

Resumen

Las interfaces BCI (Brain Computer Interfaces, interfaces cerebro computadora) o BMI (Brain Machine Interfaces, interfaces cerebro máquina) han surgido como un nuevo canal de comunicación entre el cerebro y las computadoras, máquinas o robots, distinto de los canales biológicos estándar. Se han obtenido resultados prometedores en el empleo de la variante invasiva de BCI pero, además de los problemas de biocompatibilidad, los procedimientos quirúrgicos requeridos son complejos y riesgosos. Estas razones, han impulsado las mejoras de las tecnologías no invasivas.

La electroencefalografía (EEG) es el método más difundido para obtener información del sistema nervioso central de manera no invasiva. La electroencefalografía clínica se ha enfocado tradicionalmente en el estudio de las formas de ondas temporales, pero los métodos de procesamiento de señales que exploren esta metodología han sido ignorados en las investigaciones sobre BCI.

Esta tesis propone un método y un marco para analizar las formas de las señales de EEG utilizando los histogramas de gradientes orientados, una técnica de visión por computadora que es utilizada para identificar y clasificar características locales en regiones de una imagen. Este procedimiento está inspirado en lo que tradicionalmente los técnicos electroencefalógrafos han realizado por casi un siglo: inspeccionar visualmente los registros electroencefalográficos.

El método propuesto puede resumirse en 5 pasos, (1) preprocesamiento de la señal cruda, (2) segmentación de la señal, (3) obtención de una gráfica blanco y negro de la señal canal por canal, (4) asignación de una localización dentro de la imagen para posicionar un parche de un determinado tamaño y escala dependiendo del fenómeno cognitivo en estudio, y (5) cálculo del histograma de los gradientes orientados de la intensidades de los píxeles usando diferencias finitas. Este mecanismo genera un vector de 128 dimensiones, que se utiliza para comparar los segmentos de señales entre sí, y que permite entonces analizar el fenómeno cognitivo subyacente.

La validez del método se verifica estudiando tres patrones cognitivos. Primero se analizan las ondas alfa de la corteza visual occipital sobre dos conjuntos de registros: uno obtenido

a partir de la aplicación de un protocolo experimental y mediante la utilización de un dispositivo electroencefalográfico digital de uso comercial, y otro obtenido de una base de datos pública de registros electroencefalográficos. Segundo, se analiza otro tipo de onda oscilatoria conocida como ritmo μ correspondiente a la corteza motora que puede ser también activada si el sujeto imagina una actividad motora. Se reporta la efectividad del método para discriminar entre la actividad de la corteza motora derecha e izquierda en base al estudio de otro conjunto de registros público de pacientes sanos. Los resultados son reportados y publicados.

Finalmente, el método propuesto se utiliza para estudiar eventos transitorios, particularmente, el potencial evocado P300. La eficiencia del sistema es verificada mediante el procesamiento de un conjunto de registros público de pacientes con esclerosis lateral amiotrófica, y corroborada contra un conjunto de registros de sujetos sanos obtenidos de manera experimental, replicando el mismo protocolo. Para ambos conjuntos de registros, se realiza una descripción detallada de cómo extraer este potencial de la señal de EEG, y se implementa un procesador de texto basado en P300 para comparar el desempeño del método propuesto respecto de otros citados en la bibliografía.

Los beneficios de esta propuesta se resumen en, (1) tiene una aplicación potencialmente universal, debido que el mismo tipo de metodología puede ser aplicada para detectar cualquier tipo de patrón obtenido en la señal de EEG con potenciales aplicaciones a BCI, y (2) ofrece la posibilidad de incentivar la colaboración y utilización de estas técnicas en la clínica médica especializada en electroencefalografía ya que esta perspectiva basada en el estudio de las formas de onda de las señales, es un procedimiento conocido y ya establecido por esa comunidad.