

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TIJUANA

INGENIERIA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES

TALLER DE INVESTIGACIÓN

CARDOSO HEREDIA JOSE ANGEL

INTERFAZ
CEREBRO-COMPUTADORA

JUSTIFICACIÓN

En mi búsqueda por información acerca de tecnología que auxilie al ser humano en la realización de sus actividades decidí investigar una tecnología desconocida por mí hasta el momento llamada INTERFAZ CEREBRO-MÁQUINA. Resultando una información bastante adecuada para mis metas personales y que considero interesante difusión a más público.

OBJETIVOS GENERALES

- Comprender a amplios rasgos el funcionamiento de esta tecnología.
- Investigar los trabajos realizados por estudiosos del tema en la actualidad.
- Investigar las posibles aplicaciones que podría tener esta tecnología en el mundo real.
- Obtener más información acerca de esta tecnología y los progresos que se han logrado en su desarrollo.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías resultan de gran utilidad para el ser humano en la realización de diversas tareas a lo largo de su día a día mejorando la calidad de vida. Sin embargo, la necesidad del hombre por innovar lo lleva a buscar nuevos retos en su búsqueda por el progreso. Así pues nos encontramos con uno nuevo, el desarrollo de una tecnología capaz de operar con el simple hecho de pensarlo, sin necesidad de nada más que ordenarlo mentalmente. Hace unas décadas esta idea parecería cosa de ciencia-ficción, pero en estos días ya existen grupos de personas que han tomado esa fantástica idea y se han propuesto volverla una realidad. Ahora las conocemos como INTERFACES CEREBRO-COMPUTADORA, ya cada día, están más cerca de nuestras manos.

TECNOLOGÍAS DE INTEFAZ CEREBRO MÁQUINA

La idea detrás de este tipo de tecnología es muy simple y al alcance de cualquiera: se trata de conseguir transformar nuestros pensamientos en acciones reales alrededor de nuestro entorno. Estas acciones pueden ir dirigidas a elementos tan sencillos como encender o apagar las luces de nuestra casa, como poder controlar otros aparatos más complejos como sillas de ruedas (Mínguez, 2012) Esta idea parece sencilla pero realmente significa todo un reto debido a la extensa profundización que se debe realizar en diversas disciplinas como la neurociencia, la ingeniería biomédica y las ciencias de computación. El conjunto de éstas hace posible la transformación de simples pensamientos a acciones en el plano físico.

Usualmente esta tecnología se describe por su nombre en inglés: Brain-Computer Interface (BCI) (Mínguez, 2012)

La diferencia que existe entre las tecnologías BCI en comparación con otras, es que ésta se da por medio de una unión natural entre el hombre y la máquina. Por medio de las tecnologías actuales de hombre-máquina, por ejemplo un teclado, podemos convertir nuestros deseos en acciones, sin embargo, nuestro pensamiento debe ajustarse a dichas herramientas, a diferencia de las BCI que traducen directamente nuestro pensamiento a órdenes, ampliando así las posibilidades de la interacción con las tecnologías.

Las BCI se relacionan directamente a la información cognitiva humana, otra diferencia a las interfaces actuales, ya que si el usuario no tiene información de cómo usar una máquina, no podría usarla, sin embargo las BCI codifican la actividad cerebral y su información directamente.

El reto está en codificar los pensamientos del usuario para su aplicación. Las BCI vistas como máquinas que traducen intenciones humanas en acciones tienen al menos tres partes bien identificadas:

1. Sensor: Es el encargado de recoger la actividad cerebral. La gran mayoría de modalidades sensoriales utilizadas en BCI provienen de aplicaciones clínicas, como son el electroencefalograma, la imagen por resonancia magnética funcional, etc.
2. Motor de Procesamiento de Señal: Este módulo recoge la señal resultado de medir la actividad cerebral y aplica unos filtros para decodificar el proceso neurofisiológico que refleja la intención del usuario.

3. Aplicación: Es el módulo de interacción con el entorno y da forma a la aplicación final de la BCI. Puede ser mover un a silla de ruedas o escribir con el pensamiento en una pantalla de ordenador. (Mínguez, 2012)

Todo el trabajo que se realiza actualmente entorno a las BCI va dirigido a alguno de los puntos anteriores. El punto más problemático es el de leer las intenciones del usuario, debido a que cada persona tiene una diferente actividad cerebral y se desenvuelve de manera única. Además, la actividad cerebral en un individuo no es estacionaria, ósea que se mueve constantemente.

Las BCI actualmente se encuentran en desarrollo movilizadas principalmente por el interés que existen con el área del entretenimiento y la medicina. Las empresas que se dedican al desarrollo de videojuegos en su búsqueda por nuevas tecnologías cada vez más realistas y atrayentes para la audiencia, ha apoyado diferentes investigaciones relacionadas con las tecnologías de interface cerebro-computadora.

Por su parte, la industria médica busca reemplazar las actuales prótesis por nuevas con un funcionamiento tecnológico superior que resulte más eficaz y sencillo para el usuario. Existen pacientes cuyas capacidades cognitivas se mantienen intactas pero no así sus terminales nerviosas como resultado de un accidente o diversas enfermedades. En casos de más graves, el paciente pierde toda movilidad y capacidad de interacción con su entorno, quedando atrapado en su propio cuerpo. Con las BCI el paciente podría ser capaz de convertir sus pensamientos en acciones y ganar más independencia.

FUNCIONAMIENTO DE LAS BCI

El sistema nervioso es una red que nos permite recolectar información directamente del medio que nos rodea. La información captada es enviada al cerebro donde es analizada y procesada para decidir el curso de acción en respuesta al estímulo. La unidad básica del sistema nervioso es la neurona, las cuales tienen la capacidad de comunicarse con otras neuronas llevando información de manera rápida y precisa. La información viaja de neurona en neurona hasta llegar a los músculos con una respuesta en base al análisis de la información obtenida. (Mínguez, 2012) El cerebro puede dividirse en

diferentes regiones, cada una con un grado de especialización diferente. El hipocampo es de particular interés en el estudio de las neuronas ya que se ha demostrado que se encuentra envuelto en la acción de recordar información espacial. (MARTIN and Sanz Molina, 2002)

Otro aspecto a considerar en una BCI es el lugar donde se coloca el sensor o dispositivo de medida con respecto al cuerpo humano, es decir, si es de forma invasiva o no invasiva. Esta elección tiene consecuencias importantes de usabilidad, éticas y de diseño del sistema (dado que determina el tipo de proceso neuronal que se puede medir y procesar posteriormente). Si el sensor se coloca de forma que no se realiza una intrusión sobre el cuerpo humano la técnica se denomina no invasiva, siendo estas las más utilizadas en una BCI. Sin embargo, se han usado otras técnicas que requieren realizar una craneotomía (implantes en animales con un objetivo más neurocientífico y de entendimiento del funcionamiento del cerebro, que tecnológico como es el caso de una BCI).

A groso modo hay diferentes niveles de penetración y colocación del sensor que varían desde sistemas que penetran el córtex cerebral (miden neuronas individuales y potenciales locales de campo), hasta el electrocorticograma para el cual se colocan los sensores sobre la superficie del córtex (midiendo la suma de actividad de cientos de miles de neuronas). Más allá de los problemas éticos que tienen estas tecnologías invasivas, está la dificultad de mantener medidas estables en el tiempo debido a que un pequeño movimiento del sensor puede implicar un gran movimiento a nivel celular o local, y la dificultad intrínseca de la eficacia del sensor que sufre un ataque de las defensas del organismo hasta que es inutilizado. (Mínguez, 2012)

La mayoría de las BCI utilizan dispositivos que miden procesos eléctricos dado que uno de los aspectos fundamentales de diseño es maximizar la transferencia de información del cerebro a la máquina. Esta transferencia viene reflejada por la cantidad de procesos que se puedan identificar y para ello son necesarios sensores con la máxima resolución temporal y con capacidad tiempo real. De todas las modalidades la más extendida por su gran adaptabilidad a la problemática de la BCI es el electroencefalograma o EEG, dado que tiene una gran resolución temporal, fácil uso, portabilidad y tiene gran abanico de posibilidades proporcionadas por su extendido uso clínico. El montaje de un sistema de EEG requiere de un gorro que se coloca sobre la

cabeza y usualmente lleva unos sensores integrados para medir diferencias de potencial eléctrico. Para mejorar la conductividad entre el cuero cabelludo y el sensor se coloca un gel conductor (de ahí el nombre de electrodos húmedos). Todos los sensores se conectan a un amplificador que digitaliza la señal y la envía a un computador por ejemplo vía USB.

Actualmente ya hay amplificadores de EEG que funcionan con baterías, con lo que son plenamente portátiles. Sin embargo, una de las grandes barreras de entrada de esta tecnología para el público general es el gel conductor que hay que aplicar para mejorar la conductividad, por lo que uno de los primeros aspectos que están trabajando las empresas relacionadas con estas tecnologías es su eliminación (desarrollo de electrodos secos). (Mínguez, 2012)

Como ya se había mencionado anteriormente, existen diversos factores que influyen en la decodificación de los pensamientos del usuario para poder desempeñar alguna acción por medio de una interfaz cerebro-máquina. La mayoría de las investigaciones se basan en elementos externos, dejando fuera los internos, los que son propios de cada persona. Existen pocos estudios al respecto, pero en ellos se nos muestra que el factor psicológico resulta determinante para la funcionalidad de las BCI.

Eskandari y Erfanian (Sauer et al., 2011) verificaron la influencia de la meditación en el manejo de un BCI y concluyeron que personas que tienen experiencias anteriores con meditación lograban mejores resultados en el momento de discriminar las ondas en relación a las que no lo hacían. Ellos se basan en que la meditación es el proceso natural de la retirada de la atención de factores externos, incluidos los procesos físicos y mentales. La práctica de la meditación podría permitir eliminar pensamientos concurrentes a la propia meditación, inhibición de otros pensamientos, apagar otras estimulaciones y centrarse en el propio acto de meditar. Así, facilita que la persona consiga diferentes estados de la conciencia y la conciencia sin pensamientos durante el desempeño de una tarea mental. Los resultados de su investigación demuestran que hay que ampliar los estudios de BCI a variables del sujeto como ansiedad e imaginación, para que pueda generar de forma fiable un mismo patrón electroencefalográfico en función de los requisitos de las diferentes tareas mentales. (Sauer et al., 2011)

POSIBLES APLICACIONES

Como ya se había mencionado antes, las BCI resultan especialmente fascinantes debido al amplio abanico de posibilidades, que de ser desarrolladas, nos ofrecerían. Actualmente se han realizado estudios y los estimados arrojan que las BCI deberán iniciar en la industria de los videojuegos, ya que posee un amplio mercado y un público bastante participativo. Además, el público de los videojuegos, al utilizar demasiado estos, resultan buenos testadores de estas tecnologías. Quizá de los mayores motivadores de estas investigaciones sea el enorme mercado que tendrían las BCI en materia de salud. Empresas como NeuroSky (Katona et al., 2014), dedican gran parte de su capital y tiempo en el desarrollo de nuevas tecnologías que ayudan al cuidado de la salud utilizando las BCI. Sin olvidarnos de la sorprendente idea de poder manipular mecanismos robóticos mediante una interfaz cerebral con el pensamiento. Ésta resulta el área más emocionante y frustrante de las investigaciones alrededor de las BCI.

En conclusión, las interfaces cerebro-computadora resultan aún un reto abrumador para la tecnología humana, pero de ser alcanzado, sería un punto y aparte en el desarrollo tecnológico para diferentes actividades humanas. Además de la necesidad de contemplar las cuestiones de la ingeniería detrás de esta tecnología, también necesitamos tomar acciones en cuanto a los elementos psicológicos o éticos para poder alcanzar un verdadero progreso.

(Santana et al., 2004) (Gentiletti et al., 2008) (Nicolelis et al., 2002) (Gentiletti et al., 2007) (Richard and Gentiletti, 2007) (González, 2010)

References

- Gentiletti, G. G., Tabernig, C. B., and Acevedo, R. C. (2007). Interfaces cerebro computadora: Definición, tipos y estado actual. In *IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health*, pages 1117–1121. Springer.
- Gentiletti, G. G., Tabernig, C. B., and Acevedo, R. C. (2008). *IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health: September 24th–28th, 2007 Margarita Island, Venezuela*, chapter Interfaces Cerebro Computadora: Definición, Tipos y Estado Actual, pages 1117–1121. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

- González, R. (2010). Sistema de comunicación y control basado en el pensamiento. *Universidad Paul Verlaine de Metz, Poland*.
- Katona, J., Farkas, I., Ujbanyi, T., Dukan, P., and Kovari, A. (2014). Evaluation of the neurosky mindflex eeg headset brain waves data. In *Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), 2014 IEEE 12th International Symposium on*, pages 91–94. IEEE.
- MARTIN, B. and Sanz Molina, A. (2002). *Redes neuronales y sistemas difusos*.
- Mínguez, J. (2012). Tecnología de interfaz cerebro-computador. *Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Facultad de Ingeniería. Modalidad Trabajo de grado*.
- Nicolelis, M. A., Chapin, J. K., et al. (2002). Controlling robots with the mind. *SCIENTIFIC AMERICAN-AMERICAN EDITION*-, 287(4):46–55.
- Richard, M. and Gentiletti, G. (2007). Plataforma experimental de interfaz cerebro computadora orientada al control de sillas de ruedas. In *IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health*, pages 1127–1130. Springer.
- Santana, D., Ramírez, M., and Ostrosky-Solís, F. (2004). Novedades en tecnología de la rehabilitación: una revisión acerca de la interfaz cerebro-computadora. *Revista de neurología*, 39(5):447–450.
- Sauer, L. D. S., Aguayo, L. V., Angevin, R. R., et al. (2011). Variables psicológicas en el control de interfaces cerebro-computadora. *Psicothema*, 23(4):745–751.