

DISEÑO DE UNA INTERFAZ NEURONAL PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA

DESIGN OF A NEURONAL INTERFACE FOR PEOPLE WITH MOTOR DISABILITY

MERQUIL STIVEN RODRIGUEZ ALVAREZ
EDWIN EDUARDO MILLAN ROJAS

Resumen

La población colombiana se ve afectada por una serie de discapacidades motoras adquiridas por accidentes o enfermedades neurovasculares los cuales generan costos elevados en el tratamiento para recuperar la movilidad. Se presenta un diseño de una interfaz neuronal a bajo costo para personas con discapacidades motoras severas. Para lograr este diseño se utilizaron herramientas software como “Blender”, incorporando el amplificador de señales utilizado en la “Neuroky MindWave Mobile” para la etapa de adquisición de las señales del electroencefalograma (EEG). Se obtuvo como resultado una interfaz neuronal inalámbrica, flexible, portable y de bajo costo la cual no requiere altos recursos para su funcionamiento.

Palabras clave: Arduino, EGG, ICC, interface, wifi.

Abstract

The Colombian population is affected by a series of motor disabilities acquired by accidents or neurovascular diseases which generate high costs in the treatment to recover the mobility. A virtual design of a low-cost neuronal interface is presented for people with severe motor disabilities. To achieve this design software tools were used as "Blender", the signal amplifier used in the "Neuroky MindWave Mobile" was incorporated for the stage of acquisition of EEG signals. As a result, a wireless, flexible, portable, low-cost neural interface was obtained which does not require high resources for its operation.

Key words: Arduino, EGG, ICC, interface, wifi.

Introducción

Este estudio presenta el diseño de una interfaz neuronal de bajo costo orientada a personas con discapacidades motoras severas. Este trabajo tiene como objetivo presentar el diseño de una interfaz virtual neuronal basada en componentes de bajo costo fortaleciendo la flexibilidad, comodidad y portabilidad del sistema, adaptándose a las necesidades presentes en los pacientes con discapacidad motora severa.

Se pretende en esta primera fase desarrollar un prototipo virtual el cual podrá ser implementado posteriormente en aplicaciones de control domótico como en [1], y en [2], control de sillas de ruedas [3], rehabilitación de síndrome de miembro fantasma [4] entre otros.

Se optó por la utilización de electrodos activos no invasivos los cuales aportan mayores beneficios en la adquisición de señales EEG. Se ubicaron dos electrodos, uno activo situado en la región frontal de la cabeza FP1 y otro de referencia A2 a una distancia de 10% del punto temporal T3, la ubicación de estos se realizó teniendo en cuenta el sistema internacional 10-20, [5], es fundamental para la adquisición de las ondas cerebrales adecuadas para su posterior transmisión y procesamiento.

En vista de su bajo costo, potencia y flexibilidad se incorporó una placa Arduino nano, al igual que se hizo énfasis en la implementación del sensor TGAM que utiliza la *NeuroSky MindWave* marca comercial implementada en aplicaciones basadas en ICC para el aprendizaje infantil por Rodríguez-Miranda y asociados [6].

De esta manera se aprovecha la potencia y beneficios aportados en el filtrado de la actividad cerebral. Las ICC que usan medios cableados para comunicar los datos presentan serias limitaciones, por lo tanto, se planteó utilizar el protocolo HTTP el cual es soportado por TCP/IP mediante el módulo inalámbrico ESP8266 el cual presenta menores dificultades en su implementación y brinda una amplia variedad de oportunidades a la hora de incorporar características como

flexibilidad o comodidad a la interfaz. Se configuró el ESP8266 como servidor web por medio del cual se conectará una computadora para recibir y procesar los datos obtenidos en tiempo real.

Actualmente la población colombiana sufre una amplia variedad de discapacidades y a consecuencia de ello problemas psicológicos, sociales y emocionales, aislamiento y discriminación, aplicada por parte de la sociedad al no ser personas competentes productivamente. Esta población se encuentra en una grave situación de vulnerabilidad en vista del limitado acceso a una educación de calidad, servicios de salud y oportunidades laborales como menciona Muños-Cardona y colaboradores en su investigación [7]. Además, la población colombiana con discapacidades motoras sufre serias limitaciones con respecto a su autonomía personal, movilidad y comunicación. Actualmente se aborda este problema con tratamientos muy costosos los cuales no son accesibles por personas de bajos recursos.

Investigaciones previas han demostrado como una ICC puede ser implementada como herramienta de apoyo para el tratamiento de rehabilitación orientado a pacientes con discapacidades motoras como podemos evidenciar en la investigación realizada por [8], algunas consecuencias son la pérdida del control parcial o total de los músculos del cuerpo, déficit visual y en algunos casos auditivos.

Las interfaces cerebro computador tienen un papel primordial en la interacción y comunicación de estos pacientes con su entorno, dotando al cerebro de un nuevo canal de comunicación no muscular, cuya función es traducir características de determinados impulsos de la corteza cerebral, transformándose en una nueva alternativa capas de asociar la intención del paciente en instrucciones de control para electrodomésticos o componentes electrónicos, mejorando su calidad de vida.

Materiales y métodos

En la primera fase del trabajo se conectó el sensor bio-eléctrico TGAM con los dos electrodos activos para posteriormente establecer una comunicación serial, en la cual se transmitirán los datos a una placa Arduino. La placa Arduino es la encargada de enviar los datos al módulo wifi ESP8266 cuya función será convertirse en un servidor web y de esta manera los datos podrán ser visualizados desde un ordenador para su correspondiente procesamiento como se ilustra en la Figura 1.



Figura 1. Diagrama de bloques de la interfaz.

Fuente: autores.

Arduino Nano

Se implementó el kit de desarrollo electrónico Arduino de software libre, el cual posee un tamaño muy reducido, convirtiéndolo en un componente versátil y fácil de implementar en proyectos electrónicos. Cuenta con los beneficios de ser multiplataforma y de una programación sencilla e intuitiva. Está basado en C++, trae incorporado un microprocesador ATMEGA328PU y además dispone de salidas análogas y digitales, 7 pines análogos y 13 pines digitales. La fuente de alimentación utilizada fueron 4 baterías AA

recargables para alimentar la placa Arduino y los demás componentes conectados a él. Arduino implementa comunicación serial la cual se utilizó para transmitir los datos del Sensor TGAM por los pines RX y TX, el kit de desarrollo Arduino utilizado se ilustra en la Figura 2.



Figura 2. Fotografía arduino nano.

Fuente: autores.

ESP8266

Es un chip de origen chino de bajo costo con wifi integrado, desarrollado por la empresa AI-Thinker, lo que lo hace una excelente alternativa para incorporar en proyectos electrónicos. Permite a otros microcontroladores conectarse a una red wifi generada por el y realizar conexiones simples con el protocolo TCP/IP mediante comandos, con un rango de frecuencia de 2.4Ghz a 2.5Ghz, incluye soporte para autenticación WEB y WPA/WPA2 [9]. Trae consigo dos pines genéricos, GPIO0 y GPIO2 (General Purpose Input and Output), los cuales serán implementados para configurar el chip. Debido a la gran potencia que tiene es posible transformarlo en un servidor web el cual cumple un papel fundamental para la transferencia de datos en tiempo real para posteriormente ser accedidos mediante un ordenador, en la Figura 3 se puede observar el módulo ESP8266 que se utilizó para la transmisión de los datos.



Figura 3. Fotografía módulo ESP8266.
Fuente: autores.

Se realizó la configuración del módulo *wifi* teniendo en cuenta que este se encargaría de incorporar flexibilidad a la hora de transferir la información por medio del protocolo TCP/IP, el diagrama de flujo de la configuración del ESP8266 como servidor se ilustra en la Figura 4.

Sensor TGAM

El bio-sensor TGAM es un chip de gran potencia y eficiencia, de bajo costo, desarrollado por la empresa *Neurosky*, brinda un equipo mono canal capaz de amplificar señales cerebrales. Este chip es implementado en las *Mindwave* de *Neurosky* para su utilización en video juegos y las diversas aplicaciones que *Neurosky* ofrece al público en general. Su alimentación es de 2.97V a 3.63V e implementa comunicación serial. La transmisión de datos se llevó a cabo por el pin 3 (RX) y el pin 4 (TX) del *header* P3 (UART/Serial). En la Figura 5 se puede observar el sensor bioelectrico TGAM.

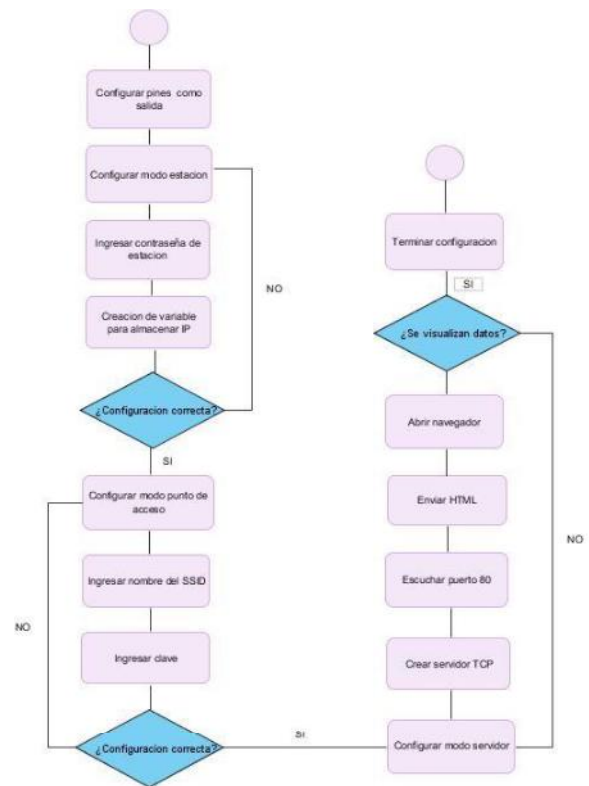


Figura 4. Configuración del ESP8266 como servidor.
Fuente: autores.



Figura 5. Fotografía sensor TGAM de *Neurosky MindWave*.

Fuente: autores.

Electrodos no invasivos

Existen varios tipos de electrodos, pero para esta investigación se eligieron electrodos activos del tipo de contacto, no invasivo. Favoreciendo la extracción de características de las señales corticales por medio de preamplificadores integrados en ellos, cuya función es amplificar la

señal EEG obtenida de la zona asignada para realizar el registro. Las señales registradas por electrodos activos son más concisas y presentan un rendimiento más eficiente frente a los artefactos en las señales EEG y las interferencias externas, se tuvieron como base investigaciones previas de electrodos de alta sensibilidad [5], mediante los cuales se ha logrado minimizar el factor ruido en la extracción de las características. Los electrodos húmedos presentan más conductividad entre el cuero cabelludo y el electrodo, pero requieren más tiempo para su colocación, por esta razón se optó por electrodos secos. Se usó el sistema internacional 10-20 para la ubicación de los electrodos considerando que es el más utilizado en la actualidad, la figura 6 ilustra la ubicación de los electrodos. Los electrodos fueron conectados a los pines dedicados para este trabajo como se puede evidenciar en la información oficial del chip ilustrado en la Tabla 1.

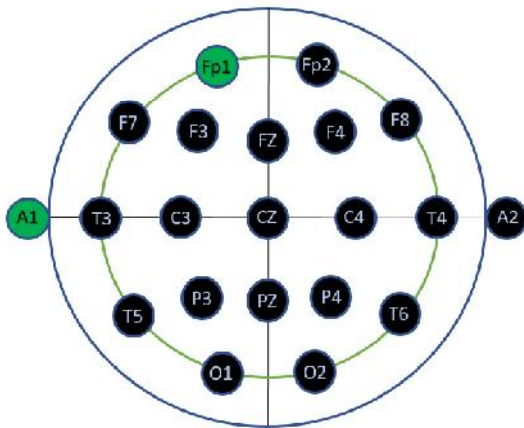


Figura 6. Ubicación de los electrodos según el sistema internacional 10-20.

Fuente: autores.

Tabla 1. Header P1 (Electrode).

Header P1	Electrodo
Pin 1	EEG Electrode.
Pin 2	EEG Shield
Pin 3	Ground Electrode
Pin 4	Reference Shield

Pin 5	Reference Electrode (REF)
-------	---------------------------

Resultados

El ordenador portátil utilizado para recibir los datos cumple con las siguientes características: Sistema operativo Windows 10 de 64 bits y procesador un Intel(R) Core(TM) i5-4210U CPU @ 1.70GHz 2.40 Ghz con memoria RAM de 8 Gb. El usuario accederá a los datos por medio de un navegador web, utilizando la dirección IP configurada en el módulo ESP8266, logrando visualizar en tiempo real las señales captadas por los electrodos de la interfaz neuronal.

Software IDE Arduino y ESPlorer

Se utilizó el IDE oficial de Arduino aprovechando los múltiples beneficios de esta herramienta, al ser multiplataforma, intuitivo, liviano y fácil de usar. Aquí se configuraron los puertos utilizados para la comunicación serial, por medio de la cual se transmitió las señales del sensor TGAM al Arduino, estableciendo una conexión por puerto serial RX y TX para posteriormente ser transmitida por el protocolo TCP/IP.

El ESPlorer fue de gran utilidad al momento de subir scripts al módulo wifi mediante el lenguaje LUA, un lenguaje que se encarga de cargar script al microcontrolador, cómodo, sencillo y de gran potencia, se usó el firmware de NodeMCU para el ESP8266, por la comodidad de su implementación en proyectos electrónicos.

Blender

Es un software de diseño gráfico en 3D el cual aporta una gran cantidad de herramientas para la creación de objetos y escenas en 3D. Esta herramienta de software cuenta con la ventaja de ser multiplataforma logrando explotar su funcionalidad en sistemas operativos como Windows, GNU/Linux o Mac OS X. El diseño del modelo en 3D se llevó a cabo bajo el ecosistema de Blender en su versión 2.78A. Se realizaron

parte individuales las cuales se unieron al finalizar cada una de ellas como se puede observar en la Figura 7,8 y 9.

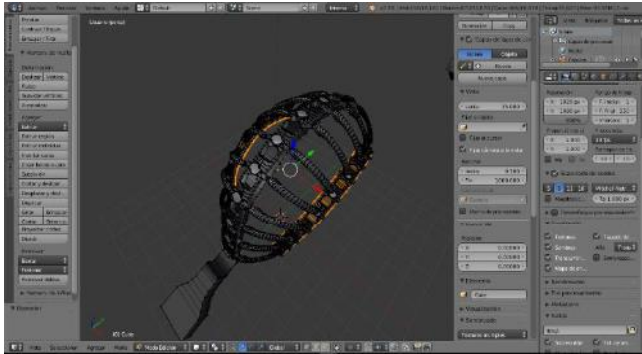


Figura 7. Diseño 3D de la interfaz neuronal.

Fuente: autores.

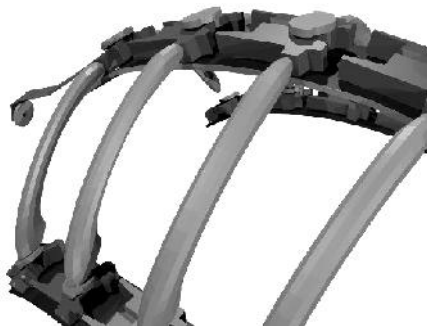


Figura 8. Ubicación de los electrodos en el diseño 3D de la interfaz.

Fuente: autores.

Se establecieron las conexiones de los electrodos EEG al sensor TGAM de NeuroSky MindWave. Se usó el módulo NodeMCU para trabajar con LUA como lenguaje para la configuración del módulo ESP8266, el cual se estableció como medio de comunicación inalámbrica, algunos aspectos a resaltar fueron: el lenguaje LUA, la configuración del dispositivo fue eficiente, a diferencia de las limitaciones que presentan los comandos AT desde Arduino, Figura 8. El IDE ESPlorer apporto múltiples beneficios a la configuración del módulo ESP8266 como un servidor web, cabe aclarar, el método usado para la configuración fue con comandos en tiempo real proporcionados por el lenguaje LUA,

posteriormente se cargó un script para iniciar el modulo. El diseño del casco realizado en Blender Figura 9, brindó una excelente panorámica de la ubicación de los electrodos abriendo la posibilidad de situar más electrodos para futuros estudios en los que se requiera estudiar otros tipos de señales y extraer sus características.



Figura 9. Modelo de la interfaz neuronal virtual completa realizado en Blender.

Fuente: autores.

Se optó por electrodos activos comerciales no invasivos y de esta manera se mejoró el proceso de extracción de la señal cortical, en vista de que este tipo de electrodos trae consigo preamplificadores incorporados, los cuales tienen como objetivo atenuar las interferencias externas generadas por el ambiente e incluso por los mismos electrodos. El coste en alimentación de los componentes electrónicos fue muy bajo, indicando que se podrá usar el dispositivo por largas horas sin intervenir para cargarlo.

Discusión

El trabajo realizado es la primera fase de la elaboración de la interfaz neuronal. En esta primera etapa se abordó el diseño con materiales de bajo coste, sin embargo se pueden encontrar mejores aplicaciones a la tecnología utilizada.

El artículo solo presenta el diseño de la interfaz quedaría pendiente su implementación y puesta en marcha para realizar pruebas en pacientes, sin embargo esta etapa debe contar con autorización

expresa de un comité de ética para lo cual se deben realizar las gestiones pertinentes. Lo anterior se deja para presentar nuevos estudios y poder avanzar en el trabajo de investigación realizado.

Conclusiones

Una vez realizado el montaje se logró comprobar que se puede elaborar una interfaz neuronal con materiales nacionales de bajo costo, comparado con las interfaces cerebro-computador que se venden actualmente en el mercado o los métodos de tratamiento para personas que sufren daño cerebral adquirido.

El desempeño del sistema es prometedor, aunque se pueden integrar una serie de mejoras para lograr más eficiencia y una mejor experiencia de usuario. En vista de que el módulo ESP8266 tiene incorporado un microprocesador se podría prescindir de la placa Arduino y realizar todas las respectivas configuraciones en el ESP8266, de esta manera se disminuirían costos y la alimentación de voltaje del dispositivo. Basándose en el modelo del sistema se podrían integrar más electrodos, cabe destacar que se puede cambiar el amplificador de las señales por uno que cumpla con las necesidades que se presenten en los pacientes y de esta manera conseguir una interfaz neuronal más flexible. Se estima que personas con bajos recursos económicos afectados por discapacidades motoras severas, puedan acceder a este tipo de herramienta de apoyo para mejorar su calidad de vida.

Referencias

- [1] J. Iribarren, J. Iereache, G. Pereira, I. Satollo y J. Iribarren, «Aplicación de interfases lectoras de bioseñales en el contexto de la domótica.» de *In XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, Buenos Aires, 2013.
- [2] O. Rivera y J. Rivas Llamas, «Control domótico por ondas cerebrales con apoyo mediante comandos de voz,» *Revista de Sistemas Computacionales y TIC's*, vol. 2, n° 6, pp. 29-35, 2016.
- [3] F. Velasco Alvarez, A. Fernandez Rodriguez, S. Varona Moya y R. Ron Angevin, «Control de una silla de ruedas a través de un sistema BCI basado en la discriminación de dos tareas mentales,» *Cognitive Area Networks*, vol. 2, n° 1, pp. 63-68, 2015.
- [4] J. E. Arango, J. C. Mazo y A. P. Palacio, «Sistema para rehabilitacion del síndrome del miembro fantasma utilizando interfaz cerebro-computador y realidad aumentada,» *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, vol. 1, n° 11, pp. 93-106, 2013.
- [5] J. L. Varela-Benítez, J. O. Rivera-Delgado, J. H. Espina-Hernández y J. M. de la Rosa-Vázquez, «Electrodo Capacitivo de Alta Sensibilidad para la Detección de Biopotenciales Eléctricos,» *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, vol. 36, n° 2, pp. 131-142, 2015.
- [6] G. RODRÍGUEZ-MIRANDA, R. SANTOS-OSORIO, N. LEDESMA-URIBE y J. CAMACHO-RAMÍREZ, «Estudio de las señales electroencefalográficas (EEG) desarrollando una aplicación basada en interfaz cerebro-computadora (BCI), para el apoyo del aprendizaje infantil,» *Revista de Sistemas Computacionales y TIC's*, vol. 2, n° 6, pp. 1-4, 2016.
- [7] J. E. Muñoz Cardona, C. D. Muñoz Cardona y O. A. Henao Gallo, «Diseño de una Estación de Trabajo para Personas con Discapacidad en Miembros Superiores Usando una Interfaz Cerebro Computador,» *Tecno. Lógicas*, vol. Edición Especial, n° 1, pp. 55-66, 2013.
- [8] J. Cantillo-Negrete, J. Gutiérrez-Martínez, T. B. Flores-Rodríguez, R. I. Cariño-Escobar y D.

Elías-Viñas, «Caracterización de la actividad eléctrica cerebral relacionada con la imaginación del movimiento de la mano en sujetos sano,» *Rev. Inves. Clin.*, vol. 66, n° 1, pp. 111-121, 2014.

- [9] Rancidbacon, «rancidbacon.com,» 14 08 2015. [En línea]. Available: http://rancidbacon.com/files/kiwicon8/ESP8266_WiFi_Module_Quick_Start_Guide_v_1.0.4.pdf. [Último acceso: 20 05 2017].
- [10] NeuroSky , «TGAM Features + Technical Specifications,» 2011. [En línea]. Available: <https://cdn.hackaday.io/files/11146476870464/TGAM%20Datasheet.pdf>. [Último acceso: 25 05 2017].

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Merquil Stiven Rodríguez Álvarez: estudiante Ingeniería de Sistemas – Universidad de la Amazonia– Colombia. – merq.rodriguez@udla.edu.co

Edwin Eduardo Millán Rojas: Ingeniero de Sistemas – Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Colombia. Especialista en Ingeniería de Software – Universidad INCCA – Colombia – Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones – Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Colombia – Doctor en Ingeniería – Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Colombia. Docente – Universidad de la Amazonia – Colombia – e.millan@udla.edu.co