

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS

DIVISIÓN DE ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

INGENIERÍA BIOMÉDICA

PROYECTO MODULAR

***IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFACE CEREBRO COMPUTADOR
BASADA EN POTENCIALES VISUALES EVOCADOS DE ESTADO ES-
TABLE USANDO MÉTODOS DE CORRELACIÓN CANÓNICA***

MILLÁN-CASTILLO CÉSAR

GUADALAJARA JALISCO, MÉXICO 4 DE SEPTIEMBRE DE 2018

Nombre del proyecto: Implementación de una BCI basada en potenciales visuales evocados de estado estable usando correlación canónica.

Integrantes: César Millán Castillo

Código: 215255153

E-mail: cesar.millan@alumnos.udg.mx

Asesor: Rebeca del Carmen Romo Vázquez

Código: 2947170

e-mail: rebeca.romo@academicos.udg.mx

Departamento: Ciencias Computacionales

Introducción

La capacidad de controlar dispositivos con la mente comienza a ser una realidad gracias a las Interfaces Cerebro-Computadora (*Brain Computer Interfaces* o BCI por sus siglas en inglés). Estas tecnologías se basan en el registro de señales cerebrales que, luego de ser procesadas, son utilizadas como señales de control para activar/desactivar un dispositivo [1]. En este contexto, una de las aplicaciones más amplias que ha tenido esta tecnología es en el campo de las prótesis, órtesis y dispositivos terapéuticos auxiliares y de rehabilitación permitiendo a las personas con alguna capacidad diferente, patología permanente o temporal tener un método alternativo para interactuar o comunicarse con su medio.

Por su naturaleza no invasiva, el electroencefalograma (EEG) es la técnica más empleada para el registro de señales eléctricas cerebrales en técnicas de BCI. Estudios recientes en este campo han registrado EEG en estados de consciencia activos para analizar cómo se modifican al momento de recibir estímulos externos causados por un evento como potenciales visuales evocados de estado estable [2].

Los Potenciales Visuales Evocados de Estado Estable (*Steady-State Visual Evoked Potentials* o SSVEP por sus siglas en inglés) son respuestas periódicas visuales a estímulos modulados a una frecuencia mayor a 6 Hz. Estos potenciales son registrados en la corteza visual del cerebro localizada en el lóbulo occipital con el uso de electrodos activos colocados en esta zona. El uso de sistemas basados en SSVEP ha demostrado tener resultados de hasta 92% de precisión y un tiempo de respuesta de 2.1seg [3], además de que uno de los principales beneficios de aproximarse a las BCI basadas en SSVEP es que no requieren de un entrenamiento previo para los usuarios ya que no es necesario que estos realicen intenciones de movimiento imaginario.

El análisis de correlación canónica (*Canonical Correlation Analysis* o CCA por sus siglas en inglés) es un método estadístico empleado para investigar la relación entre dos o más sets de variables, como lo es en el caso de un EEG, es un método muy usado en el área de investigación por ser un modelo lineal además de que el CCA produce funciones canónicas que consisten en pesos estándar por lo que de la misma manera cada función devuelve un coeficiente de correlación canónica que va de 0.0 a 1.0 indicando que tanta correlación existe entre ambos sets de variables [4].

Objetivo general

Desarrollar una BCI que a partir de estímulos derivados de SSVEP y usando CCA envíe una señal de control a un dispositivo activo externo.

Metodología

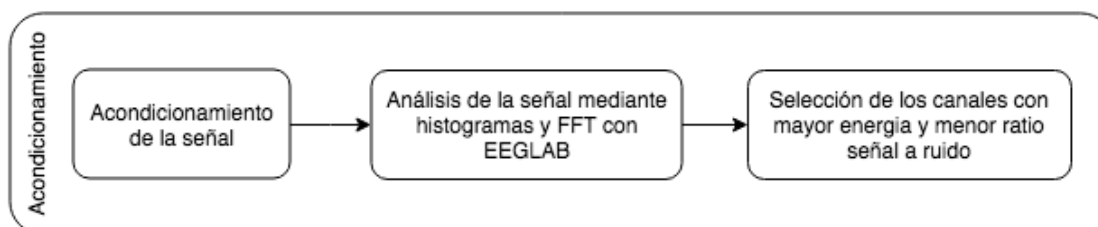
A manera general podemos ver el desarrollo de este trabajo de acuerdo al siguiente diagrama, el sistema es cerrado ya que la mano robótica a demás de moverse también es la que evoca los potenciales visuales en la corteza cerebral, es por ello que se presenta a manera de un círculo cerrado.



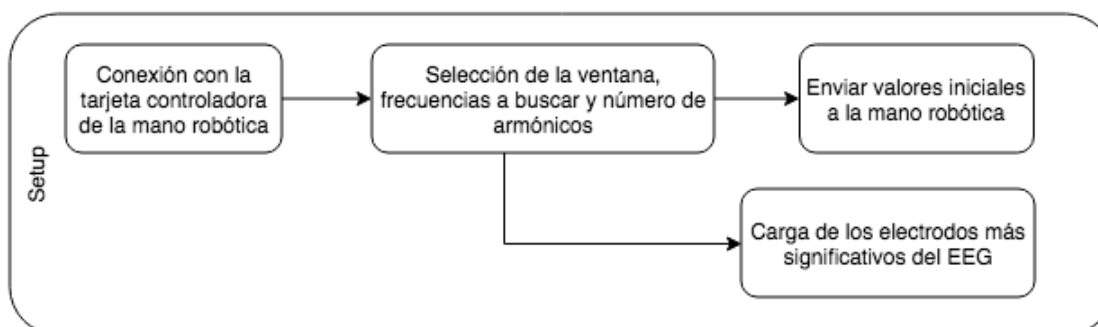
A continuación se presenta la metodología de una manera más detallada con una representación de bloques.



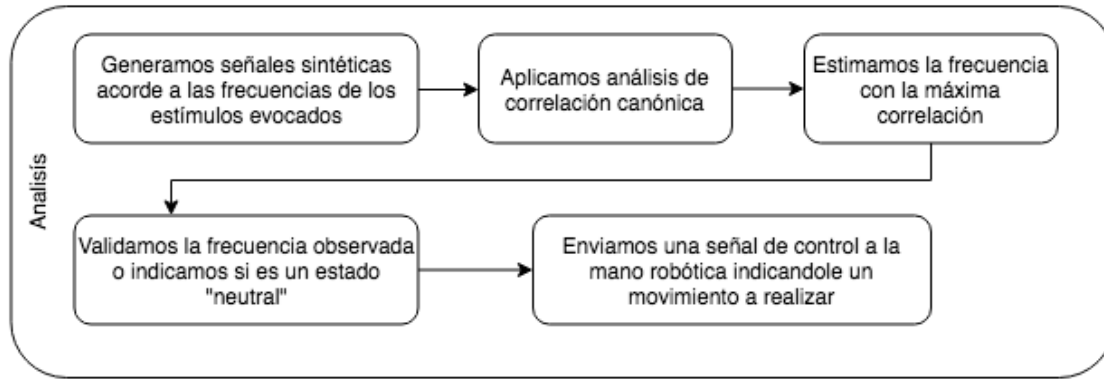
En la etapa de adquisición lo que se presenta es la parte biológica que comienza en el momento en el que el usuario observa alguno de los estímulos que inducen un potencial en la corteza visual del sujeto principalmente en los electrodos O1,O2,Pz. Posteriormente son registrados usando un equipo de electroencefalograma de la marca GRASS modelo “COMET” a una frecuencia de 400Hz.



Etapa de acondicionamiento, se analiza la señal usando el toolbox de MatLab® llamado EEGLAB, este nos permite trabajar con señales EEG de una manera más sencilla, además podemos trabajar con archivos de formato EDF (European Data Format), un formato de archivo de EEG que incluye datos de nombre de canales y frecuencia, esto nos es de importancia ya que para poder trabajar con nuestros registros y mostrarlos en “scalp maps” es necesario saber tanto los nombres de los canales acorde a el electrodo que lo registró, así como también la posición en el espacio del electrodo.



SetUp se podría traducir a la etapa en la que iniciamos nuestras variables y preparamos nuestro espacio de trabajo seleccionando el tamaño de la ventana de valores que van a ser procesados por el programa y de ella depende la efectividad del algoritmo puesto que el CCA (*Canonical Correlation Analysis* o CCA por sus siglas en inglés) usa sets de datos para determinar una correlación una ventana mayor nos daría mejores resultados, sin embargo si es mayor al tiempo que el sujeto observó el estímulo la correlación se podría ver afectada.



La etapa fundamental en el programa, ya que es en esta en la que se implementa el algoritmo de correlación canónica, para poderlo trabajar usando SSVEP es necesario que la matriz de datos del EEG sea de $N \times S$ (donde N son los canales del EEG y S sean las muestras registradas), y la señal de referencia sea de la siguiente forma:

$$Y = \begin{bmatrix} \sin(2\pi \times 1 \times f) \\ \cos(2\pi \times 1 \times f) \\ \sin(2\pi \times 1 \times f) \\ \vdots \\ \sin(2 \times m \times f) \\ \cos(2 \times m \times f) \end{bmatrix}$$

Se precisa que sean 2 señales, una Seno y otra Coseno puesto que el CCA no toma en cuenta el ángulo de fase así que de esta manera cubrimos variaciones el el ángulo puesto que de otra manera el EEG podría ser ortogonal y el algoritmo no sería efectivo [5].

Justificación Módulo Biomecánica

Como se mencionó anteriormente, este proyecto se centra en el desarrollo de un sistema de BCI el cual pretende controlar un dispositivo a partir de señales provenientes de potenciales visuales evocados de estado estable. Con base en los conocimientos adquiridos en la materia de Prótesis y Órtesis, podemos afirmar que este trabajo se inserta en este domino de forma natural ya que en dicha materia aprendemos a desarrollar sistemas de adquisición de bioseñales para el control de servomotores. Desde la óptica de las prótesis, poder contar con sistemas que muevan dispositivos a partir de bioseñales es un tema de actualidad y que cada día va en aumento por las ventajas que implica.

Justificación Módulo Electrofisiología

Tal y como se enunció en líneas previas, este proyecto se basa enteramente en el registro y procesamiento de una de las señales electrofisiológicas más estudiadas a lo largo de la carrera: el cerebro. Por un lado, conocer su origen y características son conocimientos que se adquieren en materias como Electrofisiología mientras que la extracción de información a partir de esta señal se estudia en materias como Acondicionamiento y Procesamiento de Bioseñales. Todos estos cursos están comprendidos en los módulos correspondientes a la Electrofisiología.

Justificación Módulo Instrumentación

Finalmente, aunque no se va a diseñar ningún aparato en físico (EEG y estimulador), lo que sí se va a programar es una interfaz en MatLab® que comunique a estos dos equipos. De fábrica, estos dos instrumentos no tienen ninguna forma o medio de comunicación entre sí. Sin embargo, leyendo las características de ambos consideramos que es posible conectarlos a través de software. Además, a esta misma interfaz se va integrar el análisis de correlación canónica. Con base en lo anterior es que solicito se me evalúe el módulo de Instrumentación.

Referencias

- [1] H. Bakardjiana, T. Tanaka y A. Cichocki, "Optimization of SSVEP brain responses with application to eight-command Brain-Computer Interface", *Neuroscience Letters*, no.469, pp. 34-38, 2010.
- [2] G. Bin, X. Gao, Z. Yan, B. Hong y S. Gao, "An online multi-channel SSVEP-based brain-computer interface using a canonical correlation analysis method", *J. Neural Eng.* vol.6, June 2009.
- [3] G. R. Müller-Putz y G. Pfurtscheller, "Control of an Electrical Prosthesis With an SSVEP-Based BCI" *Ieee Transactions On Biomedical Engineering*, Vol. 55, No. 1, January 2008.
- [4] B. Thompson, "Canonical Correlation Analysis", vol 1, pp. 192 – 196, Chister, 2005.
- [5] E. Kalunga, "SSVEP enhancement based on Canonical Correlation Analysis to improve BCI performances", 9-12 Sept. 2013, IEE, DOI: 10.1109/AFRCON.2013.6757776.