


Recibido: 21.09.2022 • Aceptado: 12.02.2024

Palabras clave: Biomedicina, control, electroencefalograma, electromiograma, electrooculograma.



Señales biomédicas: una nueva forma de interactuar con el mundo

JOSÉ MANUEL URBINA TELLO

j.m.urbina.tello@gmail.com

FACULTAD DE CIENCIAS, UASLP

VÍCTOR HERRERA

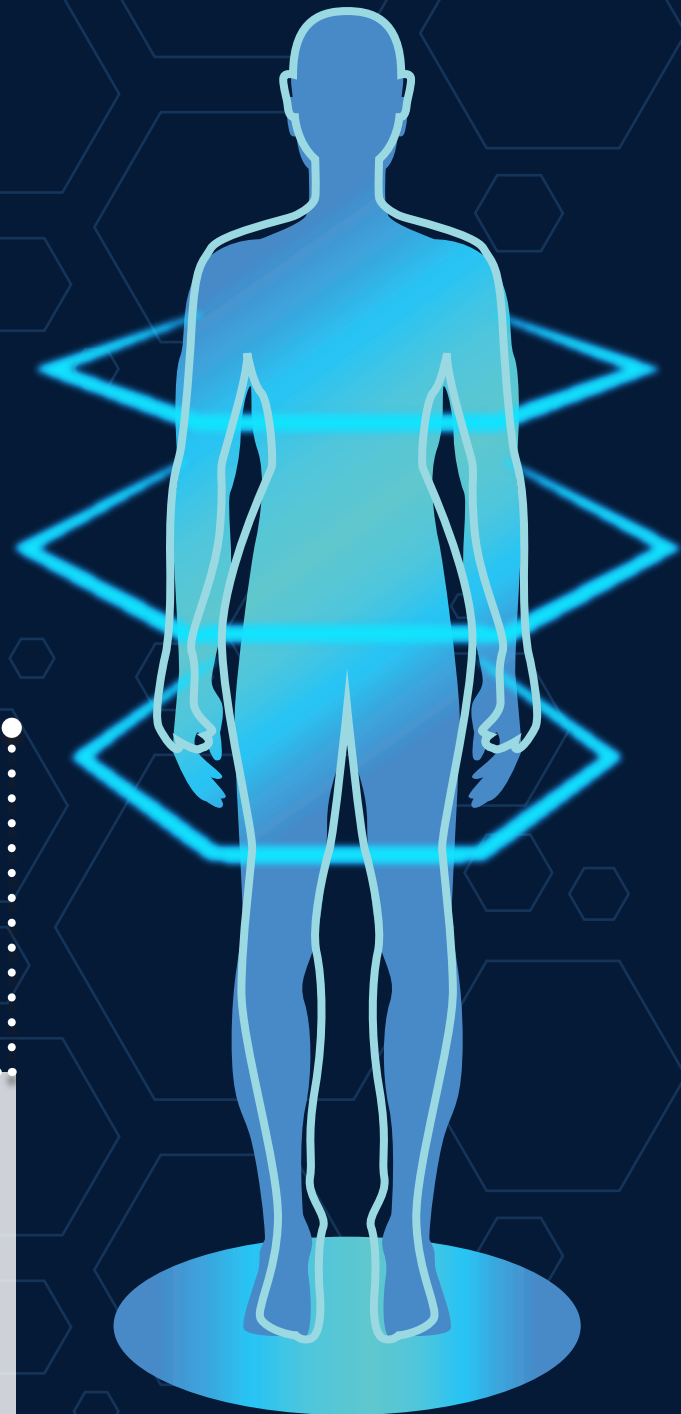
super_herrera@hotmail.com

CENTRO DE INVESTIGACIÓN APLICADA EN AMBIENTE Y SALUD, UASLP

ROGELIO FLORES RAMÍREZ

rogelio.flores@uaslp.mx

COORDINACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y APLICACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, UASLP



Introducción

En las obras de ciencia ficción de grandes autores como Asimov, Philip K. Dick o Karel Capek se plantea la creación de robots a nuestra imagen y semejanza, ya sean con cerebros positrónicos —termino acuñado por el escritor Isaac Asimov, el cual define a una unidad de central de procesamiento ficticia fabricada mediante mallas de platino e iridio de tamaño similar al cerebro humano, funciona gracias a un flujo de positrones que imitan las comunicaciones neuronales, ubicada en la cabeza de los robots, donde se almacena y ejecuta su programación— o replicantes biológicos. Sin embargo, es una realidad que ya existe una máquina biológica: el ser humano. Cuando pensamos en mover un dedo para teclear algo o en acercarnos a la taza de café para beber, nuestro cerebro piensa en la acción antes de realizarla, ya que, al igual que los robots, necesitan ser programados con instrucciones antes de una tarea, nuestro cerebro como la máquina biológica que somos, también planea la acción antes de que tomemos conciencia de ello. Tras esta idea, hemos pasado años tratando de crear máquinas que nos imiten, pero también hemos buscado la forma de poder controlar nuestra tecnología de formas más directas como enviar las señales de nuestro cerebro a las máquinas. Es aquí donde las ciencias biomédicas entran en juego; gracias al estudio y desarrollo de las señales biomédicas, como lo son la electromiografía (EMG), electrooculografía (EOG) y electroencefalografía (EEG).

Dichas señales son principalmente usadas para el diagnóstico no invasivo, permitiendo conocer mejor el estado de un paciente y ayudar a realizar un diagnóstico más exacto de su enfermedad, aunque no es su único uso, pues estas, al ser señales eléctricas, pueden ser empleadas para comunicarnos y controlar distintos equipos electrónicos o de forma inversa para enviar señales a nuestro cerebro y de esta forma recibir estímulos de nuestro entorno. Sea cual sea el caso, todo esto se logra mediante interfaces tecnológicas cerebro-computadora (BCI) y humano-computadora (HCI). Un ejemplo claro de estos avances médicos son las prótesis mioeléctricas de brazos, manos y pies o los implantes cocleares y de retina (Valenzuela José, 2018).

Vamos a ser más ambiciosos y plantearnos posibilidades como: ¿Es posible escribir y enviar mensaje solo con

mover los ojos?, ¿manejar una silla de ruedas o un vehículo con la mirada o el pensamiento?, ¿controlar manos robóticas con la mente?, ¿jugar videojuegos solo con el movimiento de nuestros brazos? Aunque suena a ciencia ficción, veremos que esta hipotética realidad que se veía muy lejana hoy es la ciencia del mañana y cada vez estamos más cerca de vivirla.

EEG: Un paso a la interfaz cerebro computadora

Un electroencefalograma consiste en el registro extracelular de la actividad eléctrica cerebral, esta puede ser en tres niveles: sobre el cuero cabelludo (siendo el menos invasivo), sobre la corteza cerebral y el último en el interior del tejido cortical. Al momento de pensar en realizar una acción, entran en juego los millones de neuronas haciendo sinapsis que desencadena actividades eléctricas en campos neuronales que pueden modelarse en

fuentes y pozos de corriente que se propagan a lo largo de la cabeza y los cuales pueden ser medidos mediante electrodos. Esta actividad eléctrica puede ser dividida en ondas y ritmos característicos, los mismos que pueden ser traducidos en acciones, como por ejemplo el parpadeo, la hiperventilación o la dilatación de las pupilas por el impacto directo de una fuente de luz. Su uso en la medicina se encuentra principalmente en el diagnóstico de la epilepsia, el estudio de los estados de ánimo y las fases del sueño (Viosca José, 2018; Webster John G., 2010).

El estudio de la actividad cerebral abre las puertas a la interfaz cerebro-computadora, que consisten en la interpretación de las señales eléctricas del cerebro como instrucciones para una computadora. En el estado actual del arte, podemos encontrar ya en el mercado sistemas de adquisición de estas señales cerebrales como el equipo EMOTIV EEG, el cual ha sido utilizado en distintas publicaciones.

Control para robots

Más que un sueño de los grandes autores de ciencia ficción, la idea de controlar robots mediante el pensamiento es cada día una realidad más posible. Por ejemplo, empleando el EMOTIV EGG, se ha conseguido hacer que un robot Lego Mindstorms avance, se detenga, gire a la derecha, a la izquierda y retroceda, aunque en este caso, el control no se ha hecho precisamente pensando en estas acciones, si no con la interpretación de gestos como el pestañeo, el sonreír o el masticar (Lay y Pizarro, 2015).

Imaginación motora

Por otro lado, empleando el mismo sistema de adquisición en conjunto con el software SIMULINK y la placa electrónica de desarrollo Arduino se ha logrado controlar una mano robótica de la marca Mecha Te Hand, todo esto mediante el entrenamiento e interpretación de la acción de levantar la mano izquierda o derecha en tiempo real (Kline Adrienne y Desai Jaydip, 2014)

Control para mouse

Una aplicación más directa con la computadora es empleando el giroscopio integrado en el sistema EMOTIV EEG Headset en conjunto con la intención de pestañar, permite sustituir la necesidad de un mouse físico y así

emplear directamente nuestra vista como un puntero muy eficiente.

EMG: Una extensión de nuestros músculos

Ya vimos que las señales cerebrales generan una actividad eléctrica. Partiendo de esto mismo, podemos explicar el funcionamiento de los músculos con base en que el músculo esquelético se divide en unidades motoras inervadas con motoneuronas; esto significa que cuando movemos un músculo se produce un potencial de acción eléctrico, el cual consta de la suma de voltajes de cada fibra muscular implicada en dicho movimiento. Cabe mencionar que es posible medir cada fibra por separado, pero los electrodos empleados para esto deberán ser de carácter más invasivo para detectar dichas señales. Dicho voltaje se puede interpretar de diferentes formas y con diferentes procesamientos matemáticos para así poder llevar a cabo una amplia gama de acciones en una gran variedad de dispositivos electrónicos e interfaces gráficas de computadora (Valenzuela José, 2018).

El estado del arte del EMG es muy amplio, gracias a que es una señal cuyo principal uso en el ámbito clínico es en el desarrollo de prótesis, la rehabilitación de extremidades y la evaluación de las funciones motoras. Es posible encontrar en el mercado una gran cantidad de marcas y modelos como lo son i-limb, Michelangelo, Bebionic o CyberHand, todas con diversos métodos de adquisición de datos, procesamiento y control eléctrico, pero todas funcionando con base en la EMG.

Dejando de lado sus aplicaciones clínicas y usos convencionales, los conocimientos adquiridos para el diseño de prótesis amplían los usos de la señal de EMG hacia las áreas de control e interacción de dispositivos y aplicaciones, como lo pueden ser Smartwatch, videojuegos y sistemas robóticos.

Manos libres de verdad

El concepto de manos libres está abiertamente relacionado con el uso de audífonos inalámbricos que permiten realizar algunas funciones en nuestros celulares sin necesidad de tocar el celular, pero productos como Mudra Band llevan este concepto al siguiente nivel. Este es un accesorio para el Apple Watch, que consiste en una correa equipada con electrodos para realizar la medición

e interpretación de diversos gestos de la mano hechos al aire, sin la necesidad de tocar algo. De esta forma se puede navegar por el Apple Watch sin necesidad de utilizar su pantalla touch. ¿Reproducir música?, ¿abrir una aplicación?, todo es posible con solo mover tus dedos y programar los gestos para cada acción.

Un nuevo mando para el mundo virtual

En el ámbito clínico, los entornos virtuales son utilizados ampliamente como parte de los procesos de rehabilitación, esto se debe a que dan una gran cantidad de retroalimentación sensorial al usuario, además de aumentar las posibilidades de que el paciente continúe participando en la terapia, gracias a que genera una respuesta positiva en la motivación de este mismo, debido a su nivel de inmersividad. Ejemplos claros los encontramos en trabajos

donde se ha empleado la realidad virtual con un estilo de videojuego, para así obtener una retroalimentación visual sobre el índice de mejora en el control de un exoesqueleto marca ROBHAND. En algunos sistemas como el Kinect de Xbox o el Nintendo Wii y Switch ya permiten jugar con los movimientos de nuestro cuerpo, sin embargo, uno emplea procesamiento de imágenes mientras que el otro usa un control equipado con acelerómetros y giroscopios, pero en el horizonte se asoma un nuevo contrincante, las señales de EMG, aunque no se ha empleado directamente en una plataforma de videojuegos de renombre, el que se emplee en terapias demuestra que los límites son la imaginación. En la figura 1 podemos observar como ejemplo, un control creado a partir de un circuito de adquisición de EMG, el cual permite realizar la acción de disparar en el popular videojuego Halo.



Figura 1.
EMG usando en Halo; Imagen tomada de Biomedical Teachings

Un género popular en los videojuegos son las carreras, ejemplo de esto son franquicias como Forza o Burnout, y es que en esta área también se han logrado implementar controles EMG. Aunque aún estamos lejos de realizar acciones complejas de manejo en videojuegos, ya se ha logrado emplear esta señal para manejar entornos virtuales sencillos compuestos de carreteras despejadas, unos pocos obstáculos para esquinar e incluso estacionar el vehículo en medio de otros dos, lo que muchas veces es una prueba de fuego a la hora de tramitar el permiso de manejo en la vida real (Carrero José Luis y Mendoza Luis Enrique, 2011).

EOG: A donde apuntan nuestros ojos

La principal forma de reconocer nuestro entorno es la mirada, con ella obtenemos información y tomamos decisiones con base en eso, pero ¿es posible usarla más allá? Volviendo a partir del hecho de que somos máquinas biológicas y funcionamos con impulsos eléctricos, nace la pregunta de cómo es posible medir el movimiento de los ojos. Si nos basamos únicamente en lo expuesto en las dos secciones anteriores y siguiendo la lógica, llegamos a inferir que lo que se mide es la actividad muscular del ojo, pero eso sería equivocado.

Los principales usos del EOG se encuentran en el área clínica en forma de pruebas de vértigo, o en la evaluación de los movimientos rápidos e involuntarios del ojo como son la respuesta sacádica y el diagnóstico de nistagmo. Esto se logra gracias a que el ojo se compone de distintas partes, entre las cuales encontramos a la córnea y la retina, la primera está cargada positivamente con respecto a la segunda, de manera que, si colocamos un electrodo en medio y movemos el ojo hacia la derecha, el electrodo se activará midiendo una señal positiva, por el contrario, si volteamos al otro lado, la señal se volverá negativa, cabe mencionar que el parpadeo al igual que en el EEG, aquí se presenta como un artefacto que afecta a la medición del EOG (Webster John G., 2010).

A donde veo: El destino del robot

Aproximadamente cada grado de visión en alguno de los ojos a cualquier dirección genera un cambio de voltaje de alrededor de $4\mu V$, esta relación llega a ser lineal hasta los 30° . Usar dos juegos de electrodos permite situar

El estudio de la actividad cerebral abre las puertas a la interfaz cerebro-computadora, que consisten en la interpretación de las señales eléctricas del cerebro como instrucciones para una computadora



JOSÉ MANUEL URBINA TELLO

Es egresado de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, trabaja en SEL como ingeniero de pruebas. Sus intereses son la innovación mediante la aplicación práctica de la ingeniería biomédica, principalmente en materia de optimización y seguridad eléctrica.

la mirada entre los ejes horizontales y verticales. De esta forma se abre la posibilidad a controlar sistemas robóticos que puedan hacer hasta cuatro acciones o más si se emplean combinaciones de los ejes. El ejemplo más simple de esto lo encontramos directamente en el manejo de un vehículo robótico, en este caso una silla de ruedas, la cual con dicha configuración puede realizar acciones como avanzar, retroceder, girar a la izquierda, a la derecha, sobre su propio eje o combinaciones de estas (Nguyen Kim-Tien y Nguyen Truong-Thanh, 2011).
Escritura sin manos

Empleando la misma lógica, nuestro campo de visión puede ser dividido en cuadrantes, donde si vemos hacia uno de ellos generará una señal que puede ser interpretada como una acción, esto tiene una aplicación directa con el desarrollo de aplicaciones para escribir sin la necesidad de teclear, las cuales aumentan el nivel de vida de las personas con capacidades diferentes, así como ser un método innovador al escribir con el simple movimiento de nuestros ojos.

Límites para romper en el futuro

En este trabajo se expusieron diversos avances en el área de las interfaces humano-computadora, así como en las interfaces cerebro-computadora. Estos son claros indicadores de que la ciencia avanza a pasos agigantados y con ella los límites de nuestra imaginación; sin embargo aún quedan muchos retos por resolver, pues esta tecnología aunque ya no es tan nueva, apenas está abriéndose paso más allá de sus usos clínicos, demostrando así ser un área de oportunidades para las nuevas generaciones de académicos que se vean interesados por el tema, pues de esta forma cada paso dado, aunque sea pequeño, acorta el camino para nuevas y mejores tecnologías, y aunque el camino sea largo y lento, hay que recordar que Roma no se construyó en un día. **UP**

Referencias bibliográficas:

- Carrero Carrero José Luis, y Mendoza Luis Enrique. (2011). Control de un vehículo virtual haciendo uso de señales electromiográficas (EMG) en contracciones isométricas. *Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada*, 2(18), 121–124.
- Kline Adrienne y Desai Jaydip. (2014). Simulink® Based Robotic Hand Control Using Emotiv™ EEG Headset. 40th Annual Northeast Bioengineering Conference (NEBEC), 276–278.
- Lay, S. M., y Pizarro, D. A. (2015). Control de movimiento robótico con detección cognitiva y facial mediante Emotiv EEG Robotic motion control with cognitive and facial detection via Emotiv EEG. *Revista Chilena de Ingeniería*, 23(4), 496–504.
- Mihelj, M., y Podobnik, J. (2012). Introduction to Virtual Reality. In *Haptics for Virtual Reality and Teleoperation* (Vol. 64, pp. 1–33). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5718-9>
- Valenzuela José. (2018). *La biónica: Traspasar los límites de la evolución natural* (1st ed.). RBA Coleccionables.

