



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



MANIPULACIÓN DE UN ARTEFACTO ELECTROMECAÁNICO A TRAVÉS DE UNA INTERFAZ CEREBRO MÁQUINA

**Camila Andrea Cangrejo López, Kevin Guerrero Peláez, Leidy Tatiana López
López, María Fernanda Villoria Posso**

**Universidad del Quindío
Armenia, Colombia**

Resumen

Como ayuda especial a personas con discapacidad motora, las interfaces cerebro máquina (BMI) aparecen como una opción para ganar autonomía, en este sentido, un sistema BMI permite que, a través de la lectura de señales cerebrales, se puedan manipular artefactos presentes en el ambiente. En este artículo se realiza una primera aproximación a un sistema BMI a través del movimiento de un robot móvil X-GAMA, de propiedad de la Universidad del Quindío. El robot X-GAMA tiene diferentes funcionalidades, entre estas el desplazamiento en una trayectoria y manipulación de objetos, pretendiendo controlarse a partir de las señales cerebrales. Para la implementación de una interfaz cerebro máquina existen diferentes señales, pero teniendo en cuenta la literatura, se seleccionan las SSVEP ya que, a pesar de necesitar estímulos externos tiene la ventaja de requerir poca o ninguna calibración. El sistema completo se puede describir de la siguiente manera: la interfaz cerebro máquina obtiene las señales cerebrales de un usuario el cual se incorpora al proyecto de manera totalmente voluntaria, a esta persona se le conectan electrodos en la parte occipital del cerebro de manera superficial, en el cuero cabelludo, estos se encuentran conectados a la plataforma Ganglion Board (4-channels), la cual extrae la actividad cerebral y se comunica de manera inalámbrica con la interfaz, esta contiene el software que procesa y detecta la información proveniente de la intención del usuario, posteriormente es enviada al robot y ejecutada finalmente, en este caso la acción sería recorrer una trayectoria determinada por el usuario.

El sistema será probado por varias personas de diferentes sexos, sin problemas de salud mental o accidentes cerebrovasculares conocidos, en un rango de edad de 18 a 22 años; los cuales, en su mayoría, a partir de observar dos estímulos visuales, lograran llevar el robot X-GAMA entre un lugar inicial y otro final

Palabras clave: BMI; BCI; SSVEP

Abstract

As a special help to people with motor disabilities, brain machine interfaces (BMI) appear as an option to gain autonomy, in this sense, a BMI system allows, through the reading of brain signals, to manipulate artifacts present in the brain. ambient. In this article, a first approach to a BMI system is made through the movement of a mobile robot X-GAMA, owned by the University of Quindío. The robot X-GAMA has different functionalities, among them the displacement in a trajectory and manipulation of objects, trying to control itself from the brain signals. For the implementation of a brain machine interface there are different signals, but taking into account the literature, the SSVEPs are selected since, in spite of needing external stimuli, it has the advantage of requiring little or no calibration. The complete system can be described as follows: the brain machine interface obtains the brain signals of a user who joins the project in a totally voluntary way, this person is connected electrodes in the occipital part of the brain in a superficial way, in the scalp, these are connected to the Ganglion Board platform (4-channels), which extracts brain activity and communicates wirelessly with the interface, this contains the software that processes and detects the information coming from the intention of the user, later it is sent to the robot and finally executed, in this case the action would be to travel a path determined by the user.

The system will be tested by several people, of different sexes, without mental health problems or known cerebrovascular accidents, in an age range of 18 to 22 years; which, mostly, from observing two visual stimuli, managed to take the X-GAMA robot between an initial place and another final

Keywords: BMI; BCI; SSVEP

1. Introducción

Con el continuo desarrollo y avance tecnológico en las distintas áreas del conocimiento se logran relacionar estas entre sí, con el fin de continuar con el crecimiento, innovación y creación de nuevos dispositivos que beneficien a la comunidad, permitiendo a los diferentes grupos y semilleros de investigación realizar proyectos cada vez más diversos, este proyecto es elaborado en el semillero BMI-GAMA, perteneciente al grupo de Automatización y Máquinas de Aprendizaje de la Universidad del Quindío, en el cual se toma el robot móvil manipulador X-GAMA (desarrollado en el semillero anterior), el cual se adecua para que reconozca órdenes que serán emitidas mediante ondas cerebrales, realizando un avance importante de esta área.

2. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema que permita emitir una orden mediante ondas cerebrales, a un robot móvil, para trasladarlo mediante una trayectoria a unos puntos determinados.

Objetivos Específicos

- Adecuar un sistema que permita la captura de ondas cerebrales.
- Diseñar e implementar una interfaz de usuario que permita la comunicación entre el usuario y el sistema de control del robot.
- Implementar un algoritmo de procesamiento de ondas cerebrales en un sistema digital, que permita interpretar las órdenes del operador.
- Elaborar un sistema de transmisión entre el sistema digital y el robot que permita la ejecución de los comandos.
- Diseñar y aplicar un procedimiento para la evaluación del sistema completo.

3. Referente Teórico

Este proyecto toma el robot móvil manipulador X-GAMA (desarrollado en el semillero anterior), el cual se adecua para que reconozca órdenes que serán emitidas mediante ondas cerebrales.

Descripción de Robot X-GAMA

El siguiente texto es tomado de (Referencia X-GAMA)

El robot X-GAMA es un robot móvil manipulador, desarrollado en el semillero anterior, está compuesto por un brazo robótico, una plataforma móvil, un sistema embebido (RASPBerry PI), microcontrolador ATX-MEGA, una cámara que permite hacer transmisión en tiempo real de lo que observa a través de la plataforma, un sensor de luz y una brújula digital que permite medir los ángulos que recorre, para cumplir con lo indicado en la plataforma web.



Figura 1. Plataforma X-GAMA

El brazo del robot cuenta con cinco grados de libertad como se muestra en la figura 2, El primero (θ_1) define el sentido del brazo, el segundo (θ_2) y tercer grado (θ_3) inclinan el brazo a una determinada distancia, el cuarto (θ_4) tiene la función ubicar de manera adecuada la pinza para que esta última (θ_5) pueda sujetar un objeto.

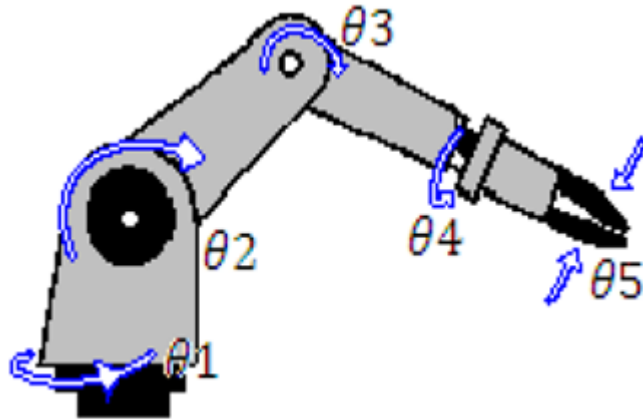


Figura 2: Grados de libertad del brazo manipulador.
(Cañon Nieto & Escobar Figueroa, 2014)

Señales cerebrales

La onda cerebral es la actividad eléctrica que produce el cerebro; toda onda tiene amplitud y frecuencia, las cuales se miden en ciclos por segundo y en micro voltios, estos últimos representan el voltaje de dichas ondas. Para visualizar la actividad que tienen las ondas cerebrales se usa un electroencefalograma o EEG.

Para captura de ondas cerebrales se encuentran distintas de estas, las cuales surgen a partir de diferentes actividades eléctricas presentes en el cerebro, las más comunes son:

P300: Es un potencial evocado, se registra mediante electroencefalografía, con una latencia de unos 3000 ms en EEG, aparece cuando la persona se encuentra en estado de atención discrimina un estímulo relevante de otro.

Imaginación del movimiento: Es la señal capturada al momento en que el usuario imagina un movimiento previamente acordado que corresponde a un comando de selección que puede ser vertical u horizontal, se presenta principalmente en frecuencias de (8-12 Hz) y (18-25 Hz).

Potenciales evocados visuales en estado estable: Se basa en generar estímulos mediante luces que oscilan a diferentes frecuencias; para captar la señal el usuario debe concentrarse en uno de los estímulos, el cual corresponde a un comando de selección; la señal se capta en la parte occipital del cerebro y pueden ser medidas por medio de un equipo de electroencefalografía.

Estados mentales: Este tipo de señal se presenta cuando el sujeto se encuentra en estados de relajación, niveles de estrés, felicidad, ansiedad o excitación, también cuando este realiza operaciones matemáticas o pensando en el abecedario de la Z a la A

Interfaz cerebro máquina (*brain machine interface*)

La interfaz cerebro computadora hace posible "la comunicación entre las funciones mentales y cognitivas del usuario que la utiliza las cuales son procesadas y clasificadas para luego ser interpretadas por aplicaciones o dispositivos puntuales" (Esqueda,2016)

Para la clasificación de patrones(ondas)se han usado diferentes métodos como: *Clasificadores Lineales, Clasificador Logístico Bayesiano y clasificadores basados en redes neuronales*".

Con el ánimo de solucionar el problema de investigación propuesto, se realiza una búsqueda a través de SCOPUS, tomando artículos desde el año 2017 al 2019, en los cuales se mencionan las palabras "Brain Machine Interface", limitando la búsqueda sólo a revistas; a partir de los artículos encontrados se toman aquellos directamente relacionados con el tema, quedando un total de 39 artículos. De los 39 artículos, 18 mencionan el uso de señales cerebrales aplicadas directamente a temas de movimiento, encontrando Exoesqueletos, prótesis, sillas de ruedas, robots y rehabilitación motora. Para estas aplicaciones, las señales cerebrales usadas son P300, los estados mentales, los potenciales evocados visuales de estado estable (SSVEP) y la imaginación del movimiento. De estas señales las más usadas son la imaginación del movimiento y las SSVEP. La imaginación del movimiento tiene la ventaja respecto a las SSVEP de no requerir elementos externos para la estimulación, mientras que las SSVEP tienen la ventaja de requerir poca o ninguna calibración. Teniendo en cuenta lo anterior, se seleccionan las SSVEP como señales para implementar un sistema de interfaz cerebro máquina que permita trasladar un robot móvil entre dos lugares establecidos.

Tabla 1. Señales cerebrales con cantidad de aplicaciones de movimiento.

	P300	Imaginación del movimiento	Potenciales evocados visualmente en estado estable	Estados mentales
Exoesqueletos	1	2	2	1
Prótesis		3		1
Silla de ruedas - Robot	2	1	2	
Neurorehabilitación - Rehabilitación motora		3		

De la tabla 1, se puede obtener la información completa en (Cangrejo, et al, 2019).

4. Metodología

El lector de ondas cerebrales que se usará es la Ganglion Board (4 canales), el cual es un dispositivo de biosensado de alta calidad, en este se tienen 4 entradas diferenciales de alta impedancia, una conexión a tierra, una entrada de voltaje positivo y otro negativo; cada entrada puede medir EMG y ECG, y los datos medidos son muestreados a 200Hz. Este dispositivo utiliza un adaptador mini USB Bluetooth versión 4.0 ofreciendo una alta velocidad de transferencia y un par simple.

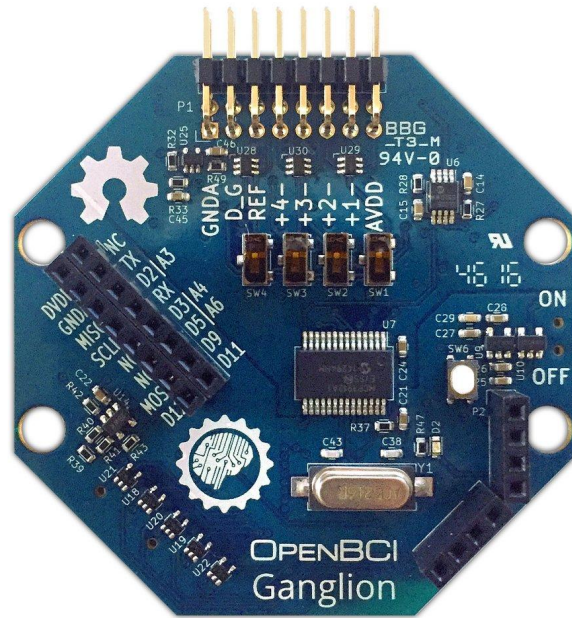
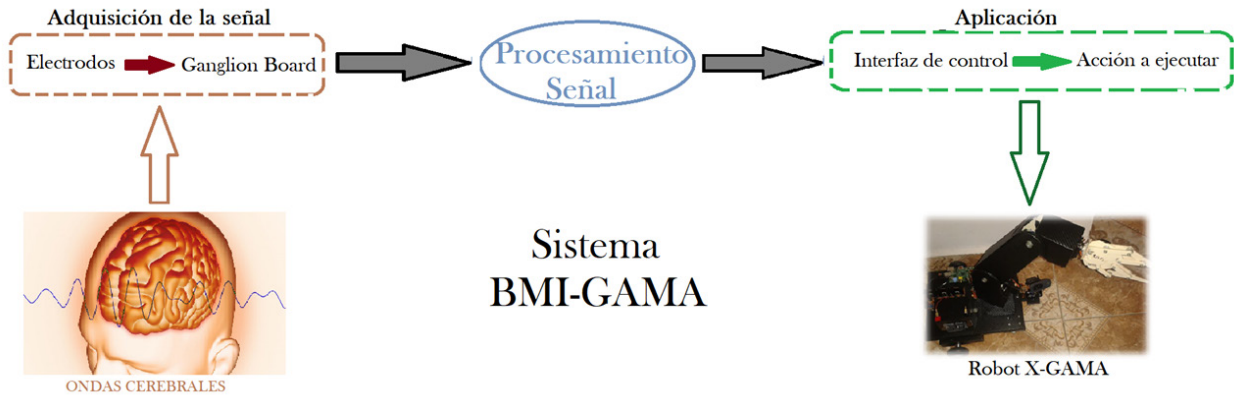


Figura 3. Ganglion Board (4 canales). (OPEN BCI)

A la Ganglion Board se le conectan Gold Cup Electrodes y se hace uso de Ten20 Conductive Paste para así obtener la actividad cerebral del usuario, por medio de un protocolo planteado se asocia el voluntario al proyecto y se inicia conectando los electrodos en la parte occipital del cerebro de la persona, su posición exacta es Oz, O1 y O2, el software para la lectura de las ondas cerebrales es implementado en el lenguaje de programación Python.

La señal a captar del cerebro es SSVEP (steady state visually evoked potentials o en español traduce potenciales evocadas visuales en estado estable), esta se genera de manera natural a partir de estímulos visuales de acuerdo a una frecuencia (3.5Hz a 75Hz), se opta por este tipo de señal ya que es de fácil implementación y no requiere calibración; los estímulos visuales que se implementa son dos matrices de led a dos diferentes frecuencias (12Hz y 10Hz) las cuales tienen funciones específicas, cada matriz a su respectiva frecuencia evocan la señal cerebral y cumplen con dos comandos establecidos para el robot, estos comandos son: comando 1, adelante durante 5 segundos y comando 2, giro a la derecha giro de 90°.

En cuanto al procesamiento de la señal, se usa el CCA (canonical-correlation analysis o también análisis de correlación canónica), se toma esta decisión ya que, a partir de la literatura se encuentra antecedentes sobre procesamiento de este tipo cuando se usa SSVEP; El CCA es un método de correlación lineal, el cual busca hacer relaciones entre dos variables multidimensionales.



Esquema básico de proceso de funcionamiento.

En este proyecto solo intervienen seres humanos, para algunos voluntarios se tomarán datos de sus señales cerebrales; para eso se usará un sistema no invasivo, sin riesgo eléctrico ya que el equipo utilizado tiene aislamiento óptico y los voltajes son pequeños dados por pilas AA, su uso ha sido reportado en diferentes artículos sin ningún efecto adverso conocido, el sistema usado no es para diagnóstico médico.

El robot se desplaza a una velocidad baja y la fuerza que ejerce es muy pequeña para que pueda causar algún daño, además de que es prácticamente un juguete.

Los datos obtenidos serán tratados anónimamente y no habrá registros e información que permita la identificación los voluntarios, Los datos asociados con las señales cerebrales serán almacenadas de forma confidencial en una base de datos en el sistema de información de la universidad, también se explicará que las señales cerebrales no pueden ser detectadas para todos los voluntarios y existe la posibilidad de que en algunas personas la interfaz BMI-GAMA no funcione ya que este sistema no será desarrollado para usuarios específicos y que su participación será por libre elección; igualmente se aclara que las señales captadas no serán inducidas o potenciadas de ninguna manera. Los participantes de este proyecto no tienen conflictos de intereses por lo que los resultados obtenidos no se verán alterados.

5. Conclusiones

Al finalizar el proyecto se espera obtener un sistema, el cual permita la comunicación entre el cerebro y el robot X-GAMA mediante electrodos conectados en el cuero cabelludo. Los electrodos conectados permiten medir las ondas cerebrales, dicha actividad es enviada por medio de una comunicación bluetooth al computador, allí hay un software que permite procesar y detectar la intención del usuario para posteriormente enviarla al robot y este ejecute la acción deseada, que en este caso sería recorrer determinada trayectoria.

6. Referencias

Artículos

- Cangrejo,C; Guerrero,k ; Lopez,L; Villoria,M ;MANIPULACIÓN DE UN ARTEFACTO ELECTROMECAÁNICO A TRAVÉS DE UNA INTERFAZ CEREBRO MÁQUINA, semillero grupo GAMA, Programa de ingeniería Electrónica, Universidad del Quindío. 2019
- Cañon Nieto, J. H., & Escobar Figueroa, J. J. (2014). Acondicionamiento del brazo robótico X-GAMA como plataforma teledirigida con Raspberry Pi. Armenia, Quindío.
- ESQUEDA-ELIZONDO, J, HERNÁNDEZ-MANZO, D, BERMUDEZ-ENCARNACIÓN, E, JIMÉNEZ-BERISTAÍN, L Y PINTO-RAMOS, M. (abril-junio 2016). Manipulación de un brazo robótico mediante señales electroencefalográficas. revista de tecnología e innovación, 3, 89-98. 23/09/2018, De google academic Base de datos.).

Fuentes electrónicas

- OPEN BCI. Recuperado el 21 de junio de 2019, de OPEN BCI: <https://shop.openbci.com/products/pre-order-ganglion-board?variant=13461804483>

Sobre los autores

- **Camila Andrea Cangrejo:** Estudiante de Ingeniería Electrónica de Universidad del Quindío. cacangrejol@uqvirtual.edu.co
- **Kevin Guerrero Peláez:** Estudiante de Ingeniería Electrónica de Universidad del Quindío. kguerrerop@uqvirtual.edu.co
- **Leidy Tatiana López López:** Estudiante de Ingeniería Electrónica de Universidad del Quindío. llopezl_1@uqvirtual.edu.co
- **María Fernanda Villoria Posso:** Estudiante de Ingeniería Electrónica de Universidad del Quindío. mfvilloriap@uqvirtual.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)