

Selección de Canales en Sistemas BCI basados en Potenciales P300 mediante Inteligencia de Enjambre

V. Martínez-Cagigal^{a,*}, R. Hornero^{a,b,c}

^aGrupo de Ingeniería Biomédica, E.T.S.I. de Telecomunicación, Universidad de Valladolid, Valladolid, España.

^bIMUVA, Instituto de Investigación en Matemáticas, Universidad de Valladolid, Valladolid, España.

^cINCYL, Instituto de Neurociencias de Castilla y León, Salamanca, España.

Resumen

Los sistemas Brain-Computer Interface (BCI) se definen como sistemas de comunicación que monitorizan la actividad cerebral y traducen determinadas características, correspondientes a las intenciones del usuario, en comandos de control de un dispositivo. La selección de canales en los sistemas BCI es fundamental para evitar el sobre-entrenamiento del clasificador, reducir la carga computacional y aumentar la comodidad del usuario. A pesar de que se han desarrollado varios algoritmos con anterioridad para tal fin, las metaheurísticas basadas en inteligencia de enjambre aún no han sido suficientemente explotadas en los sistemas BCI basados en potenciales P300. En este estudio se muestra una comparativa entre cinco métodos de enjambre, basados en el comportamiento de sistemas biológicos, aplicados con el objetivo de optimizar la selección de canales en este tipo de sistemas. Los métodos se han evaluado sobre la base de datos de la “III BCI Competition 2005”, reportando precisiones similares o, en algunos casos, incluso más altas que las obtenidas sin realizar ningún tipo de selección. Dado que los cinco métodos se han demostrado capaces de disminuir drásticamente los 64 canales originales a menos de la mitad sin comprometer el rendimiento del sistema, así como de superar el conjunto típico de 8 canales y el método *backward elimination*, se concluye que todos ellos son adecuados para su aplicación en la selección de canales en sistemas P300-BCI.

Palabras Clave:

Interfaces, aprendizaje automático, sistemas biomédicos, optimización y métodos computacionales, electroencefalografía, sistemas de comunicación

1. Introducción

Los sistemas Brain-Computer Interface (BCI) permiten establecer un sistema de comunicación entre el cerebro y el medio capaz de traducir las intenciones del usuario en comandos de control de un dispositivo (Kübler et al., 2007; Kübler y Birbaumer, 2008; Wolpaw et al., 2000, 2002). Generalmente, se emplean con el objetivo de mejorar la calidad de vida de personas con grave discapacidad motora cuya capacidad de comunicación se encuentra limitada, por ejemplo, debido a enfermedades neurodegenerativas, síndrome de Guillain Barré, lesiones cerebrales, distrofias musculares u otras enfermedades que deterioran los caminos neuronales que controlan las funciones motoras (Kübler et al., 2007; Kübler y Birbaumer, 2008; Wolpaw et al., 2000, 2002). Aunque existen multitud de métodos para monitorizar la actividad cerebral, es común utilizar el electroencefalograma (EEG) debido a su bajo coste, facilidad de uso,

portabilidad, y naturaleza no invasiva. De esta manera, la actividad eléctrica del cerebro se registra mediante la colocación de una serie de electrodos sobre el cuero cabelludo del usuario (Wolpaw et al., 2000, 2002).

Los potenciales evocados P300 son una de las señales utilizadas en sistemas BCI para determinar la atención visual del usuario. Se corresponden con deflexiones positivas de voltaje producidas en la zona parietal del córtex como respuesta a un estímulo externo, aproximadamente 300 ms después de que éste se produzca (Wolpaw et al., 2002). La forma más habitual de generarlos es a través del paradigma *oddball*, consistente en presentar estímulos objetivo infrecuentes, que tienen que ser atendidos, camuflados entre estímulos irrelevantes que tienen que ser ignorados (Farwell y Donchin, 1988; Wolpaw et al., 2002).

Originalmente desarrollado por Farwell y Donchin (1988), el “P300 Speller” es una de las aplicaciones basadas en el paradigma *oddball* que permiten seleccionar comandos a través de una estimulación visual. Consiste en mostrar al usuario una matriz de comandos cuyas filas y columnas se iluminan aleatoriamente. El usuario únicamente debe prestar atención al co-

* Autor en correspondencia

Correos electrónicos: victor.martinez@gib.tel.uva.es (V. Martínez-Cagigal), robhor@tel.uva.es (R. Hornero)

mando que desea seleccionar, provocando la generación de un potencial P300 cuando la fila o la columna que contienen dicho comando se iluminen. El comando que desea seleccionar el usuario, por tanto, se determina reconociendo dónde y cuándo se han producido tales potenciales (Farwell y Donchin, 1988; Wolpaw et al., 2002).

Debido a la alta variabilidad inter-sesión y a la baja relación señal a ruido, es necesario realizar un promediado de varias secuencias (i.e., repeticiones de las iluminaciones) para detectar un potencial P300 con fiabilidad. Esta necesidad provoca que el sistema tenga que trabajar a tiempo real con una gran cantidad de datos, lo cual puede producir un sobre-entrenamiento del clasificador (Cecotti et al., 2011; Perseh y Sharafat, 2012). Una reducción de los datos a procesar, ya sea mediante una selección de características o una selección de canales, por tanto, ayuda a evitar el sobre-entrenamiento y reducir la carga computacional del sistema. De hecho, el uso de un número óptimo de canales, pero a la vez reducido, no sólo es beneficioso en la etapa de clasificación debido a la eliminación de características irrelevantes (Yu et al., 2015), sino que supone una mayor comodidad para el usuario, puesto que el tiempo de preparación del sistema se reduce, así como la consumición de energía en los gorros inalámbricos (Cecotti et al., 2011; Rivet et al., 2010).

Sin embargo, la selección de los canales más relevantes no es un problema trivial: para una configuración de N canales, existen 2^N subconjuntos de selección posibles. La búsqueda exhaustiva, por tanto, es muy compleja e intratable en la mayor parte de los casos (Cecotti et al., 2011). A pesar de que el problema de selección de canales se ha estudiado ampliamente para sistemas BCI basados en la imaginación motora, los estudios realizados sobre sistemas BCI basados en potenciales P300 (P300-BCI) son escasos (Colwell et al., 2014). En la mayor parte de estos estudios se han empleado técnicas de eliminación recursiva de canales con distintos criterios de selección: (i) los basados en la precisión de clasificadores, como un conjunto de máquinas vectoriales de soporte (Rakotomamonjy y Guigue, 2008) o un análisis discriminante lineal bayesiano (BLDA, *Bayesian Linear Discriminant Analysis*) después de aplicar un filtrado xDAWN para ensalzar los potenciales P300 (Rivet et al., 2012); y (ii) los basados en el ratio entre la señal buscada y la señal ruidosa (SSNR) (Cecotti et al., 2011). Otros han empleado modificaciones del algoritmo, tales como la eliminación por clústers basada en el índice de bloqueo de fase (Xu et al., 2013), o la selección salto-a-salto (Colwell et al., 2014). Recientemente, Yu et al. (2015) ha empleado una técnica basada en la determinación de relevancia automática agrupada. Los métodos deterministas funcionan adecuadamente cuando la función a optimizar es continua y unimodal. No obstante, en la práctica, la función de coste suele ser discontinua y presentar irregularidades, aumentando la probabilidad de que este tipo de métodos queden atrapados por un mínimo local (Yang, 2014).

En este aspecto, las metaheurísticas, entre las cuales se encuentra la inteligencia de enjambre (SI, *Swarm Intelligence*), han demostrado un buen rendimiento a la hora de resolver complejos problemas de optimización (Yang et al., 2013). La SI integra el comportamiento colectivo de sistemas descentralizados y auto-organizados, cuya población está formada por agentes

que interactúan entre ellos y con el entorno (Yang et al., 2013). El flujo de información que se transmite entre dichos agentes permite realizar una búsqueda local y global simultáneamente, lo cual aumenta la robustez del sistema al no depender de agentes individuales y, por tanto, evita la convergencia hacia un mínimo local (Brownlee, 2011; Yang et al., 2013). Diversas variantes de la optimización por enjambre de partículas (PSO, *Particle Swarm Optimization*) se han aplicado a los sistemas P300-BCI como métodos de selección de canales con anterioridad, reportando resultados adecuados (Jin et al., 2010; Perseh y Sharafat, 2012; Gonzalez et al., 2013). No obstante, la SI es un campo de investigación muy extenso que cada vez integra una mayor cantidad de métodos y, hasta donde tenemos conocimiento, no se ha evaluado el rendimiento de algoritmos alternativos a PSO.

El objetivo de este estudio es realizar una comparativa entre diversos métodos de SI orientados a la selección de canales en sistemas P300-BCI, con el fin de determinar cuál es el más adecuado para este tipo de problemas, así como evaluar la viabilidad de su aplicación. Concretamente, se han aplicado los siguientes métodos SI: (1) PSO, (2) algoritmo de abejas (BA, *Bees Algorithm*), (3) colonia artificial de abejas (ABC, *Artificial Bee Colony*), (4) sistema binario de hormigas (BAS, *Binary Ant System*), y (5) algoritmo de luciérnagas (FA, *Firefly Algorithm*).

2. Señales

Los métodos aplicados en este estudio se han testado con la base de datos de la “III BCI Competition 2005”, relativa al deletreo de palabras con el “P300 Speller”, proporcionada por el “BCI Laboratory” del “Wadsworth center” (New York Department of Health) (Blankertz et al., 2006). La base de datos la forman los registros EEG de dos sujetos durante cinco sesiones distintas. En cada sesión se pidió a los sujetos escribir nueve palabras con una matriz de 6×6 (i.e., 36 caracteres). Los usuarios debían fijarse en los caracteres a seleccionar mientras las filas y las columnas de la matriz se iluminaban aleatoriamente con una frecuencia de 5,7 Hz. Las señales EEG se registraron con el *software* BCI2000 (Schalk et al., 2004), usando un gorro de 64 electrodos referenciados al lóbulo de la oreja, con una frecuencia de muestreo de 256 Hz. Como pre-procesado de la señal, se aplicó un filtro paso-banda entre 0,1–60 Hz y un filtro de ranura a 50 Hz para eliminar la interferencia de la red eléctrica. Asimismo, los conjuntos de 12 iluminaciones se repitieron durante 15 secuencias para cada carácter. Los subconjuntos de entrenamiento y test están formados por 85 y 100 caracteres, respectivamente. Se puede consultar información adicional en Blankertz et al. (2006).

3. Métodos

Por norma general, los métodos de SI se diseñan para problemas de optimización continuos. En este caso, dado que la decisión a tomar para cada canal del subconjunto es dicotómica: se rechaza o se selecciona; es necesario adaptarlos a un problema binario. Por lo tanto, denotamos una posible solución al

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8050490>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8050490>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)