

Estado del arte en plataformas software para el desarrollo de sistemas Brain Computer Interface

Francisco José Martínez Albaladejo⁽¹⁾, Pedro José García Laencina⁽²⁾ y Germán Rodríguez Bermúdez⁽²⁾

(1) Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM). Doctorando UPCT Tecnología Industrial. Campus de los Jerónimos, 135, 30107, Guadalupe-Murcia (España).

(2) Centro Universitario de la Defensa (CUD) en la Academia General del Aire (AGA), MDE-UPCT. Base Aérea de San Javier, C/Coronel López Peña, s/n, 30720, Santiago de la Ribera (España)
Teléfono: 968278825

Email: fjmartinez@ucam.edu , pedroj.garcia@tud.upct.es, german.grodriguez@gmail.com

Resumen. Este artículo proporciona un análisis de las plataformas software (SW) a disposición del público para el desarrollo e implementación de interfaces cerebro-ordenador (Brain Computer Interfaces, en adelante BCI). Se identifican siete grandes plataformas para BCI y se describen a su vez sus características más relevantes, así como la disponibilidad en diferentes sistemas operativos, licencias, lenguajes de programación y compiladores. Estas siete plataformas son: (1) BCI2000, (2) OpenViBE, (3) BCILAB, (4) BCI++, (5) TOBI, (6) xBCI, (7) BF++. Adicionalmente, se describen otras dos plataformas, (8) Pyff y (9) AsTeRICS, que se emplean para la generación y presentación de estímulos durante la realización de experimentos con sistemas BCI.

1. Introducción

Desde los primeros comienzos de la tecnología BCI en la década de los 70 [1], muchos grupos de investigación han desarrollado esta primera idea en prototipos funcionales, que en la actualidad ya están siendo utilizados fuera de los laboratorios con fines complementarios a los meramente científicos, por ejemplo, en hospitales e incluso en hogares [2]. En los últimos años, y gracias a la disponibilidad de ordenadores personales cada vez más potentes –en cuanto a sus capacidades de cómputo se refiere– y la disposición de entornos de desarrollo software (SW) más versátiles e intuitivos, el número de investigadores en el ámbito de la tecnología BCI ha crecido enormemente.

Las plataformas SW orientadas específicamente hacia el desarrollo de sistemas BCI deben ofrecer funcionalidades y herramientas que permitan implementar cada una de las etapas o módulos que componen un sistema BCI, tales como la adquisición de datos, la extracción de características, la clasificación y los correspondientes módulos de presentación y realimentación (representación gráfica o actuadores). Muchos laboratorios han desarrollado su propio conjunto de herramientas (programas) a lo largo de los años en base a requisitos diferentes, lenguajes de programación y usuarios potenciales.

Estas herramientas suelen ser de código cerrado –es decir, que no está disponible al público para su uso/modificación–, ya que se utilizan principalmente para la creación rápida de prototipos y pruebas internas. Por otra parte, estas herramientas necesitan de una amplia documentación que normalmente no es accesible para otros usuarios, sin previa adquisición y pago del producto.

No obstante, fuera de los laboratorios de empresas privadas, han surgido varias plataformas para BCI que sí están a disposición de científicos o usuarios: están enfocadas a su libre uso disponiendo del código abierto (open source) y licencias GNU públicas, facilitando la modificación y la inclusión de aportaciones de terceros a nuestras creaciones. Incluso muchas de estas plataformas para BCI son a su vez multiplataforma, con lo que no se limitan a sistemas operativos específicos o requieren software comercial. Este artículo proporciona una visión general de las principales plataformas disponibles en la actualidad para BCI.

2. Plataformas SW para BCI

A continuación, en las diferentes secciones de esta apartado se analiza y compara un total de nueve plataformas SW para el desarrollo y la implementación de sistemas BCI (ver Tabla 1).

Tabla 1. Relación de Plataformas SW para el Desarrollo de Sistemas BCI (W, Windows; X, Mac OS X; L, Linux).

| Plataforma | SO | Licencia |
|------------|---------|-----------|
| BCI2000 | W, X | GPL |
| OpenViBE | W, L | LGPL |
| BCILAB | W, X, L | GPL |
| BCI++ | W | GPL |
| TOBI | W, L | GPL, LGPL |
| xBCI | W, X, L | GPL |
| BF++ | W | Free |

2.1. BCI2000

Es una plataforma de software de propósito general para la investigación en BCI [3, 4]. También se puede utilizar para una amplia variedad de adquisición de datos, la presentación del estímulo y aplicaciones de monitoreo de las ondas cerebrales. Esta plataforma está mantenida actualmente por un equipo de seis científicos y programadores, junto con una comunidad de colaboradores que amplían constantemente las capacidades del BCI2000, por ejemplo, añadiendo soporte para nuevos dispositivos BCI. El impacto que BCI2000 ha tenido en la comunidad científica destaca a partir de abril de 2011, donde ha sido adquirido por más de 900 usuarios en todo el mundo o en que un artículo original que describe el sistema BCI2000 [3] se ha citado cerca de 400 veces. Además diversas publicaciones muestran aplicaciones reportadas hasta la fecha utilizando señales de magneto-encefalografía (MEG) y electrocorticografía (ECOG). También ha permitido desarrollar la primera BCI multidimensional utilizando señales de ECoG, el sistema BCI más rápido en los seres humanos, las primeras aplicaciones de la tecnología BCI en pacientes con accidente cerebro vascular crónico, el uso de técnicas BCI para controlar asistencia tecnologías y un largo etcétera. BCI2000 ha permitido desarrollar aplicaciones BCI de ayuda a discapacitados. El éxito generalizado y su continuo crecimiento de la plataforma BCI2000 es una fuerte evidencia de su utilidad.

2.2. OpenViBE

Es una plataforma de software libre y de código abierto para el diseño, prueba y uso de interfaces cerebro-ordenador [5]. OpenViBE consiste en un conjunto de módulos de software que se pueden integrar con facilidad y eficiencia para desarrollar BCIs completamente funcionales. Es difícil estimar con fiabilidad el número de usuarios de OpenViBE, ya que no hace falta registro para descargar y utilizar el software en cuestión, aunque se proporciona la lista en el sitio web que incluye universidades, institutos de investigación y centros médicos de todo el mundo. También se utiliza en una gran variedad de proyectos que incluyen socios industriales o médicos, videojuegos o herramientas de ayuda a personas con discapacidad.

2.3. BCILAB

BCILAB [6] se define como un *'toolbox'* de código abierto basada en MATLAB para la investigación avanzada en BCI. Sus interfaces gráficas y de secuencias de comandos de usuario proporcionan acceso a una amplia colección de métodos establecidos, así como las novedades más recientes. 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.

2.4. BCI ++

Proporciona un conjunto de herramientas para el rápido desarrollo de interfaces cerebro-ordenador y la interacción de persona-ordenador [7]. El primer módulo HIM (módulo de interfaz de hardware) se ocupa de la adquisición de la señal, el almacenamiento, la visualización y el procesamiento en tiempo real. El segundo módulo se llama Aenima y proporciona una interfaz gráfica de usuario (GUI). Destacar la posibilidad de implementación de un sistema BCI basado en Arduino que adquiere hasta 16 canales a 256 Hz, y a su vez muestra cómo implementar nuevos dispositivos. También puede implementarse para tabletas y smartphones.

2.5. TOBI

Es en realidad un conjunto de interfaces que conectan partes de diferentes sistemas BCI [8]. Estas interfaces transmiten los datos en bruto, características extraídas, salidas del clasificador y eventos de una manera estandarizada. Por lo tanto facilita la distribución de la investigación entre diferentes sistemas y plataformas BCI. Los módulos están interconectados por diferentes interfaces, etiquetados como TiA, TiB y TiC (interfaz de TOBI A, B, y C). Cada interfaz transmite determinados tipos de señales que se utilizan en los sistemas BCI. El software de interfaz de usuario se basa en un motor gráfico muy sofisticado que ofrece una experiencia realista al usuario y que garantiza a su vez la versatilidad y eficiencia en el desarrollo de aplicaciones.

2.6. xBCI

Es una plataforma genérica para el desarrollo BCI online [9]. Ofrece a los usuarios una herramienta de desarrollo del sistema fácil de usar y reduce el tiempo necesario para desarrollarlo. De sus características destacamos el diseño extensible y modular sistema, el desarrollo de sistemas basados en GUI o el soporte multiplataforma. La plataforma consta de varios módulos funcionales (componentes), que pueden ser utilizados para realizar un sistema BCI específico. Cada componente es completamente independiente (como un plugin) y pueden ser añadidos o modificados sin necesidad de compilar toda la plataforma, además que pueden ser distribuidos por separado.

2.7. BF ++

Su objetivo es proporcionar herramientas para la aplicación, modelado y análisis de datos de los sistemas BCI. Es altamente escalable y multiplataforma [10]. Está implementado utilizando diferentes lenguajes de programación, tales como C++, XML (Lenguaje de Marcas eXtensible) –para el almacenamiento– y UML (Lenguaje Unificado de Modelado) –para la descripción y documentación–. En BF ++, los dos elementos principales son el transductor, que es responsable de la adquisición de señales neurofisiológicas y su clasificación, y la

interfaz de control, que procesa la salida del clasificador y controla los dispositivos periféricos. Esta plataforma se ha ampliado recientemente al añadir comportamiento dinámico y una descripción del modelo de uso de los diagramas de secuencia de UML.

2.8. Pyff

Es una plataforma para el desarrollo rápido de paradigmas experimentales y la realización experimentos neuro-científicos. Usa Python como lenguaje de programación; es multiplataforma y proporciona la parte específica del BCI correspondiente a la presentación del estímulo [11].

2.9. AsTeRICS

Esta plataforma [12] permite construir de manera fácil y económica lo que se denomina como tecnologías de asistencia, con lo que se trata de un sistema parecido al anterior donde se trata la presentación del estímulo, pudiendo controlar dispositivos diversos como webcam, interruptores, teclados y otros dispositivos conectables a PC.

3. Conclusión

Este trabajo permite a cualquier usuario interesado (investigadores, programadores y usuarios finales) identificar plataformas SW en función de sus necesidades para el desarrollo de sistemas BCI.

4. Referencias

- [1] Vidal, J.J.: Toward direct brain-computer communication. *Annual Review of Biophysics and Bioengineering* 2, 157–180 (1973)
- [2] Sellers, E.W., Vaughan, T.M., Wolpaw, J.R.: A brain-computer interface for long term independent home use. *Amyotrophic Lateral Sclerosis* 11, 449–455 (2010)
- [3] Schalk, G., McFarland, D.J., Hinterberger, T., Birbaumer, N., Wolpaw, J.R.: BCI2000: A General-Purpose Brain-Computer Interface (BCI) System. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 51, 1034–1043 (2004).
- [4] <http://www.schalklab.org/research/bci2000>
- [5] <http://openvibe.inria.fr/>
- [6] <http://sccn.ucsd.edu/wiki/BCILAB>
- [7] <http://www.sensibilab.lecco.polimi.it/>
- [8] <http://www.tobi-project.org/>
- [9] <http://sourceforge.net/projects/xbci/>
- [10] <http://www.braininterface.com/>
- [11] <http://bbci.de/pyff/index.html>
- [12] <http://www.asterics.eu/>