

Estudio del estado del arte para el desarrollo de un motor gráfico que utilice Interfaz Cerebro-Computadora (BCI) para el aprendizaje de las TI

VALENCIA-GARCÍA, Alejandro*†, JUAREZ-SANTIAGO, Brenda, CORTÉS-GARCÍA, Alicia y VELAZQUEZ-GACHUZO, Erick.

Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Vista Hermosa, Qro., México

Recibido Octubre 3, 2016; Aceptado Noviembre 17, 2016

Resumen

En este trabajo se presenta el estudio del estado del arte para el desarrollo de un motor gráfico que utiliza BCI para el aprendizaje de las TI. En la actualidad las personas con discapacidad motriz no tienen acceso al aprendizaje de las Tecnologías de la Información en las Instituciones Educativas, y se carece de las herramientas adecuadas para la enseñanza. Una adecuada alternativa para ellos es el desarrollo de un motor gráfico que permita a un usuario interactuar con dispositivos informáticos sin necesidad de usar sus extremidades superiores; es por ello que en este proyecto se desarrollará el estado del arte con miras a desarrollar un prototipo que mediante el uso de interfaces cerebro computadora (BCI) resuelva esta problemática. La metodología a utilizar será:

1. Búsqueda de información, se realiza investigación en referencias electrónicas (elsevier), referencias bibliográficas.
2. Adquisición de materiales.
3. Estudio e investigación de los dispositivos inalámbricos de emisión de electroencefalograma (EEG).
4. Elaboración del estado del arte.

Con este proyecto se busca la inclusión de personas con discapacidad motriz en el uso de las nuevas tecnologías de la información.

Motor gráfico, interfaces cerebro computadora (BCI), aprendizaje de las TI

Citación: VALENCIA-GARCÍA, Alejandro, JUAREZ-SANTIAGO, Brenda, CORTÉS-GARCÍA, Alicia y VELAZQUEZ-GACHUZO, Erick. Estudio del estado del arte para el desarrollo de un motor gráfico que utilice Interfaz Cerebro-Computadora (BCI) para el aprendizaje de las TI. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S 2016, 2-6: 5-11

Abstract

In this paper we study the state of the art for developing a graphic engine that uses BCI for the learning of IT. At present people with motor disabilities do not have access to the learning of Information Technology in Educational Institutions, and lacks the right tools for teaching. A suitable alternative for them is the development of a graphics engine that allows a user to interact with computing devices without using their upper extremities; In this state of the art project will be developed a prototype using brain computer interfaces (BCI) to solve this problem The methodology to be used is:

1. Finding information, research on electronic references (Elsevier), bibliographic references
2. Acquisition of materials.
3. Study and research of wireless devices emitting electroencephalogram (EEG).
4. Developing of the state of the art.

This project seeks inclusion of people with motor disabilities in the use of new information technologies.

Graphic engine, Brain - Computer interfaces, Learning of IT

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: acvalenciag@utsjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las interfaces cerebro-computador (en inglés Brain Computer Interfaces (BCI), constituyen una tecnología que se basa en la adquisición de ondas cerebrales para luego ser procesadas e interpretadas por una computadora. Establecen el camino para interactuar con el exterior mediante nuestro pensamiento ya que estas interfaces permiten transformarlos en acciones reales en nuestro entorno.

El origen de las tecnologías BCI nació con el descubrimiento de la naturaleza eléctrica del cerebro. El científico Richard Caton en 1875 usó un galvanómetro para observar impulsos eléctricos en la superficie del cerebro vivo de algunos animales.

Años más tarde, Hans Berger dio continuidad al trabajo de Caton y consiguió registrar la actividad cerebral mediante la electroencefalografía siendo en 1924 el primero en registrar un EEG de un cerebro humano. Mediante análisis de EEG, Berger consiguió clasificar las diferentes ondas cerebrales, por ello las ondas Alfa (8-12Hz) también se denominan ondas Berger.

Hubo que esperar hasta 1970 para que se iniciara la investigación de los primeros dispositivos BCI en la Universidad de California, Los Ángeles (UCLA) con una beca de la Fundación Nacional de Ciencia seguida por un contrato de DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). El campo de investigación BCI se ha centrado principalmente en fines médicos, como la implantación de prótesis neuronales para poder recuperar la audición, vista o movilidad dañadas en un individuo. Las primeras prótesis desarrolladas fueron en 1990.

En la primera década del siglo XXI la investigación además de en fines médicos, se centró también en la industria de los videojuegos y se introdujeron en el mercado las primeras interfaces cerebro ordenador no invasivas. [1]

La siguiente figura describe el proceso de las etapas que se realizaron para el desarrollo de los resultados del estado de arte.



Figura 1 Etapas del proceso de metodología del Estado del Arte

Modelo funcional de las Interfaces Cerebro – Computadora (BCI)

El principio de funcionamiento básico de las interfaces cerebro computadora, se puede apreciar en el siguiente diagrama:

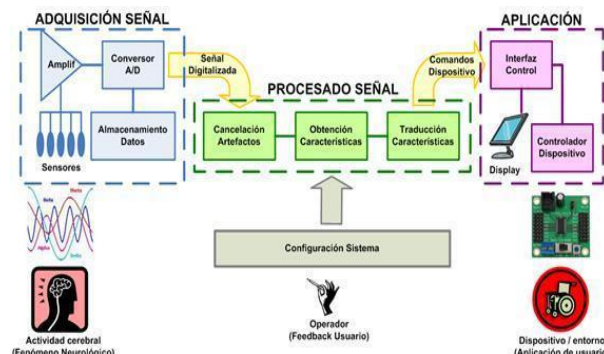


Figura 2 Diagrama de Bloques de una Interfaz Cerebro Computadora

Adquisición de la señal. Bloque donde se adquiere la señal, se amplifica y se le realiza la conversión Analógica/Digital. Normalmente los sistemas BCI trabajan a tiempo real, pero opcionalmente también se incluye la posibilidad de registrar la señal obtenida para un estudio posterior de ésta.

Procesado de la señal. En ese bloque se extraen las características de interés de la señal digitalizada para que el dispositivo sobre el que el usuario está actuando sea capaz de interpretar sus órdenes. En este bloque se distinguen 3 etapas:

Cancelación de artefactos. Aquí se eliminan los ruidos que provienen de otras actividades bioeléctricas como los movimientos musculares (estas actividades se denominan artefactos) que distorsionan la señal. Algunos dispositivos consideran de utilidad las señales de los artefactos y no incluyen esta etapa.

Obtención de características. Se traduce la señal de entrada en un vector de características en relación al fenómeno neurológico asociado a la señal.

Traducción de características (decodificación), donde se transforma el vector de características a una señal de control adecuada para el dispositivo que se quiere controlar.

Aplicación. Es el bloque en el que se recibe la señal de control y realiza las acciones correspondientes en el dispositivo a través del controlador del mismo.

Configuración. Se permite al usuario definir los parámetros del sistema. [3]

Clasificación de las Interfaces Cerebro – Computadora (BCI)

Las Interfaz Cerebro-Computadora se pueden dividir en invasivas, moderadamente invasivas y no invasivas. Las BCI invasivas utilizan electrodos que son implantados directamente en el cerebro mediante un procedimiento quirúrgico. Estas interfaces permiten obtener mediciones más precisas de la actividad cerebral.

Las BCI moderadamente invasivas, como la electrocorticografía son implantadas dentro del cráneo, por lo regular por encima del cerebro.

Las BCI no invasivas registran señales cerebrales del cuero cabelludo, la mayoría de ellas están basadas en la electroencefalografía (EEG). Aunque son susceptibles al ruido y a distorsión de la señal, son fácilmente medibles. Además, las interfaces basadas en EEG son relativamente de bajo costo y menor riesgo. [2]

Existen distintos métodos para monitorizar la actividad cerebral:

- Electroencefalografía (EEG)
- Magnetoencefalografía (MEG)
- Tomografía por emisión de positrones (PET)
- Resonancia magnética funcional (fMRI)
- Imagen óptica.

Tanto PET como MEG, fMRI e imagen óptica exigen una tecnología sofisticada y costosa y las tres últimas, además, dependen del flujo sanguíneo con unas constantes de tiempo largas lo que no les hace idóneas para comunicación en tiempo real.

EEG tiene una respuesta temporal adecuada, es barata y pueden funcionar en cualquier entorno [4]

Tecnología para las Interfaces Cerebro – Computadora (BCI)

El principio de funcionamiento básico de una BCI es medir la actividad cerebral, procesarla para obtener las características de interés de la señal, y una vez obtenidas, usarlas para interactuar con el entorno de la forma deseada por el usuario.

Es importante señalar en este punto que se entiende por BCI a una interfaz hombre-máquina que utiliza para su funcionamiento únicamente información obtenida del sistema nervioso central y en particular del cerebro (es decir, actividad puramente cerebral). Un aspecto fundamental es entender la generación del proceso de actividad cerebral, y modalidad elegida para medirla.



Figura 3 Visión de las partes del encéfalo

La BCI vista como máquina que traduce intenciones humanas en acciones tiene al menos 3 partes diferenciadas:

Sensor. Es el encargado de recoger la actividad cerebral

Motor de procesamiento de señal. Este módulo recoge la señal resultada de medir la actividad cerebral.

Aplicación. Es el módulo de interacción con el entorno y da forma a la aplicación final de la BCI.

Toda BCI tiene asociada un motor de procesamiento de señal encargado de extraer el proceso neural, de base de la señal. Este proceso es totalmente dependiente de la modalidad de medida elegida (Sensor), y es la parte más compleja del diseño dado que como toda interfaz desea que sea rápida y con una gran precisión.

Algunos proyectos realizados con BCI no invasivos son:

- a) Brain2Robot. el objetivo es integrar la tecnología BCI con la tecnología con un eye tracker, para mover un brazo robótico asistente de una persona discapacitada en tareas diarias.
- b) TOBI. Orientado a desarrollar tecnología práctica para el desarrollo de prototipos orientados a BCI, que además se pueden combinar con otro tipo de tecnología de asistencia, para mejorar la calidad de vida, de gente con discapacidad motora.
- c) Brain. El objetivo es desarrollar herramientas de asistencia práctica, para mejorar la inclusión de personas con un amplio rango de discapacidades.
- d) HIVE. Permite desarrollar paradigmas para diseñar, desarrollar y testear una nueva generación de tecnologías no invasivas.
- e) TUBINGEN Alemania, Comunicación para pacientes reales con parálisis cerebral y esclerosis amiotrófica lateral. [5]

Plataformas de software para el desarrollo de sistemas BCI

Las plataformas de software orientadas específicamente deben ofrecer funcionalidades y herramientas que permitan implementar cada una de las etapas o módulos, que componen un sistema BCI.

En la tabla 1 se muestran plataformas de software para desarrollo e implementación de sistemas BCI

Plataforma	Sistema Operativos	Licencia
BCI2000	Windows -OSX	GPL
OpenViBE	Windows-Linux	LGPL
BCILAB	Windows-OSX-Linux	GPL
BF++	Windows	Free

Tabla 1 Plataformas Software Desarrollo BCI.

BCI2000: Es una plataforma de software de propósito general para la investigación en BCI. También se puede utilizar para una amplia variedad de adquisición de datos, la presentación del estímulo y aplicaciones de monitoreo de las ondas cerebrales.

OpenViBE: Consiste en un conjunto de módulos de software que se pueden integrar con facilidad y eficiencia para desarrollar BCIs completamente funcionales.

BCILAB: Se especializa en pruebas en tiempo real, la evaluación de nuevas aplicaciones BCI, y la comparativa de los métodos de BCI. El diseño de BCILAB está menos centrado en aplicaciones clínicas/comerciales, aunque hay versiones compiladas de BCILAB que están disponibles para ejecutar versiones independientes para BCI.

BF++: Su objetivo es proporcionar herramientas para la aplicación, modelado y análisis de datos de los sistemas BCI. Esta plataforma se ha ampliado recientemente al añadir comportamiento dinámico y una descripción del modelo de uso de los diagramas de secuencia de UML.

Dispositivos BCI y su funcionamiento

V-Amp. Éste es un sistema que sirve para capturar las señales electroencefalográficas y unido con BCI2000 permite guardar estas señales en ficheros que pueden ser tratados de manera offline. Se trata de un producto de Brain Products GmbH en colaboración con Vision LLC.

El sistema se alimenta mediante un conector USB y como el nombre indica trabaja con 16 electrodos.

ActiCAP. El actiCAP lo conforman unos electrodos que están destinados a aumentar las investigaciones de EEG. Dependiendo en la zona en la que se quiere focalizar a la hora de adquirir la actividad cerebral, estos se colocarán en un orificio o en otro. En total actiCAP tiene 32 posiciones en las que se pueden poner estos electrodos.

Epoc +. Este dispositivo cuenta con SDK para desarrollar aplicaciones sobre Windows y varios aplicaciones desde el sitio para probarlo (Cortex Arcade, Neurokey, Mind Photo Viewer, NeuroVault, etc). A diferencia de los otros dispositivos BCI existentes el Emotiv EPOC cuenta con 14 electrodos y un sensor giroscópico.

Motores gráficos con BCI para el aprendizaje

Las plataformas de hardware para BCI comúnmente utilizadas requieren del uso de una PC para implementar los algoritmos que permiten comandar un determinado equipo en función de las señales de EEG disponibles.

Estos equipos consisten básicamente en un amplificador de EEG y un adquisidor que se conecta a una PC a través de una barrera de aislamiento.

Estas BCI, denominadas “de escritorio”, que en general cuentan con un gran número de canales (32,64 y hasta 128 canales) se utilizan en ensayos con procesamiento off-line.

Las desventajas de este tipo de BCI son:

1. El hecho de que las interfaces sean cableadas quita movilidad al usuario que debe permanecer junto al amplificador y la PC, rodeado por cables.
2. Se requiere el uso de una PC para implementar los algoritmos que procesan los ritmos cerebrales online.
3. El tamaño de las plataformas es grande (amplificador + ADC), lo cual impide que el usuario lo pueda cargar en su vestimenta.

Como ventajas de este tipo de plataformas podemos mencionar:

1. Cuentan con un gran número de canales.
2. Los registros de EEG se pueden almacenar en la PC independientemente del procesamiento online que la ICC esté realizando. [5]

Ante la ubicuidad de las TICs, una persona invierte cada vez más tiempo interactuando con dispositivos computacionales y se ve inundada por volúmenes de información cada vez mayores. Sin embargo, el ser humano tiene un límite en sus capacidades cognitivas (memoria, aprendizaje, comprensión, atención, capacidad de juicio), determinado por diversos factores como la fatiga, el ambiente, la complejidad de las tareas y el nivel de estrés.

Los sistemas de cognición aumentada exploran estrategias para filtrar la información y presentarla al usuario en el momento, y a través del canal, más apropiado tratando de aumentar la capacidad de asimilación y de toma de decisiones.

Conclusiones

Al realizar la búsqueda de trabajos realizados con dispositivos BCI y motores gráficos, se tuvo la oportunidad de identificar los avances que se han realizado, en el ámbito de salud, que ha permitido utilizar los BCI, como técnica no invasiva para el apoyo de terapias de tipo cerebral, o falta de movilidad.

En el ámbito de educación aún hay trabajo por hacer, ya que no se ha probado alguno de estos dispositivos en la enseñanza de las Tecnologías de la Información, por lo cual se requiere de posteriores trabajos de investigación que permitan demostrar la pertinencia de las BCI en este ámbito.

Referencias

- [1] José Luis Martínez Pérez. (2009). Comunicación con computador mediante señales cerebrales. Aplicación a la tecnología de la rehabilitación. Julio 2016, de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Madrid, España Sitio web: http://oa.upm.es/5855/1/JOSE_LUIS_MARTINEZ_PEREZ.pdf
- [2] Tamara Bonaci, Ryan Calo and Howard Jay Chizeck. (2015). App Stores for the brain. Privacy and security in Brain-Computer Interfaces. Julio 2016, de IEEE Technology and Society Magazine Sitio web: <http://brl.ee.washington.edu/wp-content/uploads/2014/05/07128844.pdf>

[3] Diego Ignacio Mallea Lobera. (2012). Extracción y selección de características para un sistema BCI mediante algoritmos genéticos. Mayo 2016, de Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Zaragoza. España. Sitio web: http://www.masterib.es/descarga_memoria_pdf.php?ver=160

[4] Dra. M. D. del Castillo. (2014). Interfaz cerebro-computador para rehabilitación motora y cognitiva: minería de datos de la señal EEG. Julio 2016, de Centro de Automatica y Robótica, CSIC Sitio web: <https://web.fdi.ucm.es/posgrado/conferencias/MaDoloresdelCastillo-slides.ppsx>

[5] Pablo Andrés García, Enrique M. Spinelli y Marcelo A. Haberman. (2009). Plataformas de Hardware para interfaces cerebro computadora. Mayo 2016, de II Jornadas Argentinas sobre Interfaces Cerebro Computadora Sitio web: <http://www.bioingenieria.edu.ar/grupos/lirins/archivos/PDF/jaicc2009.pdf>

[6] José A. Incera D. (2007). Nuevas Interfaces y sus Aplicaciones en las Tecnologías de Información y Comunicaciones. Junio 2016, de Instituto Tecnológico Autónomo de México Sitio web: http://www.unpa.edu.mx/~blopez/Computacion/complementario/anexo6_EvolHCI_nuevasinterfaces.pdf