

Guía 1: Introducción a las interfaces cerebro-computadora

Agosto 2019

1 Objetivos

Que el alumno sea capaz de:

- Afianzar los conocimientos sobre BCI aprendidos en la instancia teórica.
- Implementar algoritmos básicos para el pre-procesamiento de las señales.
- Comprender la características de los diferentes marcadores neurofisiológicos utilizados en BCI.

2 Trabajo Coloquial

1. En un laboratorio se está diseñando un experimento que involucre el uso de interfaces cerebro computadora (BCI) para el comando de un auto a batería. Para ello, los investigadores desean utilizar un paradigma en el que el usuario de la BCI no deba ser entrenado, y que además, pueda ser comandado por la mayoría de los posibles usuarios. En este sentido deciden utilizar como marcador neurofisiológico potenciales evocados visuales en estado estable (SSVEP, por sus siglas en inglés) medido mediante señales de electroencefalografía (EEG) de superficie. Asimismo, diseñan un protocolo de estimulación como se muestra en la Figura 1

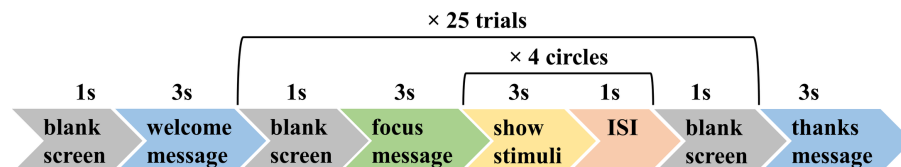


Figure 1: Protocolo de estimulación diseñado para realizar el experimento. Modificado de [1].

Si bien los investigadores ya tienen todo listo para comenzar los registros, se dan cuenta que deben aún completar los datos del experimento en su carpeta de información, en donde deben clasificar su experimento según los posibles tipos de BCI. Se le pide, entonces que clasifique la BCI según las clasificaciones dadas en clase.

3 Trabajo de Laboratorio

1. Una vez adquiridos los datos en BCI basadas en EEG, suelen pre-acondicionarse las señales para su posterior tratamiento. Para ello se le pide que *implemente* una función denominada 'ExtractTrials' en el cual se pueda:
 - **Seleccionar** los canales a utilizar.
Sugerencia: utilice cell arrays y funciones que permitan la intersección entre conjuntos. En Matlab `ismember(cellstr(channelNames), channelsSelected)'`.
 - **Filtrar** la señal mediante un filtro Butterworth sin corrimiento de fase. El orden y frecuencia de corte del filtro deben ingresarse como entrada a la función.

- **Extraer** las épocas de EEG en un ventana de tiempo luego de la presentación del estímulo. La longitud de la ventana a utilizar debe poder ingresarse como entrada en la función. Utilice una matriz de tres dimensiones $n_s \times n_c \times n_t$, siendo n_s la cantidad de muestras (función de la ventana utilizada), n_c cantidad de canales y n_t cantidad de épocas (trials) totales.
 - **Submuestrear** los segmentos de EEG tomando cada d muestras.
Sugerencia: en Matlab, puede utilizar la función `downsample`.
 - **Etiquetar** las épocas de EEG en un vector de etiquetas de clases y , de dimensión $n_t \times 1$.
2. Evalúe la función `ExtractTrials` implementada utilizando los datos 'P300_S01'. Lea atentamente la descripción de la base de datos. Utilice los datos de las tres primeras rondas de la primer sesión. No realice ningún tipo de selección de canales. Filtre la señal con un filtro Butterworth de 3 orden entre 1-12 Hz. Utilice un vent de 1 s luego de aplicado el estímulo. No realice ningún tipo de submuestreo ($d = 1$). Al finalizar su proceso debería contar con 2880 épocas de EEG de dimensión 256×10 (480 pertenecientes a la clase con_P300).
 3. Una manera muy utilizada para detectar la presencia de ERPs en segmentos de EEG es mediante *promediación coherente*. La promediación coherente promedia de manera síncrona señales de EEG que, por un lado, tienen ERP, y por el otro lado, no tienen ERP. Grafique los promedios 'con_P300' y 'sin_P300' **para un canal** (e.g. Fz) al variar la cantidad de trials utilizados en la promediación, desde 2 hasta 60 en paso de 2. Responda, ¿a partir de cuántas épocas comenzó a visibilizar el P300?. ¿Por qué cree que la promediación coherente sirve para estimar la morfología de los ERPs?.
 4. Evalúe ahora la función `ExtractTrials` para los datos 'MI_S01'. Lea atentamente la descripción de la base de datos. La base contiene dos clases: Motor Imagery (MI) de la mano dominante (código 770) y rest/relax (código 772). Seleccione 28 canales que correspondan al área sensoriomotora (e.g. 'F5';'F3';'F1';'Fz';'F2';'F4';'F6'; 'FC5';'FC3';'FC1';'FCz';'FC2';'FC4';'FC6'; 'C5';'C3';'C1';'Cz';'C2';'C4';'C6'; 'CP5';'CP3';'CP1';'CPz';'CP2';'CP4';'CP6'). Filtre la señal con un filtro Butterworth sin corrimiento de fase de orden 2 entre 0.1 y 40 Hz. Extraiga épocas de EEG entre -3 y 5 s relativos a la presentación de la señal visual. No realice ningún tipo de submuestreo. Al finalizar el proceso debería contar con 160 épocas de EEG de dimensión 4096×28 .
 5. Los patrones de sincronización y desincronización relacionado a eventos (ERD/ERS) pueden detectarse mediante los siguientes pasos:
 1. filtrado pasabanda;
 2. rectificación;
 3. promediación sobre N señales rectificadas.

Asimismo denotando con A y R a la potencia dentro de una banda de frecuencia de interés luego del evento y dentro de un periodo de referencia (*baseline*), respectivamente, los valores de crecimiento y decrecimiento porcentuales pueden calcularse mediante $ERD\% = (A - R)/R \times 100$. Mediante esta visualización, la escala muestra cambios de potencia entre 0% y 100%. Ambos procedimientos se detallan en la Figura 2.

Se le pide que utilice las señales de MI extraídas anteriormente en los canales 'C3' y 'C4'. Grafique los patrones ERD/ERS replicando la Figura 2 **hasta el promedio sobre N trials**. Para ello sólo utilice los patrones que contienen MI. Indique en el eje x el tiempo de *on-set* ($t = 0$).

6. Los potenciales de SSVEP se caracterizan por responder a la frecuencia de estimulación. Para discriminar entre posibles comandos utilizando SSVEP, suele utilizarse la transformada de fourier y analizar la potencia del espectro en una banda acotada de interés, de manera tal que la frecuencia fundamental indique el tipo de comando seleccionado por el usuario de la BCI. Para

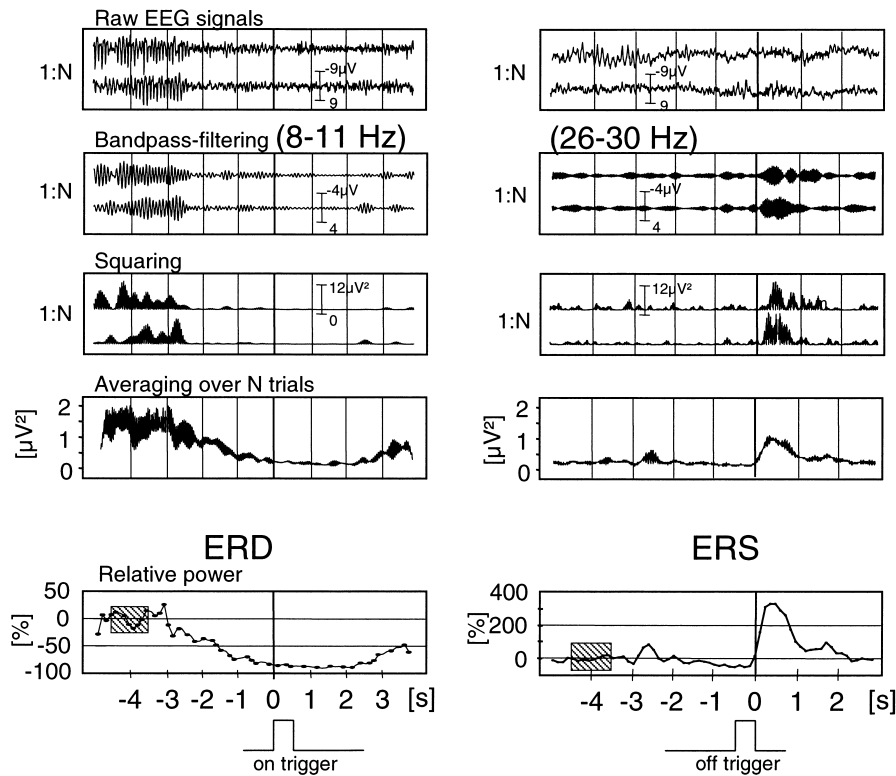


Figure 2: Procesamiento básico para detección de ERD (izquierda) y ERS (derecha). Modificado de [2].

analizar este tipo de comportamiento, utilizando los datos 'SSVEP', se le pide que mediante la transformada rápida de Fourier detecte de qué comando (frecuencias 5.45 (up), 8.57 (down), 12 (right), y 15 (left) Hz) proviene una cierta época. Para ello, grafique el promedio de los espectros de las señales de EEG considerando sólo los canales occipitales. Los datos ya están extraídos en 100 épocas de 3 s y ordenamos en 64 canales, 3000 muestras y 100 épocas. Las etiquetas de los canales se encuentran en el archivo 'labels'. La frecuencia de muestreo es 1kHz.

References

- [1] Zafer İşcan and Vadim V Nikulin. Steady state visual evoked potential (ssvep) based brain-computer interface (bci) performance under different perturbations. *PloS one*, 13(1):e0191673, 2018.
- [2] Gert Pfurtscheller and FH Lopes Da Silva. Event-related eeg/meg synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical neurophysiology*, 110(11):1842–1857, 1999.