

Sistema de neuromodulación multimodal para la identificación y caracterización de patrones corticales y periféricos en procesos de rehabilitación de trastornos motores

Martín Teruel, Alexis Fretes, Luis Prieto y Fernando Brunetti

Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”

Asunción, Paraguay

martin.teruel@uc.edu.py

Key words: Neuromodulación, EEG, Neurorehabilitación, Plasticidad

Resumen

Este trabajo presenta la integración de un sistema de neuromodulación de estrategia multimodal (información de actividad cortical y muscular) para la identificación robusta y confiable de las características asociadas con la planificación y ejecución de acciones motoras básicas de miembros superiores e inferiores en entornos clínicos de rehabilitación por medio del análisis offline de señales electromiográficas (EMG) y electroencefalográficas (EEG).

El objetivo del sistema es la caracterización de los potenciales corticales y activación muscular, utilizando parámetros espaciales y temporales durante el inicio y la ejecución de las tareas analíticas. Se busca también verificar la validez de los algoritmos de procesamiento de señal propuestos, ya que esto permitiría establecer cimientos para el desarrollo de terapias, en un contexto de rehabilitación que promuevan la plasticidad neuronal y el desarrollo de interfaces Humano-Máquina para emular la ejecución natural del movimiento de manera asistida.

1. Introducción

Diferentes estudios han demostrado que el cerebro humano es, dadas las condiciones propicias, capaz de experimentar cambios en las conexiones neurales para reaprender dinámicas básicas o corregir secuelas de alguna condición neurológica. Esta facultad es clave para la rehabilitación de muchas de las discapacidades mencionadas anteriormente. El término acuñado para darle nombre a estos cambios es la Neuroplasticidad o plasticidad cerebral (Ramón y Cajal, 1913).

Por otra parte, la Neuromodulación se define como la práctica de emplear estimulación eléctrica por medio de estimuladores implantados con el fin de tratar los efectos adversos de varias condiciones neurológicas (Gildenberg, 2005). En términos más estrictos, este concepto se refiere a la capacidad de las neuronas de alterar las propiedades eléctricas en respuesta a los cambios bioquímicos, resultado de la estimulación hormonal o sináptica (Bittar & Teddy, 2009).

La neuromodulación abarca un gran rango de intervenciones tanto invasivas como no invasivas que apuntan hacia una alteración de la actividad neuronal o excitabilidad. (Greenfield & Collins, 2005).

2. Señales adquiridas por el sistema de neuromodulación

Las señales biomédicas representan un cúmulo de información adquirida al estudiar el cuerpo humano y que se traducen como una variable o comportamiento de interés. Esta señal generalmente se captura, se representa en el tiempo y se describe en función de su amplitud, frecuencia o fase.

El sistema adquiere señales de electroencefalografía (EEG) y de electromiografía (EMG). Para el registro de señales de EEG se parte de la colocación de una serie de electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo en coordenadas precisas, determinadas según el sistema internacional 10-20. Muchas veces, cuando se estudia señales bio-potenciales como las obtenidas por medio de EEG es imprescindible contar con un timing preciso entre los eventos externos o estímulos y el flujo de datos que estamos capturando o analizando.

Las señales EMG nos dan información acerca del músculo y su comportamiento. Esta técnica al ser no invasiva no representa ningún tipo de riesgo para el paciente. (Konrad, 2005).

La electromiografía mide la actividad eléctrica del músculo en reposo, en una contracción leve y en una contracción enérgica. El tejido muscular normalmente no produce señales eléctricas durante el reposo. El número de electrodos puede variar entre 2 hasta cientos. Cuando se usa una grilla o matriz de electrodos, obtenemos una imagen que varía conforme lo hace el tiempo (Merletti & Di Torino, 1999).

3. Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema de adquisición se muestra en la figura 1. Esta permite capturar señales EEG y EMG. Como amplificador se utiliza g.USBamp RESEARCH de la marca g.tec, el cual permite el registro de 16 canales de forma simultánea, pudiéndose configurar de esta manera, canales destinados para señales de EEG o de EMG (diferenciales). El sistema, mostrado en la figura 1, incluye hasta 16 canales de EEG activos. Las señales del amplificador se obtienen mediante simulink, y se almacenan en una Base de Datos. Al mismo tiempo la plataforma permite implementar algoritmos de procesamiento en tiempo real utilizando herramientas de python, matlab o la librería BCI2000. Una vez pre-procesadas las señales, se pueden aplicar algoritmos de análisis de datos para poder estudiar el movimiento, relacionando tanto las señales de activación muscular como la de los patrones corticales adquiridos. El sistema, mediante permite también el desarrollo e inclusión de protocolos de medida y paradigmas de excitación específicos para el BCI.



Figura 1. Proceso de captura de pruebas EEG con el sistema de neuromodulación propuesto.

4. Procesamiento de datos y objetivos

Para la caracterización y estudio de la relación entre la actividad muscular (actividad motora) los patrones corticales relaciones se analizan los siguientes potenciales corticales.

- **Bereitschaftspotential (BP).** Es una caída del potencial que ocurre unos milisegundos antes de la activación del movimiento. (Shibasaki & Hallett, 2006). Se analiza en el dominio del tiempo. Se encuentra dentro de la banda entre 0,05 y 10 Hz (referencial). Para su procesamiento se utilizan filtros temporales y filtros espaciales, para identificarlo como el pico del potencial medido. Un descriptor motor utilizado es la diferencia temporal entre la ocurrencia del BP y la activación muscular.
- **Event-Related Desynchronization (ERD).** Es una atenuación del potencial de corta duración dentro de la banda alfa/beta. Existen dos tipos principalmente: uno de corta duración, asociado con las áreas occipitales que afecta a las componentes superiores de la banda alfa, y otro de mayor duración de localización más amplia, de mayor prominencia en las zonas parietales y que afecta principalmente las componentes más bajas de la banda alfa. Se estudia al ERD en el dominio de frecuencias, específicamente en la banda entre 5 y 35 Hz. Al igual que el caso anterior se aplican filtros temporales y espaciales para luego hallar la densidad de potencia espectral en las bandas alfa y beta con una resolución de frecuencia de 0,5 Hz, resolución temporal de 100 ms y ventanas de análisis de 1 segundo. Este análisis ayuda a encontrar la ventana temporal (marca temporal) de cuándo ocurre el ERD. Nuevamente se utiliza como la diferencia de tiempo entre la activación muscular y la ocurrencia del ERD.
- **Actividad Muscular (EMG).** Se analizan las señales de EMG para determinar el inicio del movimiento. Se utilizan técnicas clásicas de detección aplicando umbrales a las señales filtradas y rectificadas.

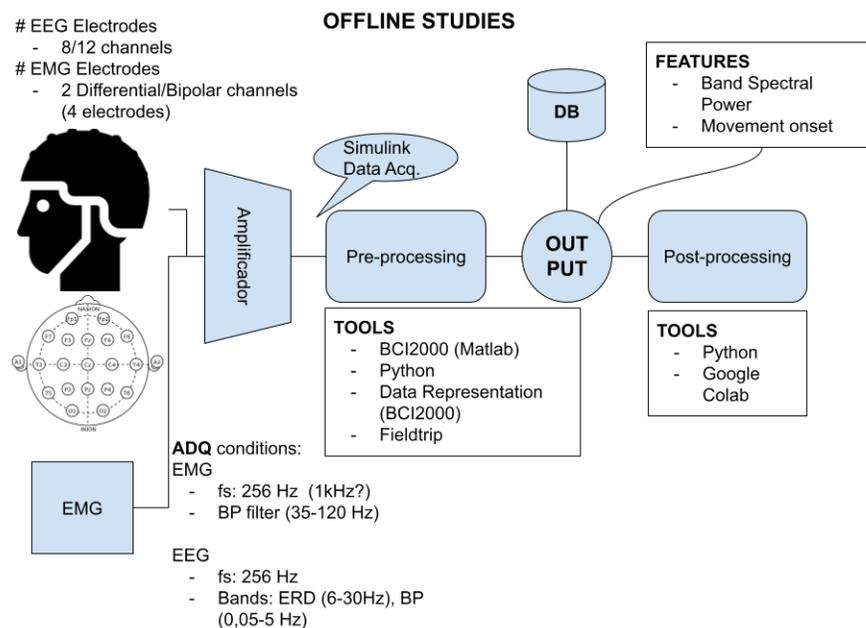


Figura 1. Arquitectura de procesamiento del sistema de neuromodulación implementado

3. Conclusiones

Aunque la aplicación de las neurotecnologías en diferentes ámbitos de la sanidad tiene un gran potencial, su utilización en la práctica clínica aún es muy limitada y las diferentes tecnologías que abarca el término se encuentran en fase de validación clínica u homologación.

Existe una emergente necesidad en disponer de sistemas y plataformas que impulsen estudios en diferentes ámbitos de investigación, que permitan establecer y configurar una serie de experimentos para explorar en aspectos relativos al movimiento humano, de control neuromotor y crear antecedentes sobre los cuales pueda proyectarse una aplicación práctica en términos de la neurorrehabilitación.

Referencias

- Bittar, R. G., & Teddy, P. J. (2009). *Peripheral neuromodulation for pain. Journal of Clinical Neuroscience*.
- Fernandez, S. (2014). *Estado del Arte de las Interfaces Cerebrales*. VIII Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.
- Gildenberg, P. (2005). *Evolution of neuromodulation. Stereotactic and functional neurosurgery*.
- Greenfield, S., & Collins, T. (2005). *A neuroscientific approach to consciousness*.
- Konrad, P. (2005). *The abc of emg. A practical introduction to kinesiological electromyography*.
- Mantilla, J. I., & Santa, J. M. (2016). *Tecnología de Asistencia: Exoesqueletos Robóticos en Rehabilitación*. Movimiento Científico.
- Merletti, R., & Di Torino, P. J. (1999). *Standards for reporting EMG data*.
- Ramón y Cajal, S. (1913). *Estudios Sobre la Degeneración y Regeneración del sistema nervioso* (Vol. 1). Imprenta de Hijos de Nicolás Moya.
- Reaz, H., & Mohd-Yasin, F. (2006). *Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications*. Biological procedures online.
- Shibasaki, H., & Hallett, M. (2006). *What is the Bereitschaftspotential?* Clinical neurophysiology.