

# DESARROLLO DE UN INTERFAZ CEREBRO-COMPUTADORA

*Ricardo Ron Angevin, Carmen García Berdonés, Antonio Díaz Estrella*

Departamento de Tecnología Electrónica  
Universidad de Málaga  
[rra@dte.uma.es](mailto:rra@dte.uma.es)

## ABSTRACT

EEG activity includes a variety of different rhythms that are identified by their frequency, location, and association with various aspects of brain function. Individuals can learn to control the amplitudes of several of these rhythms, and these can be used to make a Brain Computer Interface (BCI), helping to provide a new communication channel to replace an impaired motor function. In this paper, inspired by the work reported by Wolpaw, we trained normal subjects to use 8-13 Hz  $\mu$  rhythm recorded from the scalp over the central sulcus of one hemisphere to move a cursor from the center of a video screen to a target located at the top or bottom edge. We present preliminary results that corroborate the work performed by Wolpaw, and which will be used as a starting point for future research in BCI.

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un interfaz entre el cerebro humano y un sistema artificial, tal como una computadora, no es un propósito reciente. En los últimos años ha crecido mucho el interés por lograr este objetivo, siendo una de sus aplicaciones más importantes en el campo de la medicina y más concretamente en la rehabilitación, contribuyendo a establecer un canal de comunicación y control para aquellos individuos con importantes deficiencias en sus funciones motoras.

Un interfaz cerebro computadora, se basa principalmente en el análisis de las señales electroencefalográficas (EEG) captadas durante algún tipo de actividad mental. La actividad EEG incluye una variedad de diferentes ritmos identificados por su frecuencia, localización y otros aspectos relacionados con la función cerebral que hacen que la señal EEG sea extremadamente compleja. Dicha señal, captada en el cuero cabelludo, presenta una variación de amplitud en torno a las decenas de microvoltios y en el rango de frecuencia comprendido aproximadamente entre 0.1 y 60Hz.

Numerosos estudios en las últimas décadas, muestran la capacidad que tienen las personas para controlar algunas características de la actividad EEG. Si se consiguiera aprender rápidamente a controlar dichas características, la señal EEG podría presentar una nueva función cerebral; podría convertirse en una nueva señal de salida que permitiera comunicar los deseos de una persona a un componente externo.

El ritmo  $\mu$ , que corresponde a una oscilación de la señal EEG comprendida entre los 8 y 13Hz, es captado en la zona sensoriomotora situada en la región central del cuero cabelludo. Dicho ritmo, presente en la mayoría de los adultos [1], tiene la particularidad de presentar una atenuación en su amplitud cuando se lleva a cabo algún tipo de movimiento, o lo que es más

importante cuando se tiene la intención de realizar algún movimiento, o sencillamente imaginando movimientos de las extremidades [2].

Hay algunas publicaciones que detallan el uso de las características extraídas de la electroencefalografía humana para llevar a cabo interfaces cerebro-computadora [3-5]. En concreto, nuestro trabajo está inspirado en el propuesto por Wolpaw [6], el cual hace uso de ciertas características fijas presentes en el ritmo  $\mu$  de la señal EEG, para manejar en una dimensión los movimientos de un cursor en una pantalla.

## 2. MÉTODO

### 2.1. Hardware y Software usado

El ritmo  $\mu$  se mide alrededor del área central (C3 y C4) acorde con el sistema internacional 10/20. Teniendo en cuenta que la mayoría de los sujetos son diestros, se ha hecho uso de un único canal diferencial para captar la señal EEG, haciendo uso de electrodos de 8mm de Ag/AgCl. Los dos electrodos activos, se han colocado 3cm delante y 3cm detrás de la posición C3, y el electrodo de referencia en la muñeca izquierda. Dicha señal se ha amplificado con un amplificador EEG de 4 canales modelo Coulborn V75-08 y digitalizado a través de una tarjeta de adquisición de datos Lab-PC+ de National Instruments a una frecuencia de 128Hz. Cada segundo, la señal es procesada en tiempo real y al mismo tiempo almacenada para su posterior tratamiento. Para el análisis de la señal, se ha desarrollado un programa en MATLAB que nos permite hacer un estudio tanto on-line como off-line.

### 2.2. Procedimiento

Con el fin de lograr controlar el ritmo  $\mu$  y poder llevar a cabo el desplazamiento de un cursor hacia arriba o hacia abajo según nuestros deseos, es necesario llevar a cabo un entrenamiento del individuo. Al ser cada individuo diferente, se deberá analizar las señales adecuadamente y ajustar los parámetros convenientemente para lograr una buena clasificación de la señal.

En este estudio nos centramos en el análisis frecuencial del ritmo  $\mu$  de la señal EEG, y para cada ventana de duración un segundo (128 muestras) se obtiene la FFT, consiguiéndose una resolución espectral de 1Hz.

Inicialmente en la fase de entrenamiento, es importante observar en tiempo real la evolución del ritmo  $\mu$  para cada individuo y para las diferentes actividades mentales.

Con ayuda del paquete Simulink de MATLAB, se ha desarrollado una herramienta que permite visualizar en tiempo real tanto la respuesta temporal como frecuencial de la señal capturada. Con el fin de capturarla y analizarla de manera eficiente, y al mismo tiempo que se está visualizando, dicha herramienta permite seleccionar entre diferentes algoritmos de análisis espectral y distintos tipos de filtros espaciales, ajustando en todo momento los parámetros necesarios para adaptarlos a la señal.

Al sujeto en estudio se le pide llevar a cabo diferentes tareas mentales que se clasifican en:

- 1) *Reposo*: el sujeto, sentado en una silla, debe procurar estar en reposo absoluto.
- 2) *Ejecutar movimiento*: al sujeto se le pide llevar a cabo continuos movimientos de su mano derecha.
- 3) *Imaginar movimiento*: el sujeto debe imaginar que realiza continuos movimientos de su mano derecha.

El entrenamiento se ha llevado a cabo combinando las diferentes tareas mentales a lo largo de diferentes sesiones de 30 minutos y durante varios días.

### 2.3. Pruebas preliminares

En la Figura 1 se muestra la media de la respuesta en frecuencia obtenida a lo largo de la última sesión en uno de los días de entrenamiento. Es importante resaltar que aunque a lo largo de las diferentes sesiones se han obtenido resultados muy similares, se muestran los resultados de la última sesión por ser el entrenamiento una actividad de aprendizaje.

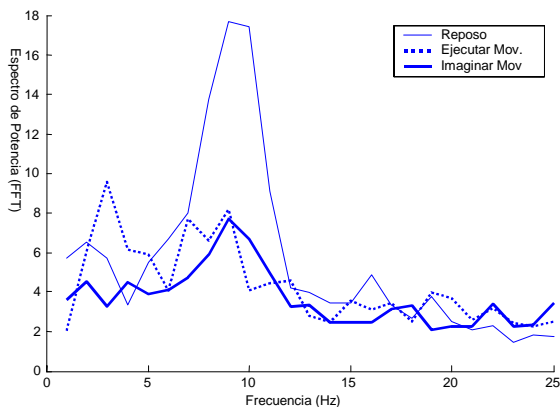


Figura 1. Respuesta en frecuencia de la señal EEG

La curva de línea continua representa la FFT de la señal EEG cuando el sujeto está en reposo. En la línea discontinua, se representa la respuesta cuando el sujeto ejecuta un movimiento, y finalmente, la línea gruesa representa la respuesta en frecuencia cuando el sujeto imagina que realiza un movimiento.

A pesar de que estos resultados son preliminares, en dichas curvas se observa claramente que en la banda de frecuencia relativa al ritmo  $\mu$  (8-13Hz), se produce una disminución importante del espectro de potencia (o amplitud de la señal EEG) cuando se ejecuta o imagina un movimiento, con respecto al estado de reposo, donde se supone que no se ha llevado a cabo

ninguna actividad mental específica. Al ejecutar un movimiento, se observa a su vez que se produce un leve incremento de la señal en torno a los 3 Hz. Dicha diferencia en la amplitud de las señales, podría usarse a priori como test para identificar si el sujeto en estudio está realmente imaginando un movimiento o ejecutándolo, rechazándose en este último caso la señal obtenida por no ser de interés para el estudio.

### 3. CONCLUSIONES

En este proyecto se ha llevado a cabo un primer interfaz cerebro-computadora, basándonos en el trabajo realizado por Wolpaw. A pesar de que los resultados obtenidos son muy preliminares, estos han servido para corroborar los resultados del trabajo anteriormente citado. Efectivamente, se ha podido comprobar como después de varias sesiones de entrenamiento, es posible tener un cierto control sobre el ritmo  $\mu$  de la señal EEG.

También se ha podido observar la escasa relación señal-ruido que ofrece la señal capturada y sobre todo la cantidad de factores que pueden enmascarar dicha señal. Los movimientos de los ojos (EOG), los movimientos musculares (EMG), otras características de la señal EEG no controladas; todo ello contribuye a generar un ruido muy difícil de discriminar, por tener características en amplitud y frecuencia muy similares a la señal deseada, degradando de forma considerable las prestaciones de cualquier interfaz cerebro-computadora.

### 4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los Fondos FEDER en su proyecto nº 1FD97-2177 (Proyecto ALBATROS).

### 5. REFERENCIAS

- [1] G. Pfurtscheller. "Functional topography during sensorimotor activation studied with event-related desynchronization mapping". *Journal of Clinical Neurophysiology*, **6**, pp.75-84, 1989.
- [2] G. Pfurtscheller & A. Berghold. "Pattern of cortical activation during planning of voluntary movement". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **72**, pp 250-258, 1989.
- [3] G. Pfurtscheller, D. Flotzinger, and J. Kalcher. "Brain Computer Interface-a new communication device for handicapped people". *Journal of Microcomputer Application*, **16**, pp293-299, 1993.
- [4] J.R. Wolpaw and D.J. McFarland. "Multichannel EEG-Based brain-computer communication". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **90**, pp 444-449, 1994
- [5] S.J. Roberts, W. Penny and I.Rezek. "Temporal and Spatial Complexity measures for EEG-based Brain-Computer Interfacing". *Medical and Biological Engineering & Computing*, **37(1)**, pp93-99, 1998.
- [6] J.R. Wolpaw, D.J. McFarland, G. Neat and C.A.Forneris. "An EEG-based brain-computer interface for cursor control". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **78**, pp252-259, 1991.