

Control domótico por ondas cerebrales con apoyo mediante comandos de voz

RIVERA, Omar*† y RIVAS-LLAMAS, Juan.

Universidad Politécnica de Durango. Carretera Durango México K.M. 9.5

Recibido Octubre 28, 2016; Aceptado Noviembre 21, 2016

Resumen

En este artículo se describe el desarrollo tecnológico de un sistema de control domótico con la finalidad de brindar un prototipo electrónico embebido que brinde ayuda a personas discapacitadas que padecen paraplejia y cuadriplejia. El punto medular y la innovación del sistema consiste en controlar los electrodomésticos por medio de ondas cerebrales, las cuales son detectadas por el sensor de electroencefalografía seleccionado para tal acción. El sensor es una diadema, que permite la detección y envío de señales y datos por medio de una comunicación Bluetooth a la computadora para posteriormente ser analizadas y procesadas con el fin de realizar la detección de variables importantes: atención, meditación y parpadeo de los ojos. El sistema es capaz de realizar el control domótico de diferentes electrodomésticos controlados por una interfaz de usuario programada en C#. El algoritmo de la interfaz es capaz de obtener la medición de las variables y tomar la decisión de que electrodomésticos se debe encender, enviando un código por comunicación Bluetooth hacia la etapa microcontroladora desarrollada mediante una tarjeta Arduino Mega encargada de obtener estos códigos y determina la salida de sus puertos para conmutar la etapa de potencia.

Electroencefalográficas, domótica y paraplejia

Abstract

In this paper the technological development of automation control system in order to provide an embedded electronic prototype that provides assistance to people with paraplegia and quadriplegia. The crux and innovation system is to control appliances using brain signals, which are detected by the sensor electroencephalography selected for such action. The sensor is a MindWave headset, which measures and sends signals to the computer via Bluetooth communication to be analyzed and processed in order to perform detection 3 major variables: attention, meditation and eye blinking. The system is able to perform the lighting control of various home appliances controlled by a user interface written in C#. The interface algorithm is able to obtain the measurement of the variables and make the decision that appliances should light, sending a code via Bluetooth communication with the microcontroller through a developed stage Arduino Mega board responsible for obtaining these codes and determines the output its ports to switch the source power.

Electroencephalographic, home automation, paraplegia

Citación: RIVERA, Omar y RIVAS-LLAMAS, Juan. Control domótico por ondas cerebrales con apoyo mediante comandos de voz. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S 2016, 2-6: 29-35

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: krodriiguez@itslerdo.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El electroencefalograma (EEG) es el registro de la actividad eléctrica de las neuronas del encéfalo. Dicho registro posee formas muy complejas que varían mucho con la localización de los electrodos y entre individuos. Esto es debido al gran número de interconexiones que presentan las neuronas y por la estructura no uniforme del encéfalo. [1]

El electroencefalograma es una técnica de exploración funcional del sistema nervioso central, de relativa antigüedad, pero que aún hoy en día sigue siendo una herramienta de gran ayuda para el clínico en el diagnóstico y seguimiento de algunas patologías, como pueden ser la epilepsia, alteraciones del estado de conciencia, infecciones, etc. [2]

Se obtienen las señales de electroencefalograma cuando las neuronas de la información del proceso del cerebro humano, cambian el flujo de las corrientes eléctricas a través de sus membranas produciendo corrientes cambiantes que generan campos eléctricos y magnéticos que se pueden grabar de la superficie del cuero cabelludo a través de electrodos unidos a dicha superficie. Los potenciales entre los diferentes electrodos se amplifican, se grafican y en algunos casos se graban, dando como resultado el electroencefalograma; (EEG), lo que significa, la escritura de la actividad eléctrica del cerebro (lo que está dentro de la cabeza).

Las grabaciones de EEG muestran la actividad global de los millones de neuronas en el cerebro que muestran fluctuaciones con el tiempo que a menudo son rítmicos en el sentido de que se alternan regularmente. El ritmo más prominente en el EEG es el ritmo alfa que tiene una frecuencia entre 8 y 13 ciclos por segundo y se registra principalmente en las regiones posteriores del cuero cabelludo cerca de los lugares en el cerebro que procesan la información visual.

Cuando los ojos están abiertos el ritmo alfa es muy pequeño y cuando los ojos están cerrados se hace grande. [3]

EEG se utiliza ampliamente para evaluar los trastornos neurológicos, descensos anormales de la actividad cerebral, y cambios en los patrones debidos a cambios realizados cuando se presentan estímulos externos (como sonidos o imágenes). Estos estímulos causan o provocan un patrón de actividad cerebral, llamado el potencial evocado. [3]

Potencial evocado se trata de una exploración neurofisiológica que evalúa la función del sistema sensorial acústico, visual, somato sensorial y sus vías por medio de respuestas provocadas frente a un estímulo conocido y normalizado. Se estudia la respuesta del sistema nervioso central a los estímulos sensoriales, analizando las vías nerviosas que desde la periferia aportan la información hacia

Según la Organización Mundial de la Salud se estima que más de mil millones de personas viven con algún tipo de discapacidad, alrededor del 15% de la población mundial (según las estimaciones de la población mundial en 2010). Esta cifra es superior a las estimaciones previas de la organización Mundial de la salud, correspondientes a los años 1970 que era aproximado a 10% de la población.[5]

Por otro lado, los datos del INEGI por distribución porcentual de la población con discapacidad según el tipo de limitación señalan que el 58.3% presenta dificultad para caminar o moverse (discapacidad motriz)[6]

Desarrollo

Se desarrolla un sistema de control domótico para discapacitados motrices carentes de movimiento en sus extremidades, mediante la captura e interpretación de señales electroencefalográfica referentes al grado de atención del paciente, con uso de comandos de voz y parpadeo de los ojos como parte de apoyo secundario al sistema.

Las señales detectadas por el sensor de EEG son enviadas por medio de comunicación Bluetooth al sistema de control PC en el cual son analizadas para poder detectar las variaciones Electroencefalográficas que genera el cerebro humano al cambiar de estado de ánimo y generar parpadeo, muestra en pantalla el electrodoméstico realizando su función, al detectar que el usuario final ha parpadeado y enfoca su atención en el electrodoméstico, este cambiara de estado y a su vez envía una señal por medio de comunicación serial al sistema embebido Arduino que se ha cambiado el estado del electrodoméstico este realiza el control de los electrodomésticos mediante una etapa de potencia.

El diagrama a bloques del sistema de control domótico se muestra en la figura 1.

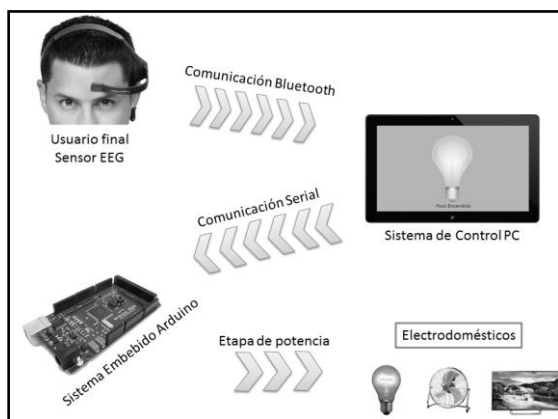


Figura 1 Diagrama a bloques del funcionamiento del sistema

Sensado de señales electroencefalográficas

Se ha elegido el sensor MindWave Mobile como dispositivo de medición de electroencefalograma ya que tiene la capacidad de adquirir una amplia variedad de ondas cerebrales con un diseño simple y eficaz mediante un solo electrodo. Mediante la librería (ThinkGear) de desarrollo que contiene el SDK del dispositivo, se pueden sensar variables como: “atención”, “meditación” y “blink”, señales con las que se basará el desarrollo del sistema de control para manipular los dispositivos eléctricos y electrónicos.

También es de gran ayuda que este dispositivo tiene la capacidad de enviar los datos generados por el cerebro humano por un medio de comunicación inalámbrico como es el Bluetooth, permitiendo mayor flexibilidad y movilidad al no hacer uso de cables y puertos USB como en otros dispositivos de la misma índole presentes en el mercado.

Esta etapa es de gran importancia ya que con esta se logra la adquisición de las ondas Electroencefalográficas para después ser procesadas y realizar el control domótico de una casa habitación.

El sensor de electroencefalograma se muestra en la figura 2.



Figura 2 Diadema para medición de ondas cerebrales MindWave

Interface de control

Se desarrolló un algoritmo programado mediante el lenguaje de programación C#, ya que la librería "ThinkGear" de desarrollo con la que cuenta el sensor de EEG fue diseñada para trabajar en este lenguaje. El uso de C# permite realizar gráficamente el diseño de la interfaz de usuario, así como la adquisición de las variables de atención, meditación y parpadeo del paciente de una manera sencilla y eficiente. El valor de esta etapa está dado por realizar el procesamiento de las ondas Electroencefalográficas obtenidas por el sensor de EEG y realizar el control principal de sistema.

Para la etapa de control se realizó una interface gráfica con los siguientes componentes:

- Combobox

Se hizo uso para seleccionar el puerto serial de la tapa de potencia.

- Combobox EEG

Se utilizó para seleccionar el puerto del sensor de EEG.

- Botón Conectar

Este botón conecta el sistema de control con el sensor de EEG para obtener los datos que genera dicho sensor.

- Label de Atención

Muestra el nivel de atención del usuario final de 0 a 100, 100 es el nivel de atención más alto.

- Label de Parpadeo

Cada vez que el usuario final parpadea se genera un número equivalente a la intensidad del parpadeo y esta variación se muestra en Label.

- ProgressBar de Atención

Es de gran ayuda estar observando el nivel de atención con el que se cuenta para realizar el encendido y apagado de los electrodomésticos, para esto se usó una ProgressBar donde muestra el nivel de atención del usuario final.

- PictureBox

Se hizo uso de un PictureBox para mostrar los electrodomésticos realizando la función de encendido o apagado de cada uno de ellos.

A continuación se en la figura 3 se muestra la interface del sistema de control con todos los elementos mencionados anteriormente.

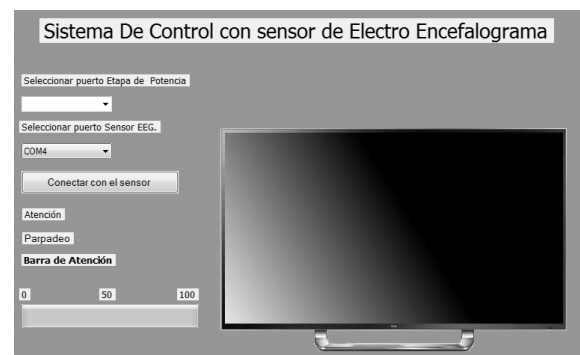


Figura 3 Interface del sistema de control

Microcontrolador

Es necesaria la utilización de sistema embebido que obtenga la codificación inalámbrica Bluetooth para realizar el control de encendido directo de los electrodomésticos.

Se ha elegido la tarjeta de desarrollo Arduino Mega ya que cuenta principalmente con una gran cantidad de puertos (54 puertos digitales), el cual es de gran ayuda para este tipo de sistemas en donde puede ser escalable y poder aumentar el número de electrodomésticos también fue elegido por que cuenta con múltiples puertos de comunicación para futuras conexiones aumentando la escalabilidad del sistema.

En la figura 4 se muestra la tarjeta embebida Arduino.

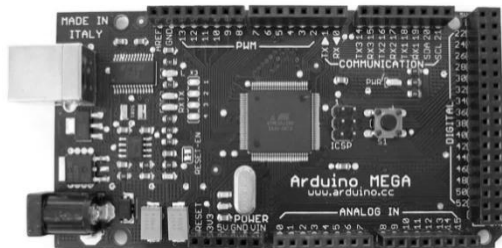


Figura 4 Sistema embebido Arduino

Comunicación Inalámbrica

La principal característica porque se pide que el sistema de control cuente con un dispositivo Bluetooth 4.0 de comunicación, es porque esta versión permite múltiples conexiones a la vez, lo cual es de gran ayuda, ya que facilita la interconexión entre todos los dispositivos que conforman el sistema. El hacer uso de esta versión del protocolo, permite que se reciban los datos del sensor de EEG y al mismo tiempo se comunique con el dispositivo de control permitiendo el correcto manejo de la etapa de potencia, haciendo uso únicamente de un dispositivo Bluetooth localizado en la computadora.

Reconocimiento de Voz

Se ha usado el reconocimiento de voz mediante el uso de la librería de desarrollo Speech Recognition SDK 5.0 de Microsoft ya que se ha definido usar la programación en C# para la programación de la interfaz.

El sistema de reconocimiento de voz tiene cierta relevancia a la hora de ejecutar el control del televisor para cambiar de canal o de volumen para mayor comodidad e independencia del usuario.

Etapa de potencia

Esta etapa es la encargada de realizar el encendido directo de los electrodomésticos mediante un circuito con triacs BTA08 el cual soporta 8 amperes de intensidad lo suficiente para un electrodoméstico común y un optoacoplador MOC 3011 al recibir una entrada de 5v este activa el triac que deja pasar la corriente eléctrica de 110v realizando el encendido del electrodoméstico. La importancia de esta parte es dada ya que nos permite tener a la salida de la etapa microcontroladora 5v de salida y dejar pasar la corriente para encender un foco a 110v.

Diseño de las pruebas

En esta etapa se realiza la comprobación del funcionamiento del sistema, en el la cual se realizan pruebas para observar la actividad cerebral con diferentes pacientes, como pueden ser en adultos de ambos sexos y niños para verificar que en cada uno de ellos el incremento y decremento de la Atención y meditación pueda variar desacuerdo a diferentes pruebas a las que sean sometidos estos pacientes como indicarles que se enfoquen en encender un foco y observar el nivel de atención y meditación con el que cuentan en ese momento de acuerdo a la edad del paciente, lo cual será de gran ayuda para determinar en qué tipo de paciente es más fácil hacer uso de este sistema. Es muy importante realizar pruebas del sistema para hacer la verificación de funcionalidad y capacidad del prototipo.

Resultados

Mediante este sistema de control domótico por señales electroencefalográfica y control por voz, se ha logrado realizar el control de encendido y apagado de diferentes electrodomésticos como el encendido de iluminación, calefacción y ventilación y televisor, permitiendo con este último el cambio de canales y de volumen, permitiéndole a los pacientes el poder ofrecerles un poco más de independencia.

Este sistema se realizó mediante la implementación de una aplicación programada en C#, la cual procesa los datos adquiridos del sensor de EEG y envía comandos de control a la etapa de potencia en la cual se encuentra la tarjeta Arduino, al recibir la orden de encender un foco está pone en alto un puerto de salida que va conectado a una tarjeta de potencia para convierte una la salida de 5V en una salida de 110V y realizar el encendido del foco, a la par también al recibir la orden de encender el televisor la tarjeta Arduino envía por infrarrojo un código el cual enciende el televisor inalámbricamente. En las figuras anexas (figuras 5-7) se muestran pantallas del software donde se puede apreciar que las imágenes que el paciente puede observar son de gran tamaño para mayor comodidad, así mismo la figura 8 muestra el detalle de una paciente con discapacidad motriz en su piernas que se encuentra interactuando con el sistema.

Conclusiones

Se concluye que este sistema puede ser utilizado por cualquier persona y dependiendo de cada persona es el grado de dificultad para realizar el incremento y decremento de la atención y meditación, se ha comprobado que en personas mayores a los 45 años que no realizan actividades cerebrales como juegos, se les presenta un poco de mayor dificultad para aprender a controlar el sistema a través de sus propias ondas cerebrales, sin embargo en niños, se demostró mayor facilidad para el aprendizaje del sistema y control de sus propias ondas cerebrales, en parte esto se puede deber al tiempo que pasan interactuando con dispositivos móviles desde temprana edad.

En la actualidad existen un sinnúmero de sistemas que hacen uso de señales cerebrales para realizar acciones de control como lo son los videojuegos o juguetes que se mueven dependiendo el estado de ánimo de la persona; sin embargo este proyecto va más allá de ser un juego, el cual realiza el control domótico de una casa habitación para aquellas personas con discapacidades motrices que para ellos encender un televisor y cambiar de canal, encender un ventilador, abrir las ventanas, cambiar el nivel de altura de una cama articulada, etcétera, no se encuentra dentro de sus posibilidades por su deficiencia motriz, sin embargo con este sistema no se les da un juego, si no, un sistema que les brinde una suficiente auto dependencia que les mejore el estado anímico a los pacientes, al poder realizar tareas que anteriormente no podían realizar por sus propias limitaciones.

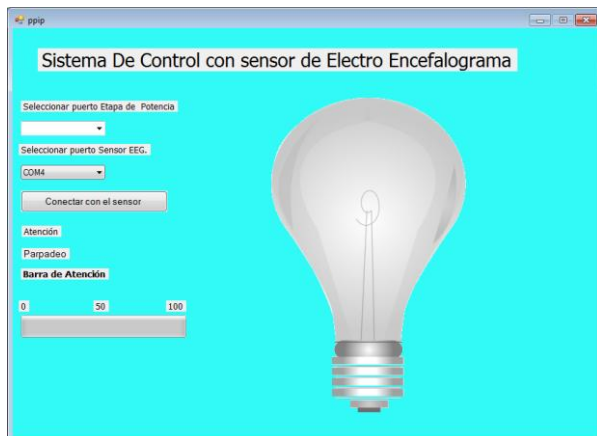


Figura 5 Software de control mostrando la imagen de un foco sin encender para dar a entender que la iluminación esta apagada

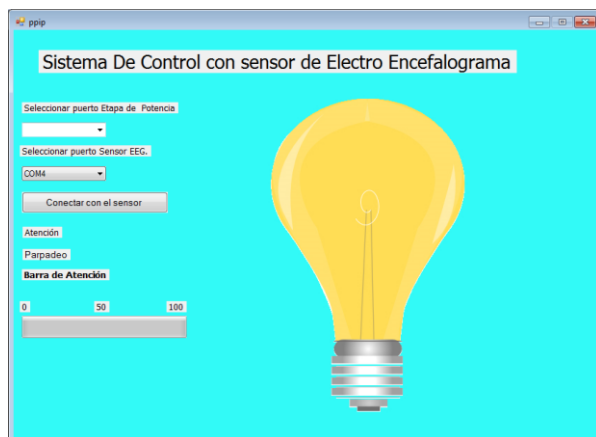


Figura 6 Software de control mostrando la imagen de un foco encendido para dar a entender que la iluminación esta funcionando



Figura 7 Software de control mostrando la imagen de un ventilador apagado



Figura 8 Imagen de una paciente interactuando con el sistema doméstico

Referencias

- [1] Navarro R. 2014. Sistemas de Acondicionamiento y Adquisición de Señales Bioeléctricas. Universidad de Alcalá: Departamento de Electrónica.
- [2] Quiñones, A. 2015. Electroencefalografía: Fundamentos de procesamiento de señales para EEG. Simposio de Electroencefalografía y Potenciales Evocados.
- [3] Terence W., Picton, M. 2012. *baycrest*. Obtenido de <http://research.baycrest.org/eeg>
- [4] Arduino Mega. 2014, de Arduino. Recuperado de: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- [5] Chan, M., Zoellick, R. 2014. Informe Mundial Sobre La Discapacidad. Agosto 2014, de Organización mundial de la salud. Recuperado de: http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/summary_es.pdf
- [6] La Editorial. 2015. 6.3% de la población mexicana tiene discapacidad: El Economista. recuperado de: <http://eleconomista.com.mx/sociedad/2013/12/03/inegi-66-poblacion-tiene-discapacidad>
- [7] Rivera, O. 2013. Sistema de apoyo para discapacitados por cuadriplejía o paraplejía por comandos de voz. Academia Journals. Volumen 6. Numero 5. ISSN: 1946-5351