

# Desarrollo de un prototipo de control remoto a vehículo por medio de una interfaz cerebro computadora

Héctor Eduardo Valencia Ruiz, Pedro C. Santana-Mancilla,  
Juan Antonio Guerrero Ibáñez y Juan Contreras-Castillo  
Universidad de Colima, Av. Universidad 333, Col. Las Víboras,  
Colima, Col. 28040. México  
{hector\_valencia, psantana, antonio\_guerrero, juancont}@ucol.mx

**Área del conocimiento.** Innovación en TIC.

**Resumen.** Este artículo describe un prototipo de control remoto a vehículo basado en una Interfaz Cerebro-Computadora. El sistema propuesto se diseñó usando diversos componentes, incluido un sensor neuronal, una aplicación y un carro robot.

**Palabras clave:** Interfaz cerebro computadora, EEG, Sistema de control remoto.

## 1 Introducción

Las Interfaces Cerebro-Computadora (BCI por sus siglas en inglés *Brain-Computer Interfaces*) son sistemas interactivos cuyo objetivo es proveer a los usuarios una forma alternativa de trasladar su voluntad para controlar dispositivos externos [1].

Sus aplicaciones más populares se centran en la rehabilitación motora para pacientes con problema neurológicos [2], pero en los últimos años, se ha convertido en un área de mucha exploración [3], y las aplicaciones comercial han comenzado a surgir [4].

En este trabajo presenta el desarrollo de un sistema de control remoto para automóviles robots por medio de una BCI con el objetivo de analizar la posibilidad de implementar los sensores cerebrales para el control de automóviles regulares.

## 2 Materiales y métodos

El sistema desarrollado se compone de un dispositivo de entrada y un auto robot. El dispositivo de entrada es el sensor MindWave Mobile que es una diadema con sensor cerebral, el auto robot es un robot educativo Moway [5] que representará a los automóviles, además se desarrolló una aplicación para comunicar el robot con la diadema.

## 2.1 MindWave Mobile

Este dispositivo es una diadema que colecta las señales neuronales y las divide según la frecuencia. El dispositivo cuenta con un solo sensor, lo que tiene como limitante que no se pueden desarrollar aplicaciones muy complejas ya que solo cuenta con un canal a medir [6]. Se ha desarrollado para hacer fácil la medición de los estados de relajación y atención mediante el algoritmo *eSense* propio de la empresa creadora de la diadema.

Respecto a su capacidad, el MindWave Mobile es capaz de captar tres indicadores principales, el nivel de atención o concentración, el nivel de meditación o relajación y la fuerza de pestañeo, además es capaz de notificar si la señal del sensor es estable o pobre.

## 2.2 Microbot Moway

Moway es un robot utilizado para simular a los automóviles en maquetas de ciudades inteligentes, aunque su diseño es minimalista puede ser ampliado en cuanto a prestaciones y funciones [7]. La estructura y disposición de los componentes del Moway se pueden apreciar en la Fig. 1.

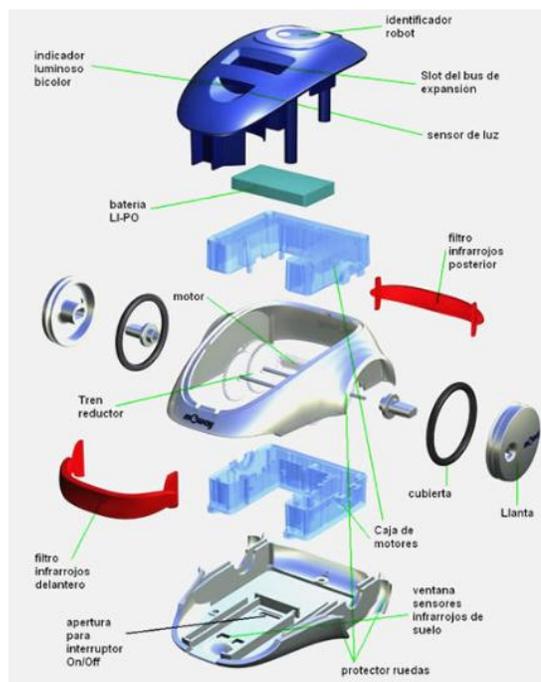


Fig. 1. Componentes del robot Moway [7].

Como se puede apreciar, los robots Moway son capaces de moverse hacia adelante, hacia atrás y pueden girar sobre su propio eje hacia la izquierda o derecha. Además, estos robots tienen 4 sensores capaces de detectar obstáculos, dos sensores de línea, un sensor de temperatura, un sensor de luz, un acelerómetro, micrófono, una bocina pequeña, 4 LEDs y un módulo de expansión donde se pueden introducir elementos extra como el módulo de Radio Control que se utiliza en este proyecto, además el robot contiene una batería recargable de litio para poder operar sin cables. Para este proyecto sólo utilizamos sus capacidades motrices y su capacidad de recibir comandos por medio del módulo de radiofrecuencia.

Para su programación, los Moway vienen con la documentación y el programa Moway World que permite embeber software en los robots programado con bloques.

### 2.3 Aplicación

El software se desarrolló para utilizar el dispositivo RF-USB de Moway para establecer una comunicación vía radiofrecuencia entre la aplicación y el robot autónomo, quien captará las señales por medio del receptor de radiofrecuencia que llevará conectado.

Adicionalmente, se desarrolló un software a base de diagramas que permite la recepción constante de la señal de radiofrecuencia el cual va embebido directamente en el Moway por medio del software Moway World.

La aplicación, como se puede ver en la Fig. 2 es capaz de darle al usuario las herramientas para poder realizar las siguientes acciones.

- Conectar y desconectar el sensor cerebral.
- Conectar y desconectar el robot Moway.

Así mismo es capaz de mostrar la siguiente información al usuario.

- Estado de conexión del sensor y los robots.
- Tipo de señal que se recibe del sensor cerebral.
- Acción que está realizando el robot.

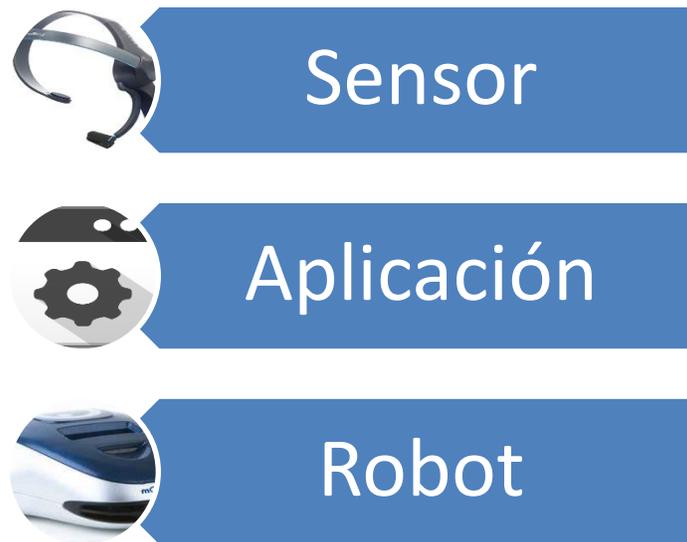


Fig. 2. Aplicación de control remoto.

### 3 Arquitectura propuesta

Con base a lo anterior, se propone una arquitectura de tres capas (sensor, aplicación, robot) para asegurar que el sistema funciones adecuadamente:

- **Sensor:** Es el sensor utilizado para captar las ondas cerebrales del usuario. El dispositivo envía los indicadores de meditación, concentración y de pestañeo provenientes de la persona, los cuales son enviados mediante una conexión inalámbrica a la aplicación por medio de bluetooth.
- **Aplicación:** El software desarrollado en el lenguaje de programación C# y la librería [8] para comunicarse con el robot Moway por medio de radiofrecuencia.
- **Robot:** Es el robot Moway con una aplicación embebida desarrollado para poder comunicarse por medio de radiofrecuencia con la capa de aplicación.



**Fig. 3.** Arquitectura del sistema.

### 4 Pruebas

Para poder validar la hipótesis de que es posible de manera eficaz y segura, el control de los robots por medio del sensor cerebral, se llevó a cabo un experimento.

#### **4.1 Muestra**

Como muestra se eligió la población de alumnos de séptimo semestre de la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima, debido a que la mayoría tiene la edad igual o mayor a 18 años, por lo que son considerados adultos en México y, por lo tanto si saben hacerlo, pueden manejar automóviles legalmente; además, se les escogió por su familiarización con la tecnología y los sensores.

Del universo de estudiantes en ese semestre de forma aleatoria se tomó una muestra por conveniencia de 10 alumnos.

#### **4.2 Método**

A los individuos de prueba se les pondrá un ejercicio a manera de experimento en el cual tendrán que recorrer un laberinto 3D con 5 bifurcaciones controlando el robot Moway por medio del sensor cerebral en un tiempo limitado de 10 minutos, de manera que si el individuo logra llegar a la meta en menos de 10 minutos y sin haber tenido ninguna colisión con las paredes se considerará como caso de éxito, de lo contrario se considerará como caso fallido.

Antes de comenzar las pruebas se les explicó claramente a los usuarios la dinámica del experimento y las instrucciones fueron las siguientes.

- Colocarse correctamente el sensor cerebral Mindwave Mobile.
- Iniciar el sensor y la aplicación.
- Llevar a cabo la calibración del sensor.
- Mover el robot Moway desde un punto a otro punto en la maqueta.

#### **4.3 Calibración**

En este proceso los usuarios hicieron uso del panel de calibración que se encuentra en la aplicación, el cual tiene 2 botones que una vez conectado el sensor de forma debida, se encargan de recopilar datos del usuario para así llevar a cabo la calibración.

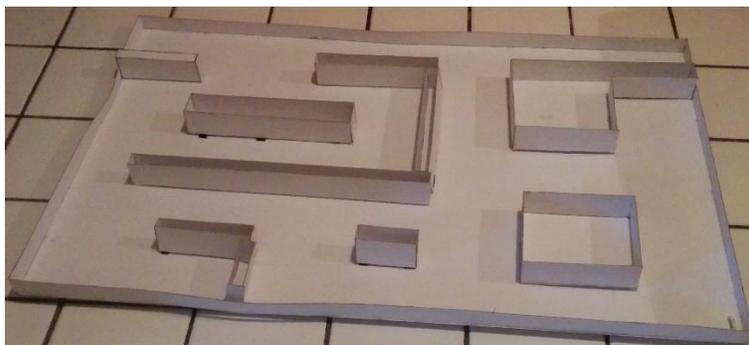
Una vez calibrado el sensor se procedió a probar que las funciones de control del robot por medio del sensor cerebral estuvieran correctas. En esta etapa se le pidió a los usuarios que hicieran al robot avanzar, retroceder y dar vueltas tanto a la izquierda como a la derecha pero estando afuera del laberinto en una superficie plana.

De esta manera se comprobó que los controles estaban funcionando al cien por ciento para así garantizar que los resultados del experimento no fueran afectados por cuestiones técnicas.

#### **4.4 Experimento**

Ya que los usuarios supieron claramente qué era lo que iban a realizar y el cómo lo llevarían a cabo, se procedió a la etapa del experimento en sí. Se colocó el robot Moway al inicio del laberinto apuntando hacia los interiores del mismo. A continuación se conectó el sensor y la prueba comenzó.

Una vez iniciado el experimento cada uno de los usuarios debía llegar a la meta sin chocar con las paredes del laberinto (ver Fig. 3).



**Fig. 3.** Maqueta de laberinto usado en el experimento.

## 5 Resultados

Al concluir las pruebas con los 10 usuarios, se encontró que el 60% de los sujetos fueron capaces de completar exitosamente la prueba. Por el contrario, el 40% restante no pudieron concluir la prueba sin que el robot Moway chocara con alguna de las paredes del laberinto.

Debido a que las colisiones se consideraron como motivo de fracaso se realizó una clasificación de los choques de los robots Moway contra las paredes de la maqueta. Así pues, se encontró que el 75% de los choques fueron al dar una vuelta, es decir el usuario accionaba la acción de girar a tiempo cuando iba a llegar a la bifurcación de la maqueta o en su defecto la hacían para el lado contrario. El 25% restante fue choque frontal.

Al observar cada sujeto realizando las pruebas, se pudo ver que el principal problema del control de los robots consistió en los tiempos de respuesta del robot.

Los motivos de fracaso en dos de los cuatro casos fallidos del experimento fueron por que los usuarios no pudieron controlar de manera precisa el tiempo de respuesta del robot Moway, es decir, una vez que el usuario mandaba la instrucción, el robot tardaba un poco en ejecutar la acción correspondiente, motivo por el que el Moway terminaba girando en el tiempo incorrecto, sin embargo, este detalle fue explicado en la etapa de pruebas del experimento realizado con cada usuario, por lo tanto no fue por motivos de falta de información.

Además, en una ocasión, un individuo falló el experimento gracias a que hizo que el robot Moway girara hacia el lado incorrecto, ocasionando una colisión inevitable.

Finalmente y como último caso de fracaso, se dio la situación en la que el motivo de fallo del experimento fue gracias a que por intentar concentrarse fuertemente, el usuario ocasionó una desconexión con el sensor cerebral provocando a su vez que el robot no recibiera la orden de girar a tiempo, situación que finalizó en una colisión frontal.

## 6 Conclusiones

Se desarrolló un control remoto a vehículo por medio de una interfaz cerebro-computadora. Este prototipo fue evaluado para conocer si era factible su uso con usuarios reales.

Gracias al experimento llevado a cabo y a los casos de éxito con resultados favorables, se puede concluir que sí es posible la utilización de los sensores cerebrales para el manejo de automóviles autónomos. Sin embargo es una posible aplicación que requiere de más estudio y de un sensor con mayor precisión.

Analizando el factor de la precisión es importante señalar que durante este trabajo se utilizaron vueltas fijas, es decir, el robot al recibir la orden de vuelta ejecutaba un giro de 90 grados sobre su propio eje y después continuaba avanzando, por lo que la factibilidad de uso se reduce a sólo vueltas de 90 grados. Otro factor de precisión que debe ser mejorado es el tiempo de respuesta entre la señal del sensor cerebral y la ejecución de la orden por el robot, ya que esta no es inmediata con las librerías utilizadas en este desarrollo.

Además de la precisión, otro elemento que se debe considerar para trabajos futuros son los otros indicadores del sensor cerebral, ya que por ejemplo, el Mindwave Mobile es capaz de percibir 4 señales del cerebro, las cuales fueron difíciles de controlar por los usuarios a un nivel estable.

Finalmente se tiene que mencionar el hecho que el sensor cerebral usado en este trabajo no es el único aparato de su tipo que existe, puesto que en el mercado están disponibles otros productos similares y que en ocasiones otorgan más posibilidades de uso así como una mayor precisión; dichos sensores posiblemente puedan otorgar un mejor control del robot Moway y producir así, resultados más favorables.

**Agradecimientos.** Este proyecto fue parcialmente financiado por PROMEP 2010 por medio del proyecto de fortalecimiento de cuerpos académicos “UCOL-CA-54 Redes y Telecomunicaciones” y por PREXOEES 2014.

## Referencias

- [1] A. Astaras, N. Moustakas, A. Athanasiou, y A. Gogoussis, “Towards Brain-Computer Interface Control of a 6-Degree-of-Freedom Robotic Arm Using Dry EEG Electrodes”, *Adv. Hum.-Comput. Interact.*, vol. 2013, pp. 1–6, 2013.
- [2] A. Athanasiou y P. Bamidis, “A review on brain computer interfaces: contemporary achievements and future goals towards movement restoration”, *Aristotle Univ. Med. J.*, vol. 37, núm. 3, pp. 35–44, 2010.
- [3] B. Allison, J. Millan, y A. Nijholt, “Future Directions in Brain/Neuronal Computer Interaction (BNCI) Research”, en *Proceedings of the BCI Meeting 2010*, Asilomar, Ca, USA, 2010.
- [4] L. F. Nicolas-Alonso y J. Gomez-Gil, “Brain Computer Interfaces, a Review”, *Sensors*, vol. 12, núm. 12, pp. 1211–1279, ene. 2012.
- [5] moWay, “Microbot moWay”, 2007. <http://moway-robot.com/en/>.
- [6] D. Calderón Martínez, “Procesamiento de ondas cerebrales con microprocesador ARM para control de coche teledirigido”, 2016.

[7] I. Angulo, J. Angulo, S. Romero, y I. Ruiz, “Competencias y Habilidades Con El Robot ‘Moway’”, 2008.

[8] F. Jonquire, *Moway Library*. 2014.