

ANÁLISIS DE LA SEÑAL EEG PARA IDENTIFICAR LA ACTIVIDAD MOTRIZ EN MIEMBROS INFERIORES

J. Martínez-Alvarado^a, M. Platas-Garza^a, A. Espinoza-Valdez^b, R. Salido-Ruiz^b, G. Quiroz^a

^aUniversidad Autónoma de Nuevo León, FIME, ^bUniversidad de Guadalajara

^aAv. Universidad S/N, Ciudad Universitaria, C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Tel: +52 81 83294020 ext. 5773

^bCalzada Olímpica No. 740, Ciudad Universitaria, C.P. 44840, Guadalajara, Jal, México. Tel. +52 33 3619 6913

jazminmartinez2@hotmail.com, miguel.platas@gmail.com, aurora.espinoza@academicos.udg.mx,

drsalidoruiz@gmail.com, griselda.quirozcm@uanl.edu.mx

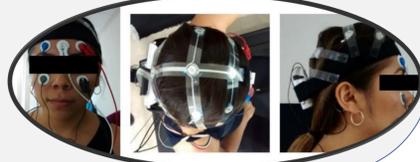
Resumen

Un porcentaje elevado de individuos a nivel mundial presentan algún tipo de discapacidad motriz que afecta su calidad de vida. Por esta razón el objetivo principal de este trabajo es implementar un método de clasificación multivariable que relacione variables motrices (caminata a dos velocidades diferentes) con las características espaciales de la señal electroencefalográfica (EEG) adquiridas por medio del estudio de coherencia y conectividad y las características frecuenciales de la señal EEG adquiridas mediante la transformada de Fourier y la transformada wavelet.

Introducción

Según la encuesta mundial de salud, el 15.6% de personas mayores de 15 años viven con una discapacidad, y de éstas el 2.2% tiene dificultades relacionadas con afecciones tales como la tetraplejía, depresión grave o ceguera [1]. La intención de comprender la actividad neural de los humanos no es algo reciente. Uno de los pioneros en la adquisición de señales EEG fue el científico alemán Hans Berger, quien en 1929, especulaba acerca de la posibilidad de leer pensamientos a partir de trazos de EEG utilizando sofisticados análisis matemáticos [2]. En este trabajo se pretende identificar la actividad motriz de miembros inferiores del cuerpo humano mediante el análisis de la señal electroencefalográfica (EEG).

Fig. 1. Sujeto de estudio utilizando el sistema de adquisición de señales B-Alert X-10 © de Advanced Brain Monitoring.



Clasificación

Red neuronal artificial (RNA) perceptrón multicapa [8].

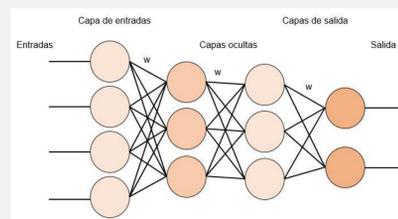


Fig. 6. Esquema básico de una RNA.

Configuración de la RNA según el método de extracción de características frecuenciales:

- Transformada de Fourier: (92-185-1)
- Transformada wavelet (los 4 tipos):
7 niveles (7-15-1)
10 niveles (10-21-1)
14 niveles (14-28-1)

Resultados

Electrodos	Sujeto de estudio	Actividad	Eficacia
CZ,FZ,F4,C3	Sujeto1	V1	86.27
		V2	79.31
		V3	91.22
		Total	85.54

Tabla 1. Resultado de eficacia del clasificador con la TF.

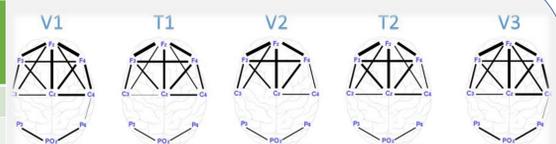


Fig. 7. Grafos de conectividad de la banda alfa en las distintas actividades motrices. V1(velocidad a 4 mph), V2(velocidad a 6mph).

Electrodos	Sujeto de estudio	Niveles	Eficacia Total
CZ,FZ,F4,C3	Sujeto 1	7	67.63
		10	99.69
		14	99.99

Tabla 2. Resultado de eficacia del clasificador con la TW Db1.

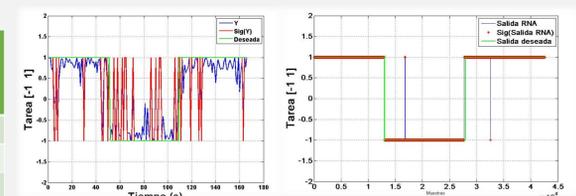


Fig. 8. Respuesta del clasificador: a) Respuesta del clasificador con TF. con TW, b) Respuesta del clasificador Db1 de 10 niveles.

Conclusiones

Se logró obtener información acerca de ciertos patrones de conectividad cerebral, se observó que son estables y caracterizables y nos permiten obtener resultados significativos en la clasificación de actividades motrices utilizando información de más áreas de la corteza cerebral. Los resultados de la clasificación de actividades obtenidos realizando la extracción de características frecuenciales mediante la transformada wavelet son mejores en comparación a los obtenidos al utilizar la transformada de Fourier.

Referencias

1. Chan M., et al., "Informe mundial sobre la discapacidad", Organización Mundial de la Salud, 2011, pp. 5-8.
2. Birbaumer N., "Breaking the silence: brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control", *psychophysiology* 43, 2006, pp. 517-532.
3. Nunez P., et al., "EEG coherency I: statistics, reference electrode, volume Conduction, Laplacians, cortical imaging, and interpretation at multiple scales", *electroencephalography and clinical neurophysiology*, pp. 499-515, 1997.
4. Diestel R., "Graph theory", Springer-Verlag, New York, electronic edition, 2005.
5. Chung F. R. K., "Spectral graph theory", American mathematical society, Rhode Island, USA, 2009.
6. Vetterli M., et al., "Tratamiento digital de señales", cuarta edición, Pearson Prentice-hall, Madrid, 2007.
7. Beyli E. D., "Combined neural network model employing wavelet coefficients for EEG signals classification" *Elsevier journal*, pp. 297-308, 2008.
8. Ponce P., "Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería", 1er. Edición, Alfaomega, México, 2010.

Los autores son miembros de la red de investigación "Biosistemas y Biomecatrónica" y agradecen a PRODEP-SEP por su apoyo financiero (103.5/15/14156). Jazmín Martínez agradece a CONACYT el otorgamiento de la beca número 404024.

Objetivos

Realizar el procesamiento espacial y frecuencial multivariable que permita relacionar la señal EEG a una actividad motriz de los miembros inferiores.

Extracción de características espaciales

Coherencia de una señal [3].

$$\gamma_{ij}(f) = \frac{|G_{ij}(f)|^2}{G_{ij}(f)G_{jj}(f)}$$

$$G = 2/f_s \sum_{f=1}^{f_s} \gamma_{ij}(f)$$

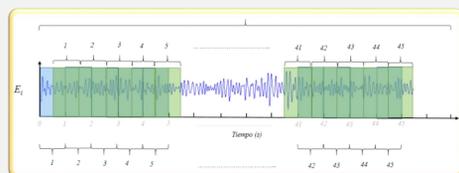
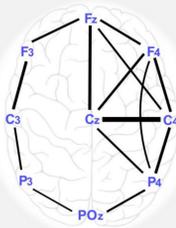


Fig. 2. Proceso de partición de la sección V1 para la obtención de las matrices de coherencia.

Teoría de grafos y matriz Laplaciana [4,5].

Fig. 3. Grafo representativo de una matriz de coherencia.



$$L(G) = D - A(G)$$

Observando la dinámica de conectividad de los electrodos, se concluyó que los electrodos C3, CZ, FZ Y F4 son los que mayor información brindan y son los seleccionados para realizar la clasificación multivariable.

Extracción de características frecuenciales

Transformada de Fourier [6].

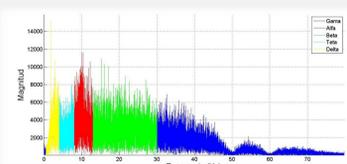


Fig. 4. Espectro de frecuencias.

Transformada wavelet (TW) [7].

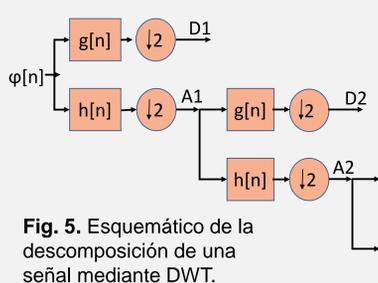


Fig. 5. Esquemático de la descomposición de una señal mediante DWT.

Db1 (7,10,14 niveles)
Db4 (7,10,14 niveles)
Db8 (7,10,14 niveles)
Db16 (7,10,14 niveles)