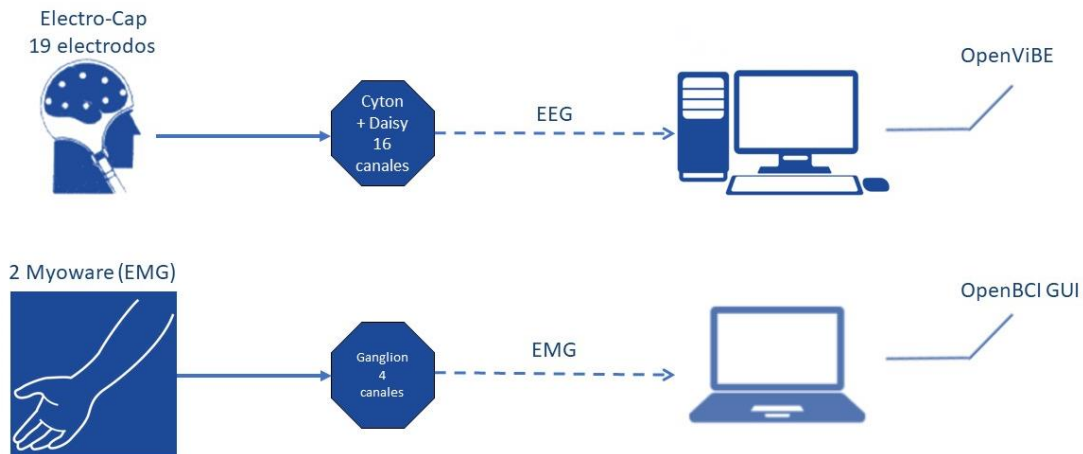


Figura 1: Protocolo de experimentación diseñado. Electrodo, amplificadores y software.

Se adoptaron criterios de inclusión y exclusión para los participantes: no poseer patologías del sistema neuromotor, ser mayor de edad, tener capacidad de comprender comandos simples y dar consentimiento informado, no poseer experiencia previa en el uso de ICCs y no haber abusado del uso de alcohol y/o drogas.

Este protocolo de experimentación fue elevado y aprobado por el comité de ética CEySTE perteneciente al CCT-CONICET-Santa Fe.

RESULTADOS/CONCLUSIONES

Registros de EEG y EMG de 8 sujetos sanos (3 mujeres, edad promedio $26,10 \pm 4,04$ años) fueron adquiridos. Para evaluar la fiabilidad de las señales registradas para su uso en IM, en esta etapa inicial, se utilizó un método de clasificación anteriormente desarrollado por la directora del proyecto, basado en el conocido método de Patrones Espaciales Comunes y Banco de Filtros (FBCSP, por sus siglas en inglés) (Ang y col, 2008). Para ello, las primeras 2 rondas de cada participante fueron seleccionadas para entrenar dicho método de clasificación, mientras que las rondas 3 y 4 fueron utilizadas para su posterior evaluación.

El índice de desempeño utilizado fue la tasa de aciertos, el cual indica el porcentaje de las épocas de EEG bien clasificadas sobre el número total de épocas disponibles. Los resultados así obtenidos pueden observarse en la Figura 2. El promedio de clasificación sobre todos los sujetos, y ambas rondas de evaluación fue de $76,50 \pm 12,67$ %.

Los resultados de clasificación preliminares son prometedores, indicando que sería posible construir una ICC de bajo costo, confiable y transportable, ampliando no sólo los límites de posibles aplicaciones, sino que también aumentando el número de potenciales usuarios.

Mediante este trabajo se ha logrado el diseño, implementación y evaluación de una ICC basada en el paradigma de IM utilizando sistemas de adquisición de bajo costo junto con softwares de experimentación gratuitos y multiplataforma.

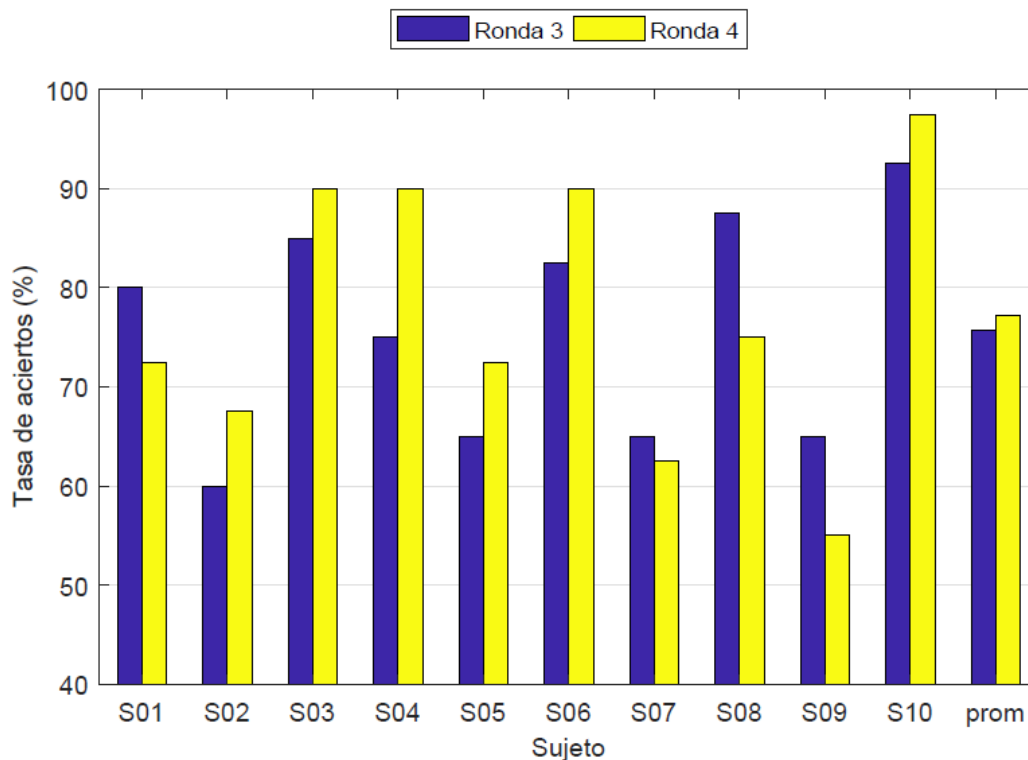


Figura 2: Resultados de clasificación obtenidos para los diferentes sujetos en las rondas 3 y 4. Se grafica también el valor promedio para el total de los sujetos en cada ronda.

En trabajos futuros, se prevé el análisis de los resultados obtenidos en los cuestionarios realizados, el procesamiento de la señal de EMG, y un análisis del filtrado óptimo de las señales de EEG, para finalmente poder evaluar nuevos y diferentes métodos de clasificación.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Ang, K. K. y col.,** 2011. A large clinical study on the ability of stroke patients to use an EEG-based motor imagery brain-computer interface. *Clinical EEG and Neuroscience*, 42(4), 253-258.
- Ang y col.,** K. K., 2008. Filter bank common spatial pattern (FBCSP) in brain-computer interface. s.l., IEEE.
- Herbert, J.,** 1958. Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, Volumen 10, 370-375.
- Malouin, F. y col,** 2007. The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: a reliability and construct validity study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 31(1), 20-29.
- Pfurtscheller, G. & Neuper, C.,** 2001. Motor imagery and direct brain-computer communication. *Proceedings of the IEEE*, 89(7), 1123-1134.
- Rao, R. P.,** 2013. *Brain-computer interfacing: an introduction*. s.l.:Cambridge University Press.
- Renard y col., Y.,** 2010. Openvibe: An open-source software platform to design, test, and use brain-computer interfaces in real and virtual environments. *Presence: teleoperators and virtual environments*, 19(1), 35-53.
- Wolpaw, J. & Winter Wolpaw, E.,** 2012. *Brain-Computer Interfaces: principles and practice*. s.l.:Oxford University Press.