



Aunque no son algo nuevo, los sistemas BCI (*Brain-Computer Interface*) nos permiten controlar dispositivos digitales con la mente, como en una historia de ciencia ficción. Probablemente, gracias a esta tecnología, algún día conseguiremos que los cerebros de las personas intercambien información entre sí sin mediar palabra ni ningún otro medio físico de comunicación.

Tradicionalmente, el uso de la mente para interactuar con el entorno pertenecía al ámbito de las ciencias ocultas, es decir, de la denominada parapsicología. A pesar del entusiasmo por el mundo paranormal de los diversos chamanes y gurús de vía estrecha, que siempre han defendido la existencia de otros mundos que están en este poblados por seres sobrenaturales de carácter marcadamente inmaterial, lo cierto es que la ciencia no ha conseguido demostrar -con sus métodos basados en la elaboración de hipótesis construidas sobre observaciones, que posteriormente son sometidas a procesos de verificación- que exista algo más allá del prosaico mundo físico de la materia.

Tampoco hay constancia real de que existan seres humanos con poderes especiales que sean capaces, por ejemplo, de mover objetos con el pensamiento, o que se puedan comunicar con otras personas a través de las ideas, sin mediar palabra o gestos. En el pasado hablábamos de fenómenos como la telequinesis, para referirnos al desplazamiento de objetos mediante una acción a distancia sin la intervención de ningún medio físico conocido, y de la telepatía, como término para definir la transmisión o coincidencia de pensamientos entre personas. Se trata de dos conceptos que habitan en el imaginario de la ciencia ficción... hasta ahora.

La tecnología digital aplicada a la mente nos puede acercar a esos viejos tópicos de lo paranormal, traduciéndolos al lenguaje de la ciencia. Hablamos de los sistemas BCI (*Brain-Computer Interface*) o interfaces mente ordenador, capaces de traducir las intenciones del usuario -sus pensamientos- en comandos de control para dispositivos electrónicos. O, lo que es lo mismo, una tecnología que nos permite interactuar con el medio físico utilizando la mente.

La tecnología digital aplicada a la mente nos puede acercar a esos viejos tópicos de lo paranormal, traduciéndolos al lenguaje de la ciencia

Realmente no es sino una evolución del interfaz hombre máquina, que, poco a poco, acerca la capacidad de comunicarnos con ellas a nuestras formas más básicas de transmitir información. Los primeros ordenadores eran operados con tarjetas perforadas. Luego llegaron los teclados y los complejos lenguajes de programación de medio nivel, todavía cercanos al lenguaje que utilizan las computadoras. -como FORTRAN o COBOL-; aunque la informática realmente acabó por extenderse a todo el mundo gracias a los interfaces gráficos, especialmente Windows, cuyo funcionamiento intuitivo hacía innecesario el tener amplios conocimientos de códigos y comandos para interactuar con un dispositivo.

Más adelante, hemos conocido las pantallas táctiles, especialmente de los *smartphones*, los principales terminales de acceso a las redes en la actualidad, y, muy recientemente, las máquinas inteligentes que, como los altavoces domésticos, entienden el habla humana y son capaces de respondernos utilizando la palabra.

Sin embargo, todo parece indicar que, en un futuro cercano, el interfaz que utilizaremos para controlar los diversos aparatos digitales a nuestra disposición será el propio cerebro humano.

El interfaz cerebro computadora

Se define como BCI -por sus siglas en inglés- a un sistema que permite establecer una conexión directa entre el cerebro y un dispositivo externo. El *brain-computer interface* (BCI) o interfaz cerebro ordenador recoge e interpreta las señales que emite el cerebro humano, y las transmite a una máquina, que está programada para ejecutar comandos asociados a dichas señales. La aplicación más directa de esta tecnología se centra en la sanidad, y, más en concreto, en los ámbitos de la rehabilitación y de la sustitución motora. Sin embargo, las posibilidades que ofrece en distintos campos son inmensas, tanto en el ocio -los videojuegos son un terreno abonado para su utilización-, como en otros que están basados en acciones que pueden ser optimizadas

estableciendo una relación más directa entre la mente y la máquina.

La actividad del cerebro humano se basa en las neuronas. Cuando pensamos, sentimos o nos movemos, las neuronas emiten señales eléctricas. A través de la electroencefalografía (EEG) podemos recoger esa actividad cerebral, amplificarla y enviarla a un algoritmo de inteligencia artificial, que se encarga de interpretarla, y, en su caso, traducirla a una acción, como, por ejemplo, mover un brazo mecánico.

Los algoritmos utilizados por esta tecnología han sido entrenados para asociar la información que suministra el EEG con emociones, expresiones o acciones concretas, y para ejecutar un comando en consecuencia. Esto da lugar a cosas tan espectaculares como poder mover el cursor en la pantalla de un ordenador exclusivamente con el pensamiento. Imaginemos las posibilidades que todo esto puede ofrecer a personas que han sufrido una discapacidad motora.

El brain-computer interface (BCI) o interfaz cerebro ordenador recoge e interpreta las señales que emite el cerebro humano, y las transmite a una máquina, que está programada para ejecutar comandos asociados a dichas señales

Los BCI, a pesar de lo innovador de su planteamiento, no son algo nuevo. La primera vez que fueron registradas ondas cerebrales a través de técnicas EEG fue en 1924 por Hans Berger, el inventor del encefalograma. Y tan pronto como en 1977, se llevó a cabo con éxito el experimento de mover un cursor en una pantalla utilizando la actividad mental.

Un decenio más tarde, en 1988, Stevo Bozinovski, Mihail Sestakov y Liljana Bozinovska consiguen controlar el movimiento de un objeto físico con el cerebro, en concreto, un robot, al que hacen avanzar siguiendo una línea trazada en el suelo. Más recientemente, en 2017, un hombre tetrapléjico, Rodrigo Hübner Mendes, consigue pilotar un coche de fórmula 1 mediante un interfaz BCI. Una larga historia para una tecnología muy prometedora.

Una tecnología en alza

Las predicciones estiman que el mercado global de BCI alcanzará un valor de 1 460 millones de dólares en 2020, lo que implica una tasa de crecimiento anual compuesto de más del 11%, desde el año 2013. El área principal de aplicación es la sanidad, seguido de los videojuegos y el entretenimiento en general, las comunicaciones y el control remoto, y, finalmente, la domótica.

A pesar de las expectativas que despierta este sector, los interfaces cerebro ordenador todavía se hallan en una fase incipiente, y las empresas desarrolladoras de esta tecnología todavía no llevan a cabo un despliegue

comercial extensivo de sus prototipos y experiencias.

El área principal de aplicación es la sanidad, seguido de los videojuegos y el entretenimiento en general, las comunicaciones y el control remoto, y, finalmente, la domótica

Entre las *startups* que trabajan en este terreno, se pueden mencionar los nombres de la israelita BrainQ, orientada a la recuperación de pacientes con daños neurológicos, NextMind, que estudia la aplicación de BCI a equipos de realidad virtual y aumentada (ha presentado un modelo comercial en el CES 2020 de Las Vegas celebrado la primera semana de enero), Cognition, que ha desarrollado un sistema que permite a usuarios con movilidad reducida manejar un ordenador con el uso de la vista, o Emotiv, que ya comercializa cascos para interfaces mente máquina, como Epoc+ o Insight.

Técnicas invasivas y no invasivas

Las técnicas para conectar el cerebro humano a una máquina se diferencian en, por una parte, sí requieren intervención quirúrgica y exigen la instalación de algún tipo de electrodo u objeto similar dentro del cráneo, o si, por otra, se pueden aplicar directamente sin ningún tipo de operación.

Los BCI basados en la lectura de electroencefalogramas son dispositivos no invasivos, pues la actividad cerebral se mide en la superficie del cuero cabelludo. Tienen la ventaja de que no implican ningún riesgo para el sujeto, pero, en cambio, presentan limitaciones en relación a su efectividad, dado que el cráneo debilita y distorsiona las señales procedentes de las neuronas.

En junio del pasado año saltaba la noticia de que investigadores de Carnegie Mellon University habían desarrollado el primer brazo robótico controlado por la mente basado en tecnología no invasiva. La novedad es que se trata de la primera experiencia exitosa al respecto que no ha requerido implantes en el cerebro, y, por tanto, abre un nuevo espectro de posibilidades para pacientes con limitaciones motoras, excluyendo el riesgo que implica para la salud una intervención quirúrgica, además del elevado coste que lleva a asociada.

En el otro extremo se encuentra la iniciativa puesta en marcha por la empresa Neuralink, creada por el fundador de Tesla, Elon Musk, que plantea desarrollar un “lazo neural” (*neural laze*), es decir, una malla de electrodos insertada bajo el cráneo capaz de monitorizar las funciones del cerebro. En concreto, hablan de crear un interfaz cerebro máquina (BMI) para restaurar las funciones motoras y sensoriales, y para tratar desórdenes neurológicos. Neuralink trabaja en un sistema BMI de banda ancha y escalable, capaz de superar las limitaciones que presentan otros interfaces clínicos anteriores.

El prototipo de Musk inserta con absoluta precisión en el cerebro, a través de un robot neurocirujano, racimos de diminutos y flexibles electrodos -hasta 3 072 de ellos-, que constituyen canales de información. El objetivo a largo plazo consiste en llegar a construir una “*capa de superinteligencia digital*” que conecte a los humanos con la inteligencia artificial.

La empresa Neuralink, creada por el fundador de Tesla, Elon Musk, plantea desarrollar un “lazo neural” (neural laze), es decir, una malla de electrodos insertada bajo el cráneo capaz de monitorizar las funciones del cerebro

No obstante, y a pesar de lo prometedora que se muestra esta tecnología, su aplicación no está exenta de riesgos. El cerebro humano es un órgano extremadamente complejo y los sistemas BCI pueden malinterpretar la información recibida de nuestras ondas cerebrales, ejecutando comandos que realizan acciones no deseadas.

Adicionalmente, a pesar de los avances técnicos en la materia, se trata de sistemas incómodos y molestos de llevar, especialmente los dispositivos más invasivos, que pueden generar una sensación de estrés en su portador. También hay que considerar las amenazas relativas a la seguridad y la privacidad, pues, al igual que ocurre con otros servicios digitales, estamos ofreciendo información personal que puede ser apropiada y utilizada sin nuestro consentimiento.

Pensemos, por ejemplo, en la aplicación de los BCI en el marketing, para analizar las reacciones cerebrales de un potencial consumidor ante un producto o servicio. Aquí los dilemas éticos emergen con fuerza.

El futuro permite vislumbrar fenómenos que, como la telepatía, han permanecido hasta ahora en el campo del ocultismo. Ya existen estudios que postulan la posibilidad de establecer la comunicación entre seres humanos directamente mediante la conexión entre las mentes. Un experimento reciente ha conseguido transmitir la actividad eléctrica de los cerebros de dos seres humanos a la mente de un tercero en forma de señales magnéticas, que le indicaban instrucciones para realizar una tarea de una manera determinada¹. La era de la comunicación entre las mentes ha comenzado.