MÉTODO Y SISTEMA PARA LA SINCRONIZACIÓN DE MARCADORES ASOCIADOS A SISTEMAS DE INTERFAZ CEREBRO-COMPUTADOR

CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se relaciona con sistemas de adquisición de señales, particularmente, se relaciona un método y un sistema para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador.

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

Se identifican en el estado de la técnica divulgaciones como US 10,254,785, US 2020,021,835 y US 2021,020,868, los cuales se relacionan con métodos y sistema asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador.

El documento US 10,254,785 divulga un sistema que sincroniza la presentación de estímulos y sondas en un computador con un sistema operativo estándar pero no en tiempo real, sino empleando un reloj de precisión en un microcontrolador integrado de adquisición de datos en tiempo real. El sistema incluye unos elementos emisores/receptores y un software de codificación implementado en un dispositivo de procesamiento para sincronizar estímulos con precisión en el tiempo.

También, el documento divulga que el sistema permite sincronizar una PC que muestra la latencia de operaciones realizadas con el microcontrolador. El cálculo de latencia es realizado luego que el microcontrolador obtiene información desde un biosensor que permite determinar el tiempo de reacción de un sujeto a una señal de estímulo, y transmite dicha información a la PC, y esta última envía la información al microcontrolador.

Además, el documento US 10,254,785 divulga que el sistema incluye un transmisor que transmite una señal de estímulo que es configurada desde la PC. También, el sistema incluye un circuito de codificación adaptado para codificar y determinar una diferencia de tiempo entre la señal de estímulo y la respuesta del sujeto a la señal de estímulo. Asimismo, el sistema incluye un elemento emisor adaptado para transmitir a la PC una señal diferencial codificada que representa el tiempo de reacción del sujeto, y el sistema incluye un receptor complementario adaptado para detectar la señal diferencial codificada. Por su lado, el receptor incluye un circuito de decodificación que decodifica la señal de diferencia codificada para determinar el tiempo de reacción del sujeto, y el receptor proporciona el tiempo de reacción del sujeto al microcontrolador con un reloj en tiempo real para realizar la sincronización con los datos recibidos del biosensor, por ejemplo, datos de un EEG

Por su lado, el documento US 2020,021,835 divulga un método y sistema de entrenamiento mejorado para permitir que usuarios aprendan a controlar sus ondas cerebrales para permitir el uso de BCI. Además, el documento divulga un método de capacitación que disminuye la curva de aprendizaje para usar una BCI. También, cada vez que se realiza un análisis o procesamiento de datos de bioseñales del usuario (como datos de ondas cerebrales), la plataforma del sistema puede generar una instancia de aspectos de la plataforma del sistema para analizar los datos privados de la bioseñal del usuario utilizando parámetros de procesamiento o análisis particulares aplicados durante el análisis o procesamiento, por ejemplo, integración de datos de otros dispositivos y sincronización de eventos con ayuda de datos de ondas cerebrales.

Además, el documento también divulga que una aplicación basada en dispositivo móvil puede aplicar parámetros de canalización para procesar datos de EEG en el dispositivo y se usa para proporcionar información al usuario a través de gráficos de pantalla visuales, comentarios de audio o táctiles. Se generan unas marcas de tiempo de inicio y finalización de una sesión junto con el EEG y se generan perfiles de usuario con un ID de la aplicación y un ID de la sesión del tipo de actividad. Las marcas de tiempo asociadas con las horas de inicio y finalización o los eventos significativos, como los potenciales relacionados con eventos, se envían a la nube. La nube utiliza estas marcas de tiempo para delinear las diferentes partes de un tipo de actividad y se almacenan en el perfil del usuario en la nube, donde cada inicio y final de marca de tiempo se etiqueta con el tipo de evento al que está asociado (por ejemplo, inicio de actividad, fin de actividad, estímulo potencial relacionado con eventos, etc.).

Asimismo, el documento US 2020,021,835 divulga que las características biológicas, como la variabilidad de la frecuencia cardíaca, las lecturas de movimiento de un acelerómetro, el nivel de tensión muscular registrado mediante el análisis de las señales EMG de los músculos faciales o corporales, así como el movimiento de los ojos, se registran con marcas de tiempo que se sincronizan con la grabación del EEG mientras los usuarios se relajan o se concentran. También, el documento divulga que la medición de diversas características de las respuestas cerebrales de un usuario puede incluir, por ejemplo, latencia, amplitud y forma de potenciales relacionados con eventos, potencias de banda de frecuencia y características de espectro de frecuencia EEG en datos de bioseñales, y puede procesarse en el dispositivo un informático por medio de una unidad de procesamiento de bioseñales.

Finalmente, el documento US 2021,020,868 divulga un dispositivo que puede disponerse en la cabeza de un usuario para medir o controlar su actividad cortical y, opcionalmente, para generar estímulos y/o proporcionar información al usuario. También, el dispositivo comprende sensores de EEG configurados para montarse en la cabeza del usuario, un soporte

de sensor y un circuito electrónico flexible ensamblado al soporte de sensor. Además, los sensores de EEG se conectan al circuito electrónico flexible.

Además, el documento US 2021,020,868 divulga un sistema de medición de parámetros fisiológicos que comprende un sistema de control, un sistema de detección y un sistema de estimulación. También, el sistema de detección comprende uno o más sensores fisiológicos y el sistema de estimulación puede comprender uno o más dispositivos de estimulación que incluyen al menos un sistema de estimulación visual. Asimismo, el sistema de control puede comprender un módulo de adquisición configurado para recibir señales de sensor del sistema de detección y un módulo de control configurado para procesar las señales del módulo de adquisición y controlar la generación de señales de estimulación a uno o más dispositivos del sistema de estimulación.

También, el documento US 2021,020,868 divulga que el sistema puede comprender además una unidad de marcado de eventos configurada para extraer segmentos de datos potenciales y extraer segmentos de datos de marcadores de perturbación espectral. Además, el sistema comprende un módulo de reloj que se utiliza para asignar información de tiempo a los datos de las etapas de entrada, salida y procesamiento de datos. La información de tiempo se puede utilizar para garantizar que los datos se procesen correctamente, por ejemplo, los datos de varios sensores se combinan en los intervalos de tiempo correctos y se garantiza un procesamiento preciso en tiempo real de las entradas multimodales de los diversos sensores y para generar comentarios en tiempo real para el usuario

Sin embargo, el estado de la técnica no divulga un método para la sincronización de marcadores en tiempo real. En otras palabras, ninguno de los dispositivos del estado de la técnica ofrece una verdadera sincronización de marcadores asociados a estímulos, y que permitan una verdadera confiabilidad en los datos que son obtenidos de un usuario o paciente en particular.

BREVE DESCRIPCIÓN

La presente divulgación se relaciona con métodos implementados por computador y sistemas para la adquisición de señales. Particularmente, cualquiera de las modalidades aquí descritas permite la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador.

Por ejemplo, los métodos y sistemas acá divulgados pueden tomar como entrada señales adquiridas con equipos relacionados con aplicaciones médicas (v.g., electroencefalogramas, electrocardiogramas), técnicas, bioingeniería, y demás señales cuyo procesamiento permite

extraer datos, que al clasificarlos permiten determinar condiciones técnicas, diagnósticos, y generan beneficios técnicos en su campo de aplicación.

En el caso del campo de la medicina, los métodos y sistemas acá divulgados pueden tomar como entrada señales adquiridas con equipos como tomógrafos, unidades de rayos x, dispositivos de ultrasonidos, electroencefalógrafos y demás equipos y maquinaria que genere una señal que representa información de un ser vivo o persona. De esta manera, los métodos y sistemas acá divulgados permiten asociar marcadores de las señales generadas por estos equipos para caracterizar la señal, y asociar dichos marcadores a unos estímulos que son generados por medio de una unidad de cómputo.

Por ejemplo, la presente divulgación describe un método implementado por computador que permite a un sistema la obtención de señales y la sincronización de marcadores asociados a estímulos para que uno o más entes computacionales realicen posteriormente el procesamiento de los datos.

En una primera modalidad, el método puede comprender una etapa de emitir al menos un estímulo a un módulo de presentación de estímulos por medio de una unidad de cómputo. El estímulo se asocia a un dato de marcador de estímulo y el dato de marcador de estímulo es generado por la unidad de cómputo al realizar un proceso de generación de estímulo que toma como entrada el estímulo y un dato de hora. El dato de hora corresponde a la hora de emisión en tiempo real del estímulo.

También, el método puede comprender una etapa de sincronizar el dato de marcador de estímulo mediante la iteración de una primera subetapa de obtener un dato de señal por medio de un módulo de adquisición de señales y dónde el dato de señal tiene asociado un dato de marca de tiempo.

Asimismo, el método puede comprender una subetapa de obtener un dato de latencia por medio de la unidad de cómputo al realizar un proceso de comparación que toma como entrada el dato de marcador de estímulo y el dato de marca de tiempo.

Adicionalmente, el método puede comprender una subetapa de modificar el dato de marcador de estímulo por medio de la unidad de cómputo al realizar un proceso de sustitución que toma como entrada el dato de latencia.

Además, la presente divulgación también describe modalidades de un sistema que puede incluir un módulo de memoria, un módulo de presentación de estímulos, un módulo de adquisición de señales conectado al módulo de presentación de estímulos, un reloj en tiempo real conectado al módulo de presentación de estímulos y una unidad de cómputo que puede

estar conectada al módulo de memoria, al módulo de presentación de estímulos, al módulo de adquisición de señales y al reloj en tiempo real, y configurada para ejecutar uno o más de las modalidades del método anteriormente descrito.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La FIG. 1 muestra un diagrama de flujo de una modalidad del método para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 2 muestra un diagrama de flujo de una modalidad del método de la presente divulgación, donde el diagrama de flujo ilustra datos y procesos obtenidos y ejecutados en unas subetapas BA) y B) de una etapa b) de dicha modalidad del método.

La FIG. 3 muestra un diagrama de flujo de una modalidad del método de la presente divulgación, donde el diagrama de flujo ilustra datos y procesos obtenidos y ejecutados en unas subetapas BD) y BE) de una etapa b) de dicha modalidad del método.

La FIG. 4 muestra un diagrama de bloques de una modalidad del método para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador de acuerdo con la presente divulgación

La FIG. 5 muestra un diagrama de bloques de una modalidad del sistema para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador de acuerdo con la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente divulgación se relaciona con métodos implementados por computador y sistemas para la adquisición de señales y sincronización de marcadores. Particularmente, cualquiera de las modalidades aquí descritas permite la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador.

Para entender el funcionamiento de la presente divulgación vale la pena mencionar que, durante décadas, los experimentos en la investigación cognitiva se han basado en las computadoras para la recopilación de datos y la interacción de los sujetos. Estos experimentos a menudo dependen de la sincronización precisa de los eventos, por ejemplo, presentar estímulos o medir el tiempo de reacción de un sujeto. Sin embargo, algunos métodos y sistemas utilizados en la recopilación de datos no proporcionan una sincronización precisa.

El estudio de las interfaces cerebro-computadora (BCI) es un área emergente de investigación que comparte muchos principios con la investigación cognitiva. Similar a la investigación cognitiva, se presentan estímulos a un sujeto; y las respuestas de la señal del cerebro del sujeto a estos estímulos se detectan utilizando diferentes métodos de sensores, como, por ejemplo, electroencefalografía (EEG), electrocorticografía (ECoG), o grabaciones de una sola neurona. Sin embargo, un requisito de las BCI es que los estímulos cambien continuamente en función de las mediciones derivadas de las señales neuronales actuales y anteriores, de modo que el usuario pueda aprender a controlar la salida utilizando solo actividad cerebral modulada voluntariamente. Por lo tanto, un sistema BCI debe controlar o detectar la sincronización de eventos, como, por ejemplo, cuando se actualiza el estímulo y el usuario responde a dicho estímulo.

Haciendo referencia a la FIG.1, la presente divulgación describe un método para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador (BCI) que comprende una etapa a) de emitir al menos un estímulo (1) a un módulo de presentación de estímulos (20) por medio de una unidad de cómputo (10), donde el estímulo (1) se asocia a un dato de marcador de estímulo (2), donde el dato de marcador de estímulo (2) es generado por la unidad de cómputo (10) al realizar un proceso de generación de estímulo (30) que toma como entrada el estímulo (1) y un dato de hora (3), y donde el dato de hora (3) corresponde a la hora de emisión en tiempo real del estímulo (1). También, el método comprende una etapa b) de sincronizar el dato de marcador de estímulo (2) mediante la iteración de una etapa b1) de obtener un dato de señal (6) por medio de un módulo de adquisición de señales (50) y dónde el dato de señal (6) tiene asociado un dato de marca de tiempo (7). Asimismo, la etapa b) comprende una subetapa b2) de obtener un dato de latencia (8) por medio de la unidad de cómputo (10) al realizar un proceso de comparación (9) que toma como entrada el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7). Además, la etapa b) comprende una subetapa b3) de modificar el dato de marcador de estímulo (2) por medio de la unidad de cómputo (10) al realizar un proceso de sustitución (10) que toma como entrada el dato de latencia (8).

Haciendo referencia a la FIG. 1, el método comprende la etapa a) de emitir al menos un estímulo (1) a un módulo de presentación de estímulos (20) por medio de una unidad de cómputo (10), donde el estímulo (1) se asocia a un dato de marcador de estímulo (2), donde el dato de marcador de estímulo (2) es generado por la unidad de cómputo (10) al realizar un proceso de generación de estímulo (30) que toma como entrada el estímulo (1) y un dato de hora (3), y donde el dato de hora (3) corresponde a la hora de emisión en tiempo real del estímulo (1)

Se entenderá en la presente divulgación que el estímulo (1) puede ser cualquier señal o indicación que genere una reacción voluntaria o involuntaria en un usuario (35), y/o que le indique al usuario (35) sobre cómo realizar una actividad.

Además, el estímulo (1) puede incluir mensajes luminosos, auditivos, vibratorios, olfativos, y/o combinaciones de los anteriores, que pueden ser emitidos por el módulo de presentación de estímulos (20). Ejemplos de estímulo (1) pueden ser y no limitarse a imágenes, videos, audios pregrabados, mensajes de texto, entre otros.

El estímulo (1) busca generar una reacción en el usuario (35) por medio de información que motive al usuario (35) a realizar un análisis sobre una actividad particular, genere un cambio del estado de ánimo del usuario (35) o permita registrar cualquier actividad cerebral de dicho usuario (35), ya que dicho estímulo (1) no se limita solamente a una indicación para el usuario (35) de realizar cierta actividad. Por ejemplo, el estímulo (1) puede relacionarse a una indicación para que el usuario (35) realice alguna tarea mental de forma consciente, pero también puede ser el propio estímulo (1) el que genere una reacción en el usuario (35) como, por ejemplo, en el caso de estímulos basados en música, imágenes o videos.

Asimismo, en una modalidad de la presente divulgación, el estímulo (1) también pueden ser y no limitarse a estímulos luminosos, táctiles, hápticos, auditivos, vibratorios, kinestésicos, olfativos y/o combinaciones de los anteriores.

También, se entenderá en la presente divulgación que el dato de marcador de estímulo (2) puede ser cualquier dato de tipo temporal que sirva para ubicar relativamente el momento exacto en el que se presentó un estímulo (1) específico al usuario (35) con respecto al tiempo en que se adquieren, por ejemplo, unas señales electroencefalográficas.

Se entenderá en la presente divulgación que el proceso de generación de estímulo (30) consiste en presentar de forma controlada un estímulo (1) de cualquier tipo, al mismo tiempo registrar un dato de hora (3) y con un sensor (70) específico para cada tipo de estímulo (1) ,acoplado al módulo de adquisición de señales (50), capturar la señal que genera dicho sensor (70).

Además, en una modalidad de la presente divulgación, el dato de hora (3) puede corresponder a la hora de emisión del estímulo (1) la cual, a su vez, puede corresponder a un dato de tipo numérico que puede usar el formato estándar Unix.

Haciendo referencia a las FIG. 1 y FIG. 4, el método de la presente divulgación puede comprender una etapa b) de sincronizar el dato de marcador de estímulo (2) mediante la iteración de una etapa b1) de obtener un dato de señal (6) por medio de un módulo de

adquisición de señales (50) y dónde el dato de señal (6) tiene asociado un dato de marca de tiempo (7).

Se entenderá en la presente divulgación que sincronizar el dato de marcador de estímulo (2) consiste en registrar con la mayor precisión posible dos eventos que se relacionan a al menos un estímulo (1) y que ocurren en elementos diferentes, por ejemplo, dos tipos diferentes de máquinas o dos tipos diferentes de sistemas. Un elemento puede ser el módulo de adquisición de señales (50) en el cual se puede ejecutar la adquisición de una o varias señales que pueden corresponder a un dato de señal (6), y otro elemento puede ser el módulo de presentación de estímulos (20), el cual puede encargarse de presentar el estímulo (1) al usuario (35), sin que dependa de una sincronización fuerte con un servidor de reloj de tiempo real. De esta forma, una ventaja es poder obtener una señal en la que los eventos relacionados a los estímulos se pueden localizar con mayor precisión en dicha señal.

También, se entenderá en la presente divulgación que el dato de señal (6) puede ser cualquier señal derivada de un estímulo por medio del sensor (70) que puede estar acoplado al módulo de adquisición de señales (50) sobre la cual se pueda identificar el momento exacto en el que se captura el estímulo (1).

Por otro lado, deberá entenderse en la presente divulgación que el dato de marca de tiempo (7) puede ser una proyección sobre la línea de tiempo de los eventos identificados sobre el dato de señal (6), y cada marca de tiempo (7) puede corresponder al momento exacto en el que se detecta un estímulo (1) y puede estar en formato tipo Unix.

Haciendo referencia a la FIG. 1, la subetapa b1) además puede comprender un paso i) de almacenar en un módulo de memoria (11) conectado a la unidad de cómputo (10) el dato de marcador de estímulo (2), el dato de hora (3), el dato de señal (6) y el dato de marca de tiempo (7).

Una ventaja de almacenar en el módulo de memoria (11) el dato de marcador de estímulo (2), el dato de hora (3), el dato de señal (6) y el dato de marca de tiempo (7) es que dichos datos pueden ser utilizados posteriormente para realizar un procesamiento y análisis de los mismos, ya sea en la unidad de cómputo (10) o por un sistema (60) que utiliza computación distribuida.

Se entenderá en la presente divulgación que el sistema (60) que utiliza computación distribuida puede ser un modelo para resolver problemas de computación masiva utilizando un gran número de ordenadores o unidades de procesamiento organizados en clústeres incrustados en una infraestructura de telecomunicaciones distribuida.

Asimismo, la etapa b) del método de la presente divulgación puede comprender una subetapa b2) de obtener un dato de latencia (8) por medio de la unidad de cómputo (10) al realizar un proceso de comparación (9) que toma como entrada el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7).

Se entenderá en la presente divulgación que el dato de latencia (8) puede ser la diferencia entre el momento en que se registra el dato de marcador de estímulo (2) y el momento en el que el usuario (35) realmente es expuesto al estímulo (1).

También, se entenderá en la presente divulgación que el proceso de comparación (9) puede ser el análisis de cada par de marcador de estímulo (2) y marca de tiempo (7) asociado a un mismo estímulo (1) generado. Dicha comparación consiste en calcular la diferencia de cada par de tiempos y la media de las múltiples diferencias de tiempos adquiridas.

Además, haciendo referencia a la FIG. 2, el proceso de comparación (9) de la subetapa b2) puede comprender ejecutar un paso B A) de calcular la diferencia entre el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7), en donde la diferencia entre el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7) corresponde al dato de latencia (8). Esta diferencia se calcula restando cada par de marca de tiempo (7) y cada marcador de estímulo (2), como ambos están referenciados a un reloj de tiempo real (4) entonces las diferencias van a ser siempre reales y no contendrán valores derivados de sincronizaciones de reloj.

Asimismo, haciendo referencia nuevamente a la FIG.2, la subetapa b2) puede comprender un paso BB) de almacenar el dato de latencia (8) en el módulo de memoria (11).

También, en el método de la presente divulgación, y haciendo referencia a la FIG.1, la etapa b) comprende una subetapa b3) de modificar el dato de marcador de estímulo (2) por medio de la unidad de cómputo (10) al realizar un proceso de sustitución (10) que toma como entrada el dato de latencia (8).

Se entenderá en la presente divulgación que el proceso de sustitución (10) puede ser reemplazar el dato de marcador de estímulo (2) por sus respectivas marcas de tiempo (7).

Además, haciendo referencia a la FIG. 3, el proceso de sustitución (10) de la subetapa b3) puede comprender un paso BD) de generar un dato de marcador sincronizado (15) al sustituir el dato de marcador de estímulo (2) almacenado en el módulo de memoria por el dato de latencia (8) cada que se genera el dato de latencia (8) en la subetapa b2).

Se entenderá en la presente divulgación que el dato de marcador sincronizado (15) puede ser cada uno de los datos de marcador de estímulo (2) con su valor de tiempo real asociado al momento exacto en el que el usuario (35), por ejemplo, un paciente fue expuesto a un estímulo (1) especifico. Una ventaja de la presente divulgación es que el marcador sincronizado (15) puede usarse para apuntar a una señal de electroencefalografía y extraer porciones de interés con alto grado de certidumbre de que la señal extraída contenga la actividad cerebral asociada al estímulo (1).

Además, haciendo referencia a la FIG. 3, la subetapa b3) puede comprender un paso BE) de almacenar el dato de marcador sincronizado (15) en el módulo de memoria (11), donde el dato de marcador sincronizado (15) está asociado al dato de sincronización (5).

Se entenderá en la presente divulgación que si el dato de marcador sincronizado (15) está asociado al dato de sincronización (5), entonces las señales, por ejemplo, señales de electroencefalografía pueden ser correctamente analizadas, particionadas y manipuladas sin incertidumbre sobre la ubicación real de su contenido.

En algunos ejemplos del método acá divulgado, el método para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador incluye uno o más procesos de tratamiento de señales y extracción de datos de librerías como Simulink de Matlab, Pandas, Numby, ScikitLearn, Tensorflow, keras y otras librerías de Python o R Studio, o librerías similares o equivalentes conocidas por una persona medianamente versada en la materia que permitan la sincronización del dato de marcador de estímulo (2) a partir de señales del sensor (70).

Por otra parte, haciendo referencia a la FIG. 5, la presente divulgación también se relaciona con un sistema (200) para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador que puede incluir:

- un módulo de memoria (11);
- un módulo de presentación de estímulos (20);
- un módulo de adquisición de señales (50) conectado al módulo de presentación de estímulos (20);
- un reloj en tiempo real (4) conectado al módulo de presentación de estímulos (20); y
- una unidad de cómputo (10) conectada al módulo de memoria (11), al módulo de presentación de estímulos (20), al módulo de adquisición de señales (50) y al reloj en tiempo real (4).

Además, la unidad de cómputo (10) puede estar configurada para ejecutar uno o más de las modalidades de los métodos anteriormente descritos.

Se entenderá en la presente divulgación que el módulo de presentación de estímulos (20) puede ser cualquier entorno computacional con acceso de red que pueda renderizar una aplicación web, dicha aplicación web presentará los estímulos según las instrucciones de un servidor, a partir de la generación de dicha instrucción transcurrirá un tiempo no predecible hasta que el estímulo (1) es presentado al usuario (35) que corresponde a la latencia (8). Por ejemplo, para el paradigma de imaginación motora en el que el usuario (35) debe imaginar que mueve alguna de sus extremidades, el usuario (35) se sentará frente a un monitor el cual le presentará una pluralidad de estímulos (1) en forma de flechas en la pantalla, cuando el usuario (35) ve una flecha hacia la izquierda deberá entonces imaginar que mueve su extremidad superior izquierda hasta que la flecha desaparezca de la pantalla, de forma homóloga cuando el estímulo (1) corresponde a una flecha hacia la derecha, en este caso el marcador de estímulo (2) se genera en el momento que el sistema decide mostrar una flecha en una dirección predeterminada y el marcador de tiempo (7) se registrará cuando dicho estímulo (1) sea realmente mostrado en el monitor, en este caso el sensor (70) corresponde a un sensor óptico conectado directamente al monitor que está presentando la pluralidad de estímulos (1).

El módulo de presentación de estímulos (20) puede seleccionarse entre cualquier dispositivo que permita generar y almacenar un marcador de estímulo (2) y renderizar alguna instrucción o estímulo al usuario (35). Además, todo sistema computacional o sistema embebido con reloj interno que pueda ser programado puede implementarse como un módulo de presentación estímulos (20).

También, se entenderá en la presente divulgación que el módulo de adquisición de señales (50) puede ser cualquier sistema que permita capturar y registrar señales electrofisiológicas sobre un usuario (35), además, debe almacenar dichos datos y funcionar a una frecuencia de muestreo constante de modo que sea posible asociar referencias de tiempo sobre la señal almacenada.

Asimismo, el módulo de adquisición de señales (50) puede seleccionarse y no limitarse al grupo que incluye acondicionadores de señales de bajo voltaje, acondicionadores de señales de alto voltaje, acondicionadores de señal de señal termopares, acondicionadores de señal RTD, acondicionadores de señal IEPE, acondicionadores de señal de carga, acondicionadores de señal de galga extensiométrica, y/o acondicionadores de señal LVDT.

Por otro lado, se entenderá en la presente divulgación que el reloj en tiempo real (4) puede ser la referencia a cualquier sistema computacional con hora establecida y estable, que tenga implementado en su construcción un circuito integrado que le brinde esta característica de reloj de tiempo real, dicho sistema debería cumplir con una condición, la cual consiste en que aunque el reloj en tiempo real (4) no refleje la hora real, esta última no puede ajustarse al

mismo tiempo que se realice ningún experimento, la principal característica que se usa es la consistencia de la hora por encima de la precisión.

Además, el reloj en tiempo real (4) puede ser seleccionado y no limitarse a RTCs basados en radio, RTCs basados en software y/o RTCs históricos.

Ventajosamente el reloj en tiempo real (4) puede tener una fuente de alimentación o suministro de energía eléctrica alternativa, y no depender del suministro de energía eléctrica que pudiera proporcionarle la unidad de cómputo (10).

Además, el reloj en tiempo real (4) puede generar la base de tiempo real que correspondería a un registro de tiempo independiente del que pudiera generarse por la unidad de cómputo (10). Se entenderá en la presente divulgación que la base de tiempo real puede corresponder a una hora exacta. Además, la base de tiempo real también podría corresponder a una sincronización de tiempo de mayor precisión que la sincronización de la unidad de cómputo (10).
Ventajosamente, la base de tiempo real generada por el reloj en tiempo real (4) permitiría al sistema (200) obtener una mayor precisión del momento exacto en el cual el sistema de presentación de estímulos (20) emite el estímulo (1), ya que lo hace invariante a los problemas que afecten el rendimiento del sistema (200), estos problemas pueden ocasionar, por ejemplo, que a señales de electroencefalografía se les asocien un incorrecto vector de tiempo, lo cual puede conducir a una desincronización irreparable. El reloj en tiempo real (4) asegura que toda desincronización pueda ser correctamente detectada y analizada.

Además, se entenderá en la presente divulgación por módulo de memoria (11), un elemento de hardware que incluye, pero no se limita a, memorias RAM (memoria caché, SRAM, DRAM, DDR), memoria ROM (Flash, Caché, discos duros, SSD, EPROM, EEPROM, memorias ROM extraíbles (v.g. SD (miniSD, microSD, etc), MMC (MultiMedia Card), Compact Flash, SMC (Smart Media Card), SDC (Secure Digital Card), MS (Memory Stick), entre otras)), CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD por las siglas en inglés de Digital Versatile Disc) u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cintas magnéticas, almacenamiento o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar información y a la que se puede acceder por una unidad de cómputo, unidad de procesamiento, o módulo de procesamiento. En los módulos de memoria generalmente se incorporan instrucciones, estructuras de datos, módulos de programas informáticos. Algunos ejemplos de estructura de datos son: una hoja de texto o una hoja de cálculo, o una base de datos.

Por otra parte, se entenderá en la presente divulgación que la unidad de cómputo (10) es cualquier unidad de procesamiento, módulo de procesamiento, o cualquier dispositivo que procesa datos, por ejemplo, microcontroladores, micro procesadores, DSCs (Digital Signal

Controller por sus siglas en inglés), FPGAs (Field Programmable Gate Array por sus siglas en inglés), CPLDs (Complex Programmable Logic Device por sus siglas en inglés), ASICs (Application Specific Integrated Circuit por sus siglas en inglés), SoCs (System on Chip por sus siglas en inglés), PSoCs (Programmable System on Chip por sus siglas en inglés), computadores, servidores, tabletas, celulares, celulares inteligentes, generadores de señales y unidades de cómputo, unidades de procesamiento o módulos de procesamiento conocidas por una persona medianamente versada en la materia y combinaciones de estas.

Una unidad de cómputo (10) puede incluir, además, un dispositivo de visualización y/o un Dispositivo de Interfaz Humana (HID, por las siglas en inglés de Human Interface Device).

Un dispositivo de visualización incluye, sin limitación, este corresponde a cualquier dispositivo que pueda conectarse a una unidad de cómputo (10) y mostrar su salida, se selecciona entre otros de monitor CRT (por las siglas en inglés de Cathode Ray Tube), pantalla plana, pantalla de cristal líquido LCD (por las siglas en inglés de Liquid Crystal Display), pantalla LCD de matriz activa, pantalla LCD de matriz pasiva, pantallas LED, proyectores de pantallas, TV (4KTV, HDTV, TV de plasma, Smart TV), pantallas OLED (por las siglas en inglés de Organic Light Emitting Diode), pantallas AMOLED (por las siglas en inglés de Active Matrix Organic Light Emitting Diode), Pantallas de puntos cuánticos QD (por las siglas en inglés de Quantic Display), pantallas de segmentos, entre otros dispositivos capaces de mostrar datos a un usuario, conocidos por los expertos en la técnica, y combinaciones de estos.

Un dispositivo HID (por las siglas en inglés de Human Interface Device) incluye, sin limitación, teclado, mouse, trackball, touchpad, dispositivo apuntador, joystick, pantalla táctil, entre otros dispositivos capaces de permitir que un usuario ingrese datos en la unidad de cómputo (10) y combinaciones de estos.

Adicionalmente, la presente divulgación se relaciona con un programa de computador que comprende instrucciones, las cuales, cuando se ejecutan en un sistema de acuerdo con cualquiera de las modalidades aquí divulgadas, causa que el sistema ejecute los pasos de cualquiera de las modalidades de los métodos acá divulgados. El programa de computador puede estar escrito en Java, Javascript, Perl, PHP y C++, #C, Python, SQL, Swift, Ruby, Delphi, Visual Basic, D, HTML, HTML5, CSS, y otros lenguajes de programación conocidos por una persona medianamente versada en la materia.

Además, la presente divulgación se relaciona con un medio legible por computador que comprende instrucciones, las cuales, cuando se ejecutan en un sistema (200) de acuerdo con cualquiera de las modalidades aquí divulgadas, causa que el sistema (200) ejecute los pasos de cualquiera de las modalidades de los métodos acá divulgados.

El medio legible por computado puede seleccionarse entre archivos ejecutables, archivos instalables, discos compactos, memorias RAM (memoria caché, SRAM, DRAM, DDR), memoria ROM (Flash, Caché, discos duros, SSD, EPROM, EEPROM, memorias ROM extraíbles (v.g. SD (miniSD, microSD, etc), MMC (MultiMedia Card), Compact Flash, SMC (Smart Media Card), SDC (Secure Digital Card), MS (Memory Stick), entre otras)), CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD por las siglas en inglés de Digital Versatile Disc) u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cintas magnéticas, almacenamiento o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar información y a la que se puede acceder por una unidad de procesamiento.

El medio legible por computador puede ser un conjunto de elementos legibles por computador en los que se dividen o fraccionan instrucciones que al ser ejecutadas por uno o más servidores, o dispositivos computacionales permite llevar a cabo los pasos, etapas, subetapas de un método de acuerdo con cualquiera de las modalidades de los métodos anteriormente descritos en esta divulgación. La división o fraccionamiento de los pasos, etapas, subetapas permite que el servidor o dispositivo computacional que lea las instrucciones del medio legible por computador pueda ejecutar específicamente los pasos, etapas, subetapas que le corresponden dentro de un método de acuerdo con cualquiera de las modalidades de los métodos anteriormente descritos en esta divulgación.

En una modalidad de la presente divulgación, el módulo de presentación de estímulos (20) puede incluir un sensor (70) configurado para obtener el dato de marcador de estímulo (2).

El sensor (70) puede ser cualquier componente electrónico que detecte un estímulo (2) y puede generar una respuesta eléctrica a causa de la detección del estímulo (2).

Por otro lado, el sensor (70) puede seleccionarse y no limitarse al grupo que incluye sensores infrarrojos, sensores de luz, sensores de sonido, sensores de movimiento, sensores táctiles, sensores de olor, sensores de temperatura corporal, sensores de presión y/o combinaciones de los anteriores.

También, cualquiera de las modalidades del sistema (200) de la presente divulgación puede incluir un módulo de comunicaciones configurado para intercambiar datos entre el módulo de memoria (11), el módulo de presentación de estímulos (20), el módulo de adquisición de señales (50), y la unidad de cómputo (10), por ejemplo, mediante un protocolo de comunicaciones.

El protocolo de comunicaciones se puede seleccionar entre el grupo que incluye Bluetooth, WiFi, Radio Frecuencia RF ID (por las siglas en inglés de Radio Frequency Identification),

UWB (por las siglas en inglés de Ultra Wide B-and), GPRS, Konnex o KNX, DMX (por sus siglas en inglés, Digital MultipleX), WiMax y tecnologías/protocolos de comunicación inalámbricas equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia y combinaciones de las anteriores.

También el protocolo de comunicaciones puede ser seleccionado entre AS-i de acuerdo con el estándar internacional IEC62026-2, Bristol Standard Asynchronous Protocol (BSAP) (Protocolo Asíncrono Estándar de Bristol, por sus siglas en inglés), CC-Link Industrial Networks, CIP (Protocolo Industrial Común, por sus siglas en inglés), CAN bus (Red de Area Controlada, por su siglas en inglés) tales como CANopen y DeviceNet, ControlNet, DF-1, DirectNET, EtherCAT, Ethernet Global Data (EGD) (Información Global de Ethernet, por sus siglas en inglés), Ethernet Powerlink, EtherNet/IP, Bus de campo de tipo FINS FOUNDATION (v.g. H1, HSE), GE SRTP (protocolo de transporte de solicitud de servicio, por su siglas en inglés), protocolo HART (Highway Addressable Remote Transducer), Sistema Inteligente Distribuido (Honeywell SDS), HostLink, INTERBUS, IO-Link, MECHATROLINK, MelsecNet, Modbus, Modbus RTU, Modbus ASCII, Modbus TCP/IP o Modbus TCP, Modbus sobre TCP/IP o Modbus sobre TCP o Modbus RTU/IP, Modbus sobre UDP, Modbus Plus (Modbus+, MB+ o MBP), Pemex Modbus, Enron Modbus, Optomux, Process Image Exchange Protocol (PieP) (Protocolo de intercambio de imágenes de proceso, por sus siglas en inglés), Profibus, PROFINET IO, RAPIEnet (Real-time Automation Protocols for Industrial Ethernet) (Protocolos de automatización en tiempo real para ethernet industrial, por sus siglas en inglés) , SERCOS interface, SERCOS III, Sinec H1, SynqNet, o Time-Triggered Ethernet (SAE AS6802).

Ejemplo 1

Un primer ejemplo del método tiene la implementación de paradigmas de Motor Imagery. Estos paradigmas requieren que a un usuario (35) se le presenten un estímulo (1) en un monitor, este estímulo (1) corresponde a una flecha que aparece en 4 direcciones básicas (arriba, abajo, izquierda, derecha) en el monitor. Según el tipo de estímulo (1) el paciente o usuario (35) deberá imaginar que está moviendo la lengua, los pies, el brazo izquierdo o el brazo derecho respectivamente. Dicha imaginación motora se debe mantener por un periodo de al menos 4 segundos. Luego de una sesión de recolección de datos lo suficientemente larga se deben particionar todos los datos y separar las secciones de imaginación motora para cada estímulo (1), como la señal original contiene todos los datos de seguido en un único archivo, es necesario usar un dato de marcador de estímulo (2) sincronizado, por ejemplo, si se usa un conjunto de datos de marcador de estímulo (2) no sincronizado, todo error será acumulativo, es decir, los secciones que se deseen extraer que se encuentran al final del experimento quedaran mal particionados, o incluso traslapados, y no contendrán el período de imaginación motora de interés. Por el contrario, el conjunto de dato de marcador de

estímulo (2) sincronizado garantiza que todos los datos se particionan de forma correcta y se puedan procesar con la mayor certeza.

Ejemplo 2

Un segundo ejemplo del método de la presente divulgación es la implementación con paradigmas de alta latencia. Estos paradigmas requieren que se inspeccione exactamente a los 100, 150 y 300 milisegundos luego de la presentación del estímulo (1), y en caso de no contar con el dato de marcador de estímulo (2) sincronizado sería virtualmente imposible seleccionar los puntos de interés, incluso podrían confundirse entre sí.

Ejemplo 3:

Un ejemplo del sistema (200) para la sincronización de marcadores comprende implementar cualquier paradigma en sistemas de tiempo real, si bien el análisis offline puede ajustarse manualmente cuando existe cierta incertidumbre, cuando se trabaja en sistemas de tiempo real estos datos se deben particionar lo antes posible, y procesar los datos para generar una salida en el menor tiempo. En este caso, el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7) se analizan en el momento en que son generados, y en segundo plano se usa el dato de marcador de estímulo (2) sincronizado para cortar la señal y procesarla.

Se debe entender que la presente divulgación no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador, que comprende ejecutar las siguientes etapas:

a) emitir al menos un estímulo (1) a un módulo de presentación de estímulos (20) por medio de una unidad de cómputo (10), donde el estímulo (1) se asocia a un dato de marcador de estímulo (2), donde el dato de marcador de estímulo (2) es generado por la unidad de cómputo (10) al realizar un proceso de generación de estímulo (30) que toma como entrada el estímulo (1) y un dato de hora (3), y donde el dato de hora (3) corresponde a la hora de emisión en tiempo real del estímulo (1);

b) sincronizar el dato de marcador de estímulo (2) mediante la iteración de las siguientes subetapas:

b1) obtener un dato de señal (6) por medio de un módulo de adquisición de señales (50) y dónde el dato de señal (6) tiene asociado un dato de marca de tiempo (7);

b2) obtener un dato de latencia (8) por medio de la unidad de cómputo (10) al realizar un proceso de comparación (9) que toma como entrada el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7);

b3) modificar el dato de marcador de estímulo (2) por medio de la unidad de cómputo (10) al realizar un proceso de sustitución (10) que toma como entrada el dato de latencia (8).

2. El método de la Reivindicación 1, en dónde donde el estímulo (1) de la etapa a) incluye estímulos luminosos, táctiles, hápticos, auditivos, vibratorios, kinestésicos, olfativos y/o combinaciones de los anteriores.

3. El método de la Reivindicación 1, en dónde donde la subetapa b1) además comprende un paso de:

i) almacenar en un módulo de memoria (11) conectado a la unidad de cómputo (1) el dato de marcador de estímulo (2), el dato de hora (3), el dato de señal (6) y el dato de marca de tiempo (7).

4. El método de la Reivindicación 1, en dónde el proceso de comparación (9) de la subetapa b2) comprende ejecutar los siguientes pasos:

BA) calcular la diferencia entre el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7), en donde la diferencia entre el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7) corresponde al dato de latencia (8);

BB) almacenar el dato de latencia (8) en el módulo de memoria (11).

5. El método de la Reivindicación 1, en dónde el proceso de sustitución (10) de la subetapa b3) comprende ejecutar los siguientes pasos:

BD) generar un dato de marcador sincronizado (15) al sustituir el dato de marcador de estímulo (2) almacenado en el módulo de memoria por el dato de latencia (8) cada que se genera el dato de latencia (8) en la subetapa b2);

BE) almacenar el dato de marcador sincronizado (15) en el módulo de memoria (11), donde el dato de marcador sincronizado (15) está asociado al dato de sincronización (5).

6. Un sistema (200) para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador, que comprende:

- un módulo de memoria (11);
- un módulo de presentación de estímulos (20);
- un módulo de adquisición de señales (50) conectado al módulo de presentación de estímulos (20);
- un reloj en tiempo real (4) conectado al módulo de presentación de estímulos (20); y
- una unidad de cómputo (10) conectada al módulo de memoria (11), al módulo de presentación de estímulos (20), al módulo de adquisición de señales (50) y al reloj en tiempo real (4), y configurada para:

a) emitir al menos un estímulo (1) al sistema de presentación de estímulos (20), donde el estímulo (1) se asocia a un dato de marcador de estímulo (2), donde el dato de marcador de estímulo (2) es generado al realizar un proceso de generación de estímulo (30) que toma como entrada el estímulo (1) y un dato de hora (3), y donde el dato de hora (3) corresponde a la hora de emisión en tiempo real del estímulo (1);

b) sincronizar el dato de marcador de estímulo (2) mediante la iteración de las siguientes subetapas:

b1) obtener un dato de señal (6) por medio de un módulo de adquisición de señales (50) y dónde el dato de señal (6) tiene asociado un dato de marca de tiempo (7);

b2) obtener un dato de latencia (8) al realizar un proceso de comparación (9) que toma como entrada el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7);

b3) modificar el dato de marcador de estímulo (2) al realizar un proceso de sustitución (10) que toma como entrada el dato de latencia (8).

7. El sistema de la Reivindicación 6, en dónde el módulo de presentación de estímulos (20) incluye un sensor (70) configurado para obtener el dato de marcador de estímulo (2).

8. El sistema de la Reivindicación 6, en dónde el sensor (70) se selecciona del grupo que incluye sensores infrarrojos, sensores de luz, sensores de sonido, sensores de movimiento, sensores táctiles y/o combinaciones de los mismos.

9. El sistema de la Reivindicación 6, en dónde el módulo de adquisición de señales (50) se selecciona del grupo que incluye acondicionadores de señales de bajo voltaje, acondicionadores de señales de alto voltaje, acondicionadores de señal de señal termopares, acondicionadores de señal RTD, acondicionadores de señal IEPE, acondicionadores de señal de carga, acondicionadores de señal de galga extensiométrica, y/o acondicionadores de señal LVDT.

RESUMEN

La presente divulgación se relaciona con métodos para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador que comprende una etapa de emitir al menos un estímulo a un módulo de presentación de estímulos por medio de una unidad de cómputo, donde el estímulo se asocia a un dato de marcador de estímulo y el dato de marcador de estímulo es generado por la unidad de cómputo al realizar un proceso de generación de estímulo que toma como entrada el estímulo y un dato de hora. Además, el dato de hora corresponde a la hora de emisión en tiempo real del estímulo. También, el método comprende una etapa de sincronizar el dato de marcador de estímulo mediante la iteración de una primera subetapa de obtener un dato de señal por medio de un módulo de adquisición de señales y dónde el dato de señal tiene asociado un dato de marca de tiempo.

Asimismo, el método comprende una subetapa de obtener un dato de latencia por medio de la unidad de cómputo al realizar un proceso de comparación que toma como entrada el dato de marcador de estímulo y el dato de marca de tiempo. Adicionalmente, el método comprende una subetapa de modificar el dato de marcador de estímulo por medio de la unidad de cómputo al realizar un proceso de sustitución que toma como entrada el dato de latencia.

En otra modalidad de la invención, también se revela un sistema para la sincronización de marcadores asociados a sistemas de interfaz cerebro-computador que comprende un módulo de memoria, un módulo de presentación de estímulos, un módulo de adquisición de señales conectado al módulo de presentación de estímulos, un reloj en tiempo real conectado al módulo de presentación de estímulos y una unidad de cómputo que puede estar conectada al módulo de memoria, al módulo de presentación de estímulos, al módulo de adquisición de señales y al reloj en tiempo real.

FIGURAS

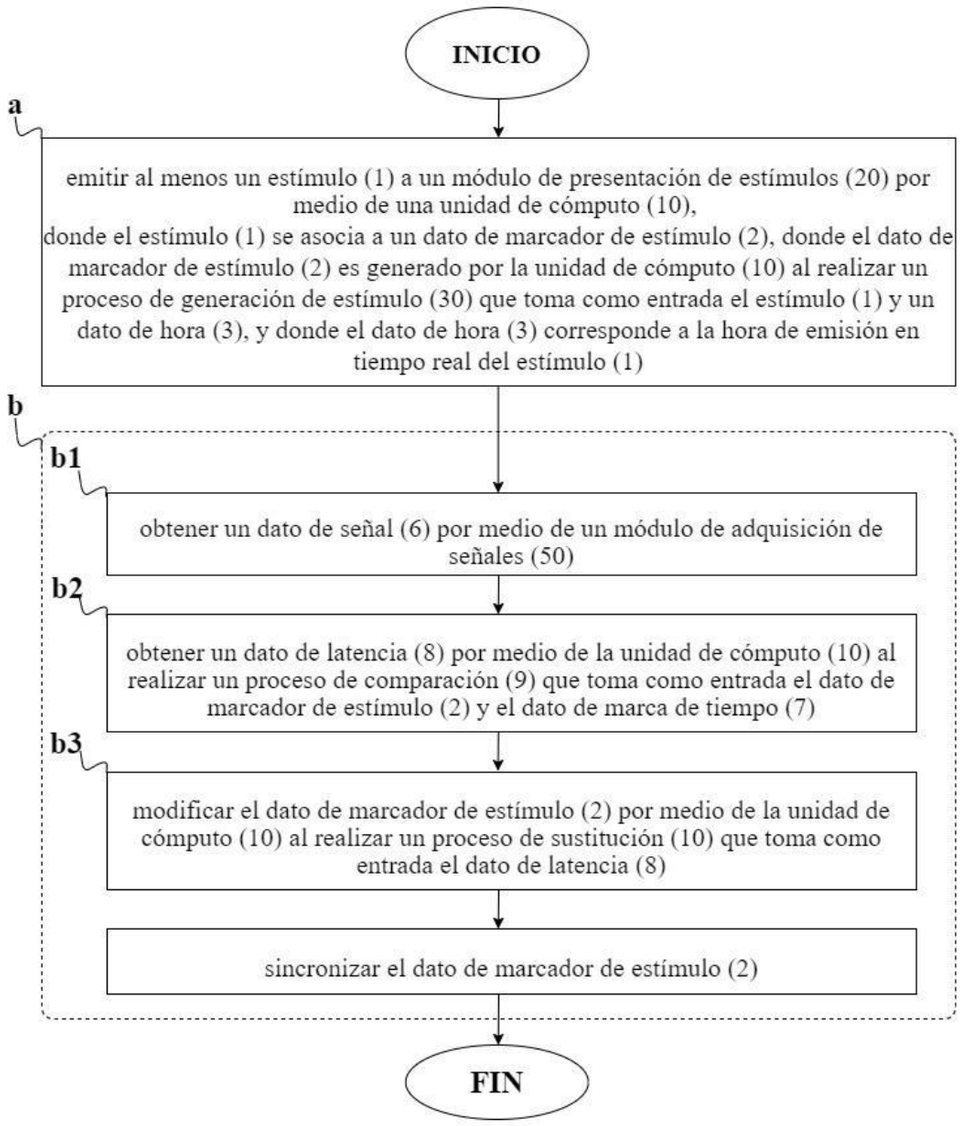

FIG. 1

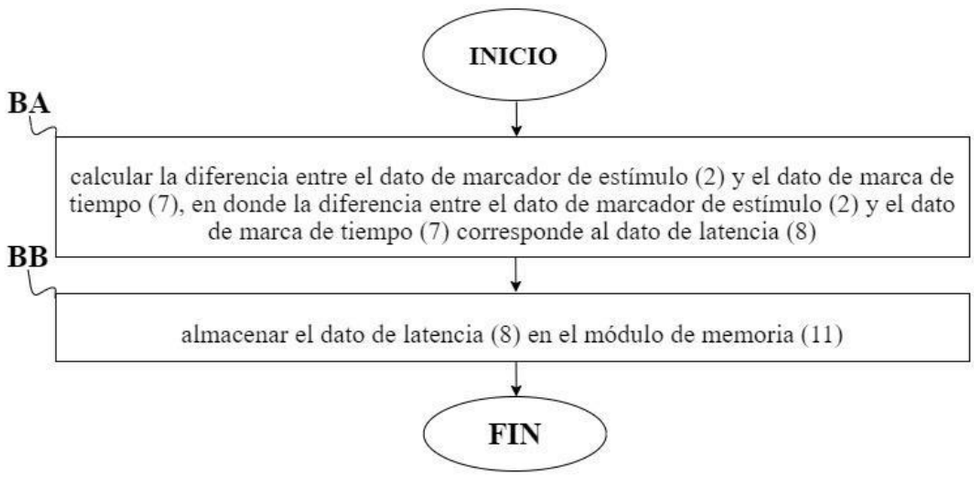
INICIO
BA
calcular la diferencia entre el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7), en donde la diferencia entre el dato de marcador de estímulo (2) y el dato de marca de tiempo (7) corresponde al dato de latencia (8)
BB
almacenar el dato de latencia (8) en el módulo de memoria (11)
FIN

FIG. 2

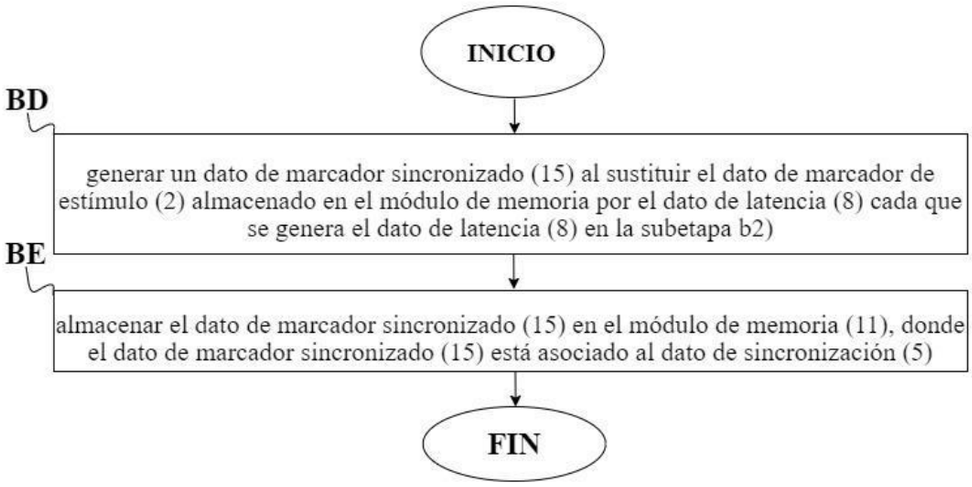
INICIO
BD
generar un dato de marcador sincronizado (15) al sustituir el dato de marcador de estímulo (2) almacenado en el módulo de memoria por el dato de latencia (8) cada que se genera el dato de latencia (8) en la subetapa b2)
BE
almacenar el dato de marcador sincronizado (15) en el módulo de memoria (11), donde el dato de marcador sincronizado (15) está asociado al dato de sincronización (5)
FIN

FIG. 3

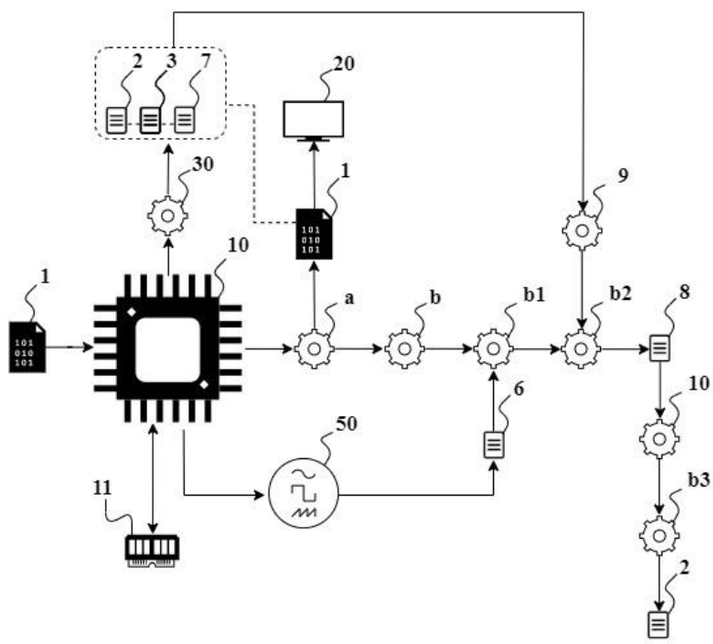

FIG. 4

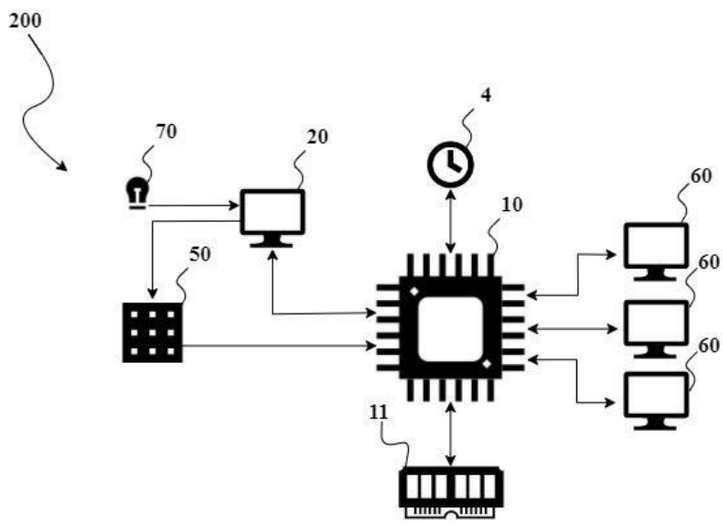

FIG. 5