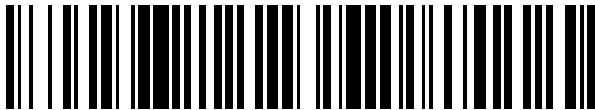


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **3 053 679**

(21) Número de solicitud: 202430541

(51) Int. Cl.:

**A61B 5/11** (2006.01)  
**G16H 20/30** (2008.01)

(12)

## SOLICITUD DE PATENTE

A1

(22) Fecha de presentación:

**28.06.2024**

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

**23.01.2026**

(71) Solicitantes:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA (100,00%)  
C/ Bravo Murillo 38 3º Planta  
28015 Madrid (Madrid) ES**

(72) Inventor/es:

**PORAZ COLLADO, Miguel Ángel;  
SANTOS MARTÍN, Olga y  
MANJARRÉS RIESCO, María Ángeles**

(74) Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

(54) Título: **SISTEMA PARA ANALIZAR UNA ACTIVIDAD FÍSICA**

(57) Resumen:

Un sistema (100) para analizar una actividad física de un usuario (91, 92). El sistema (100) incluye dispositivos vestibles (1, 2) con una unidad de comunicación (11), un procesador (12) para entrenar una red neuronal con datos de entrenamiento, y uno o más sensores (13). Cada sensor (13) puede obtener datos de movimiento y/o datos fisiológicos. El sistema (100) incluye una pasarela (4) en comunicación con los dispositivos vestibles (1, 2) y con una base de datos (5) que contiene información de variables físicas y/o fisiológicas descriptivas de la actividad física. La pasarela (4) genera un modelo de la actividad física que incluye una colección de variables descriptivas, físicas y/o fisiológicas, correspondientes con una o más fases de ejecución de la actividad física. La pasarela (4) genera además un conjunto de datos de entrenamiento. El procesador (12) de uno o más dispositivos vestibles (1, 2) entrena la red neuronal con el conjunto de datos de entrenamiento y determina si los datos de movimiento y/o datos fisiológicos obtenidos por el sensor (13) requieren una respuesta de un actuador (14) para informar al usuario.

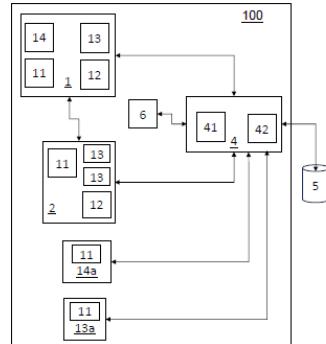


FIG. 1

## DESCRIPCIÓN

### SISTEMA PARA ANALIZAR UNA ACTIVIDAD FÍSICA

#### Campo técnico de la invención

5 La presente invención pertenece a los sistemas de inteligencia híbrida, donde se combina información generada mediante técnicas de inteligencia artificial con información generada por una persona. La presente invención se relaciona con la monitorización, modelado y retroalimentación remota de la actividad física. También se relaciona con dispositivos del Internet de las cosas (IoT).

10

#### Estado de la Técnica

Cada día más usuarios emplean dispositivos vestibles con sensores para analizar una actividad física, principalmente, debido a su accesibilidad y a la reducción de costes de fabricación. Actualmente, se usan dispositivos vestibles principalmente para clasificar

15 la práctica deportiva o la condición físico-sanitaria. Dentro de estas tecnologías vestibles encontramos tanto relojes como pulseras inteligentes, que incorporan, por ejemplo, pulsómetros, oxímetros y / o sensores iniciales que permiten reconocer información sobre la actividad física realizada.

20 Sin embargo, los sistemas para analizar una actividad física actuales están limitados, por lo general, únicamente devuelven una clasificación de movimientos que son excluyentes entre sí y que no pueden ser clasificados de manera simultánea. De esta forma, los sistemas analizan información de la actividad física que realizamos y clasifican si, por ejemplo, un usuario está "andando", "nadando" o "sentado".

Además, los sistemas para analizar una actividad física actuales requieren de 25 conexión remota con servidores externos para analizar la información y para mejorar el sistema, aspecto que puede no ser deseable. Por ejemplo, puede comprometer tanto la integridad como la privacidad de los datos.

De igual forma, los sistemas para analizar una actividad física actuales no permiten incorporar una valoración externa de expertos, por ejemplo, para corroborar si la 30 actividad física realizada ha sido clasificada correctamente.

Los sistemas para analizar una actividad física actuales tampoco permiten incorporar o analizar información que provenga conjuntamente de tecnologías diferentes como son

dispositivos vestibles y dispositivos no-vestibles, como sensores externos o cámaras (termográficas, visibles, etc.).

Tampoco son adaptables en cuanto al tipo de sensores o características que pueden ser incorporados a lo largo de su ciclo de vida, siendo necesario rediseñar los

5 sistemas para analizar una actividad física actuales para que sean capaces de recabar información de nuevos sensores.

Finalmente, los sistemas para analizar una actividad física actuales no permiten personalizar el análisis de la actividad que realiza cada persona de manera individualizada, ni realizan una retroalimentación acorde a la caracterización del tipo 10 de actividad física realizada.

### **Breve descripción de la invención**

Esta invención propone un sistema flexible y versátil que puede extenderse a diferentes escenarios psicomotores, incluidos rehabilitación, educación física

15 deportiva. En rehabilitación, genera retroalimentación con señales personalizadas para trabajar o corregir específicamente un aspecto o una fase de una actividad física. También genera retroalimentación para entrenamiento personalizado para mantener la movilidad, el desarrollo o el mantenimiento de habilidades psicomotoras, etc.

Ante las limitaciones de los sistemas actuales que analizan la actividad física

20 realizada, el sistema aquí propuesto es capaz de analizar de forma integrada la información de una actividad física realizada con múltiples sensores vestibles y sensores no-vestibles (externos) con intervención de uno o más expertos para diseñar e interpretar la clasificación de la actividad física realizada.

Realizaciones preferentes del sistema protegen la integridad y privacidad de los datos

25 recogidos por los sensores evitando su envío. Es decir, los datos de la actividad física se pueden capturar desde diferentes sensores, pero se procesan de forma individualizada dentro de un mismo componente del sistema, preferentemente un dispositivo vestible perteneciente al usuario.

El sistema emplea técnicas de inteligencia artificial híbrida para analizar una actividad

30 física basada en movimientos no-excluyentes. Se combina información generada automáticamente con información obtenida de una persona. Se realiza una clasificación simultánea de movimientos que no son excluyentes entre sí. De esta forma, en lugar de clasificar si una actividad física realizada corresponde con, por

ejemplo, “nadar” o “andar”, la presente invención clasifica la actividad física realizada permitiendo considerar el criterio de un experto externo. El experto puede seleccionar las características relevantes para filtrar unos datos de entre todos los obtenidos por los sensores reduciendo la carga de proceso para analizarlos. Así, la presente 5 invención es capaz de discernir si, por ejemplo, una actividad física realizada durante el ejercicio de “nadar”, se realiza de forma correcta o incorrecta de manera personalizada e individualizada. La actividad física es clasificada como un subconjunto de actividades físicas (fases) que pueden ser “mover los brazos alternativamente”, “avanzar hacia delante”, “desplazamiento en posición horizontal”. Notar que “avanzar 10 hacia delante” podría corresponder también con “andar”.

La presente invención permite analizar en más detalle y mejorar la ejecución de la actividad física que realizamos de forma más específica. Entre sus aplicaciones, se incluyen, aunque no se limitan a, las de rehabilitación física, práctica deportiva y el análisis de patrones motores para la detección precoz de enfermedades que provocan 15 la degeneración progresiva de las células nerviosas o que reducen las funciones cognitivas que están relacionadas con el sistema nervioso.

Realizaciones preferentes del sistema son autoconfigurables y optimizables. Mediante una interfaz, el sistema permite introducir el criterio de una persona experta que diseñe o configure el sistema y valore una actividad física realizada, solucionando de esta 20 forma las limitaciones de los sistemas actuales que analizan y clasifican la actividad física sin esta supervisión.

El sistema objeto de la presente invención incorpora elementos como define la reivindicación 1, a los que se pueden añadir otros elementos opcionales, por ejemplo, en función de las necesidades de la persona o el criterio del experto, o incluso según 25 las características del entorno donde se desarrolla la actividad física. El sistema incluye varios dispositivos vestibles, cada uno con una unidad de comunicación, un procesador para entrenar una red neuronal, y uno o más sensores. Cada sensor puede obtener datos de movimiento y/o datos fisiológicos. El sistema incluye una pasarela en comunicación con los dispositivos vestibles y con una base de datos 30 donde se almacena información de variables físicas y/o fisiológicas descriptivas de la actividad física. La pasarela genera un modelo de la actividad física que incluye una colección de variables descriptivas, físicas y/o fisiológicas. La pasarela genera además un conjunto de datos de entrenamiento para entrenar la red neuronal de uno o más dispositivos vestibles. Con la red entrenada, el procesador del dispositivo vestible 35 determina si los datos de movimiento y/o datos fisiológicos de uno o más sensores

bajo su cargo requiere una respuesta de un tipo o de otro a través de una instrucción a un actuador (local o remoto) para informar al usuario acerca de algún aspecto de la ejecución de la actividad física.

Varios de estos elementos opcionales se recogen en las reivindicaciones dependientes. Ventajosamente, la incorporación de elementos opcionales puede realizarse de forma dinámica optimizando el funcionamiento del sistema o adaptándolo a nuevas circunstancias.

Realizaciones preferentes del sistema proporcionan al usuario una respuesta de retroalimentación múltiple. Una persona que realiza una actividad física puede recibir una respuesta de retroalimentación inmediata sobre aspectos y / o fases de la ejecución de dicha actividad mediante una entrega múltiple, que incluya señales acústicas, visuales o incluso proporcionadas por diferentes elementos de actuación haptica.

Otra ventaja de realizaciones del sistema es que está orientada al uso de dispositivos de bajo consumo, donde por ejemplo no se contemplan servidores para el análisis de los datos que caracterizan la realización de la actividad física, proporcionando soluciones de bajo coste.

Realizaciones del sistema incorporan un modelo de aprendizaje federado que, a diferencia de los sistemas actuales que permiten analizar y clasificar la actividad física a través de un servidor o computadora central, permite que los elementos esenciales y opcionales del sistema colaboren entre sí sin compartir datos privados. Por aprendizaje federado se entiende un enfoque de aprendizaje automático que permite entrenar un modelo centralizado utilizando datos distribuidos en múltiples dispositivos sin necesidad de transferir los datos locales. Con este enfoque el entrenamiento se realiza localmente en cada dispositivo y solo se comparten los parámetros del modelo actualizado.

La posibilidad de incorporar elementos al sistema de forma dinámica aumenta y mejora la versatilidad y contextualización.

### 30 **Breve descripción de las figuras**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte

integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

FIG. 1: Diagrama de bloques según una realización del sistema para analizar una actividad física.

5 FIG. 2: Ejemplo simplificado de un aspecto de una realización del sistema para analizar una actividad física con dos usuarios.

FIG. 3: Ejemplo simplificado de otro aspecto de una realización del sistema para analizar una actividad física con un experto.

FIG. 4: Etapas para configurar según una realización del sistema.

10

### Descripción detallada de la invención

La **FIG. 1** ilustra esquemáticamente un diagrama de bloques según una realización del sistema 100 para analizar una actividad física de un usuario. Las flechas indican 15 comunicación de un elemento hacia otro, ya sea comunicación de datos o de órdenes/instrucciones.

El sistema 100 incluye una pareja de dispositivos vestibles 1, 2. También incluye una pasarela 4 y acceso a una base de datos 5. Opcionalmente, puede incluir un actuador remoto 14a con su unidad de comunicación 11. El actuador remoto 14a puede generar 20 una señal de aviso (p. ej., acústica y/o luminosa) con la que informar al usuario sobre la actividad física que está ejecutando. La base de datos 5 contiene información de variables físicas y/o fisiológicas descriptivas de la actividad física y es preferentemente una base de datos vectorial. Por base de datos vectorial se entiende un sistema de almacenamiento diseñado para gestionar y consultar datos representados como 25 vectores en un espacio de múltiples dimensiones. Con este sistema se pueden realizar búsquedas y consultas basadas en la similitud y proximidad de los vectores.

Cada dispositivo vestible 1, 2 incluye una unidad de comunicación 11, preferentemente inalámbrica, un procesador 12 y uno o más sensores 13. Se pueden dividir los 30 sensores 13 en diferentes categorías. Por ejemplo, una categoría de sensores para captar datos de movimiento (por ej., un acelerómetro, un giroscopio, un magnetoscopio), otra categoría de sensores para medir variables fisiológicas (p. ej., presión arterial, temperatura corporal, pulsaciones cardíacas, ritmo respiratorio, saturación de oxígeno, etc.) y adicionalmente una categoría de sensores para captar

variables físicas del entorno (presión atmosférica, temperatura ambiente, humedad relativa, etc.).

Se propone entrenar el procesador 12 que integra el propio dispositivo vestible 1, 2. El procesador 12 se programa para introducir los datos de los sensores 13 en una red neuronal entrenada con datos de entrenamiento procedentes de la pasarela 4.

La red neuronal implementada en cada procesador 12 del dispositivo vestible 1, 2 proporciona una salida que puede variar, puede ser una etiqueta de clase, un valor numérico, una secuencia de palabras, etc.

Una ventaja del sistema 100 es que permite usar menos recursos para procesar

10 información (por ejemplo, evitando usar en la red neuronal numerosas capas intermedias con fines de activación). Por lo que, tanto el entrenamiento, como la inferencia para analizar la actividad física se puede realizar de forma local por el procesador 12 embebido en el dispositivo vestible 1, 2. Esto garantiza mayor privacidad en la gestión de información personal.

15 Algunas comunicaciones representadas son opcionales como la que se traza entre los dispositivos vestibles 1, 2. Sin embargo, con varios dispositivos vestibles 1, 2 intercomunicados y usando una base de tiempos común, se habilita una red local útil para modelar y analizar el comportamiento del usuario en el dispositivo vestible 1, 2 con mejores prestaciones o empleando técnicas de procesamiento distribuido entre 20 procesadores 12 de dispositivos vestibles 1, 2. Más adelante se detallan aspectos de esta realización.

El propio sistema 100 puede servir para diseñar (a nivel HW o SW) una versión optimizada de sí mismo. Un experto puede acceder a la base de datos 5, mediante 25 una interfaz 6 (teclado, pantalla táctil, etc.) con una unidad de comunicaciones 41 e interactuar con el sistema 100. A través de un modelo fundacional, el experto puede obtener recomendaciones de diseño para elegir la señal de aviso más idónea (p. ej., tipo de señal de respuesta haptica, visual, acústica y/o eléctrica). También permite investigar si debe encargarse a un actuador local 14 y/o a actuador remoto 14a de acuerdo con la actividad física (rehabilitación, entrenamiento, mantenimiento, etc.) y 30 las características del usuario. Por modelo fundacional se entiende un modelo de inteligencia artificial de gran escala que ha sido previamente entrenado con un conjunto muy grande de datos diversos y no específicos. Estos modelos sirven como una base general que puede ser adaptada para tareas específicas mediante ajustes finos.

La **FIG. 2** ilustra esquemáticamente varios elementos de una realización del sistema 100 para analizar una actividad física colectiva de dos usuarios 91, 92, cada uno porta dos dispositivos vestibles 1, 2 con varios sensores locales. Adicionalmente, el sistema 100 incluye dos sensores externos 13a, típicamente cámaras de vídeo (para captar secuencias de imágenes en el espectro visible y/o infrarrojo) y también dos actuadores remotos 14a. Todos los componentes 1, 2, 13a, 14a tienen unidades de comunicación inalámbrica (WiFi, BLE, LoRa, etc.) para intercambiar datos o recibir instrucciones de una pasarela 4 con acceso a la base de datos 5 (base de datos vectorial) sin interferir el desarrollo de la actividad física. Esta pasarela 4 se encarga de configurar previamente los dispositivos vestibles 1, 2. La pasarela 4 XX proporciona un primer conjunto de datos de entrenamiento para entrenar las respectivas redes neuronales de los dispositivos vestibles 1, 2.

Por otra parte, los actuadores remotos 14a pueden ser monitores o altavoces con los que el sistema puede emitir señales luminosas o acústicas diferentes tras determinar que los datos de movimiento y/o que datos fisiológicos obtenidos por los sensores 13, 13a así lo requieren. De forma similar ocurre con actuadores locales 14 (p. ej., táctiles) embebidos en los dispositivos vestibles 1, 2. En ambos casos, se puede avisar en tiempo real al usuario 91, 92 de que alguna secuencia de la actividad física ha sido correcta o incorrectamente ejecutada (o avisar distinguiendo más grados de evaluaciones intermedias) y, por tanto, puede corregirla dinámicamente. Esta retroalimentación a los usuarios se puede configurar de manera flexible por un experto mediante la pasarela 4 con información obtenida de la base de datos 5.

En algunas realizaciones los dispositivos vestibles 1, 2 están comunicados entre sí como nodos en una red. Esto permite que un dispositivo vestible 1, 2 más preparado para procesar se encargue de centralizar la recepción de datos de sensores locales y/o de sensores externos 13a para el procesamiento en su red neuronal.

En algunas realizaciones, la pasarela 4 dispone de capacidad de proceso suficiente para identificar una serie de posiciones tridimensionales de partes corporales del usuario 91, 92 en datos de movimiento de los sensores 13 de dispositivos vestibles 1, 2 o en datos de movimiento del sensor externo 13a. Normalizando las magnitudes medidas y sincronizando los instantes en las se tomaron con una base de tiempos común, la variedad de datos de movimiento recogidos por diferentes sensores 13, 13a es empleada por la pasarela 4 para generar un segundo conjunto de datos de entrenamiento para optimizar el entrenamiento de una o más redes neuronales.

La FIG. 3 ilustra esquemáticamente varios elementos de una realización del sistema 100 para analizar una actividad física de uno o más usuarios (que puede ser igual a la mostrada en la FIG. 2) con un experto 93 que, a través de una interfaz 6, puede configurar varios de los componentes del sistema 100 y supervisar el funcionamiento o modificarlo (sensores en dispositivos vestibles, sensores externos, actuadores de dispositivos vestibles o externos, etc.).

Inicialmente, se parte de la acción de un experto 93 que diseña la actividad física a realizar por las personas con un objetivo prestablecido que va, aunque no se limita, desde el desarrollo de una práctica deportiva determinada o de una sesión de rehabilitación motora.

El experto 93 con la información almacenada en los dispositivos vestibles y/o en los sensores externos, y/o en la base de datos puede seleccionar un primer conjunto de datos de entrenamiento. Típicamente, una colección de valores de variables físicas y/o fisiológicas de una ejecución de referencia de la actividad física (puede ser una ejecución ideal o quasi-ideal de uno o más usuarios). La pasarela 4 dispone de un procesador suficientemente potente para generar un modelo de la actividad física con variables descriptivas, ya sean físicas y/o fisiológicas, asociadas con una o más fases de ejecución de la actividad física. Las fases suelen ser secuencias de movimientos.

Por ejemplo, si la actividad física es una carrera (una sucesión de saltos) se pueden diferenciar tres fases de movimiento: apoyo, impulso y balanceo. Cada fase tiene unas características determinadas en diferentes partes del cuerpo. El apoyo y el impulso corresponden al pie en contacto con el suelo, mientras que el balanceo corresponde al pie en el aire. Ambos pies se alternan y cuando un pie está en recuperación el otro pasa por la fase de apoyo y la fase de impulso. Esta información depende de cada actividad física y es modelada con la supervisión del experto 93 que con ayuda de la información obtenida de la base de datos 5 puede dar instrucciones para seleccionar qué sensores y qué variables de éstos son relevantes en una fase dada de una actividad física particular.

Los dispositivos vestibles entrena su red neuronal con estos datos de entrenamiento facilitados por la pasarela 4. Una vez entrenados, son capaces de determinar, de forma local y autónoma, si los datos de movimiento y/o datos fisiológicos obtenidos por el sensor o sensores que están monitorizando durante el desarrollo de una actividad física son adecuados o no (o una evaluación intermedia), y si requieren una respuesta para notificárselo al propio usuario. Esto implica capturar datos de movimiento (p. ej., información inercial) y clasificar la ejecución realizada por el usuario según el modelo

entrenado por procesador local del dispositivo vestible y analizarla en función de unos criterios para la retroalimentación introducidos de antemano por el experto 93 en una etapa de diseño.

En sucesivas ocasiones, cuando los usuarios usan el sistema, los dispositivos vestibles pueden reentrenarse dinámicamente con información de la ejecución deseada o con nuevos ajustes de entrenamiento. Esto ocurre de forma transparente y automática, no se envía los datos de los sensores, se envía información de entrenamiento a la pasarela (esto es un segundo, tercer o cuarto conjunto de datos de entrenamiento), que la recibe y genera unos nuevos ajustes (con ayuda de la base de datos) que envía a los dispositivos vestibles. Este proceso permite (re)entrenar el modelo en múltiples dispositivos vestibles y permite mantener la privacidad de los datos sensibles, ya que los datos permanecen en su lugar de origen y solo se envían los parámetros asociados a modelos actualizados para mejorar el rendimiento global del sistema.

15

La **FIG. 4** ilustra esquemáticamente un procedimiento 400 para configurar un dispositivo vestible con un conjunto de pasos principales que se explican seguidamente.

En un paso de configuración dinámica 40 se realizan las operaciones siguientes: los sensores que forman parte del sistema y que son capaces de recoger un mismo tipo de información, establecen una comunicación y diálogo síncrono entre sí, donde se determina cuál de ellos (denominado sensor alfa) ofrece una ventaja respecto al resto, como, por ejemplo, cuál de ellos ofrece una mejor precisión, o por ejemplo en función la red neuronal con el mejor resultado tras entrenar varias con unos datos de validación. Mediante este diálogo síncrono, los sensores involucrados envían y reciben mensajes simultáneamente. Cuando el diálogo termina, el sensor alfa queda configurado para recoger información del entorno y el resto de los sensores asumirán un rol de contingencia (sensor respaldo).

El procedimiento 400 sigue, tras el paso de configuración dinámica 40, con un paso de sensado multimodal 41 donde se realizan las operaciones siguientes: cada uno de los sensores alfa es capaz de recoger variables físicas del entorno, con las que se puede representar el comportamiento del usuario. Las señales recogidas por el o los sensores alfa son sincronizadas, normalizadas y homogenizadas.

El procedimiento 400 sigue, tras el paso de sensado multimodal 41, con un paso de modelado dirigido 42 donde se realizan las operaciones siguientes: el sistema, a

través de un modelo fundacional, obtiene información sobre qué subconjunto de datos de entrada son los más adecuados para modelar el comportamiento del usuario. El procesador filtra y entrena una red neuronal con el subconjunto de datos de entrada para modelar localmente el comportamiento del usuario.

5 El procedimiento 400 sigue, tras el paso de modelado dirigido 42, con un paso de supervisión híbrida para modelado 43 donde se realizan las operaciones siguientes: el usuario experto introduce en el sistema, a través de la interfaz (ver figuras 1 o 3), su valoración el comportamiento del usuario que, junto con el modelado proporcionado por el procesador (12) son proporcionados al siguiente paso.

10 El procedimiento 400 sigue, tras el paso de supervisión híbrida 43, con un paso para consultar la remodelación 44. En caso afirmativo sigue un paso para consultar si son necesarios más datos 47. En caso negativo sigue un paso de generación de ayuda multimodal 45 que incluye las operaciones: el sistema, a través de un modelo fundacional, obtiene información sobre qué tipo de entrega de ayuda, qué tipo y qué número de actuadores son necesarios y cuál es el momento más adecuado para realizarla. El sistema, a través de un modelo fundacional, genera una explicación sobre el análisis del modelado.

15 El procedimiento 400 sigue, tras el paso de generación de ayuda multimodal 45, con un paso de supervisión híbrida para generación 46 que incluye las operaciones: el usuario experto introduce en el sistema, a través del interfaz (6), su valoración de la ayuda multimodal generada en el paso anterior, que son proporcionados al siguiente paso. El usuario experto recibe la explicación del análisis que el sistema hace del modelado.

20 El procedimiento 400 sigue, si es afirmativo el paso para consultar si son necesarios más datos 47, con el paso 40 y, si es negativo, sigue con el paso 42 (ambos ya descritos).

25 El procedimiento 400 sigue, tras el paso de 46, con un paso de consulta de regeneración 48 que, si es afirmativo, lleva al paso 45 (ya descrito). Si es negativo, lleva a un paso de entrega de ayuda 49 que incluye las operaciones siguientes: el sistema queda configurado para realizar la inferencia del comportamiento del usuario y proporcionar la entrega de ayuda (mediante avisos) conforme la información recibida del paso anterior. Los actuadores se sincronizan. El sistema también proporciona la explicación de por qué proporciona una entrega de ayuda específica.

30 Las realizaciones anteriores describen aspectos del sistema propuesto que pueden implementarse en particular con un procesador con capacidad de cálculo avanzado y aprendizaje automático, y opcionalmente con un módulo criptográfico para garantizar

una conexión segura a nivel de hardware. Entre las tareas del procesador, están controlar otros componentes, como la unidad de comunicaciones (preferiblemente que permita conexiones inalámbricas) y una memoria local para almacenar datos. También, el procesador controla uno o más sensores embebidos en el propio dispositivo vestible o provenientes de otro dispositivo vestible diferente. El procesador procesa, por ejemplo, los datos de movimiento de carácter inercial tales como velocidad, orientación, fuerzas gravitacionales, o datos del entorno, tales como la presión atmosférica. También puede incluir sensores para medir variables fisiológicas como la frecuencia cardíaca, la actividad eléctrica de los músculos, el nivel de oxígeno en sangre, etc.

El sistema es flexible y puede usarse en multitud de situaciones. Según sea la actividad física específica o las características del usuario, las variables a medir por los sensores pueden variar, también en lo que se refiere a su disposición corporal en el usuario.

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) para analizar una actividad física de un usuario (91, 92) que comprende:

5 - una pluralidad de dispositivos vestibles (1, 2), donde cada dispositivo vestible (1,2) comprende

una unidad de comunicación (11),

un procesador (12) configurado para entrenar una red neuronal con datos de entrenamiento, y

10 al menos un sensor local (13), donde el sensor local (13) está configurado para obtener datos de movimiento y/o datos fisiológicos durante la actividad física del usuario (91, 92);

- una pasarela (4) que comprende una unidad de comunicación (41) para comunicar con los dispositivos vestibles (1, 2) y con una base de datos (5) con información de 15 variables físicas y/o fisiológicas descriptivas de la actividad física,

donde la pasarela (4) comprende un procesador (42) configurado para generar un modelo de la actividad física, donde el modelo comprende una colección de variables descriptivas, físicas y/o fisiológicas, correspondientes con una o más fases de ejecución de la actividad física;

20 donde la pasarela (4) está configurada además para generar un primer conjunto de datos de entrenamiento mediante una colección de valores de variables físicas y/o fisiológicas de una ejecución de referencia de la actividad física obtenida de la base de datos (5),

25 donde el procesador (12) de uno o más dispositivos vestibles (1, 2) entrena la red neuronal con el primer conjunto de datos de entrenamiento y determina, a través de la red neuronal, si los datos de movimiento y/o datos fisiológicos obtenidos por el sensor (13) requieren una respuesta de un actuador (14, 14a) para informar al usuario.

2. El sistema para analizar una actividad física de un usuario (91, 92) según la 30 reivindicación 1, donde un procesador (12) de un dispositivo vestible (1) está configurado para realizar una selección de uno o más sensores (13) de acuerdo con la información de selección recibida de los sensores (13) de los restantes dispositivos vestibles (2) a través de la unidad de comunicación (11), donde la información de selección comprende información sobre la precisión del sensor (13) o información 35 sobre el resultado de un entrenamiento con un conjunto de datos de validación de su red neuronal.

3. El sistema para analizar una actividad física de un usuario (91, 92) según la reivindicación 1 o 2, donde el actuador (14, 14a) produce una respuesta de tipo háptica, visual, acústica y/o eléctrica durante la ejecución de la actividad física.

5

4. El sistema para analizar una actividad física de un usuario (91, 92) según la reivindicación 3, donde el dispositivo vestible (1, 2) comprende un actuador local (14) para generar una respuesta en el usuario.

10 5. El sistema para analizar una actividad física de un usuario (91, 92) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende una interfaz (5) en comunicación con la pasarela (4), donde la interfaz (5) está configurada para recibir instrucciones de un usuario (93) para la pasarela (4) y/o para mostrar información recogida por la pasarela (4).

15

6. El sistema para analizar una actividad física de un usuario (91, 92) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además un sensor exterior (13a) configurado para obtener, a distancia, datos de movimiento durante la actividad física del usuario (91, 92) o variables físicas del entorno.

20

7. El sistema para analizar una actividad física de un usuario (91, 92) según la reivindicación 6, donde el sensor exterior (13a) es una cámara configurada para recoger imágenes visibles o térmicas del usuario (91, 92) y/o donde el sensor (13) del dispositivo vestible (1, 2) es uno de los siguientes: un acelerómetro, un giroscopio, un magnetoscopio o un sensor de variables fisiológicas.

25

8. El sistema para analizar una actividad física de un usuario (91, 92) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la pasarela (4) comprende un procesador (42) configurado para identificar una pluralidad de posiciones tridimensionales asociadas a partes corporales del usuario (91, 92) en los datos de movimiento de un sensor (13) del dispositivo vestible (1, 2) o del sensor externo (13a), normalizar los datos de movimiento recogidos por los sensores (13, 13a), sincronizar los datos de movimiento y las posiciones tridimensionales asociadas a partes corporales para generar un segundo conjunto de datos de entrenamiento.

30

35

9. El sistema para analizar una actividad física de un usuario (91, 92) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde el procesador (42) de la pasarela (4) está configurado para diseñar la respuesta del actuador (14, 14a) con la información de la base de datos (5) y la instrucción de un usuario (93) a través de la interfaz (6).

5

10. El sistema para analizar una actividad física de un usuario (91, 92) según la reivindicación 9, donde el procesador (42) de la pasarela (4) está configurado para enviar una instrucción de filtrado para el dispositivo vestible (1, 2), de forma que una porción los datos de movimiento de los sensores (11) no es usada por el procesador

10 (11) para determinar o entrenar la red neuronal.

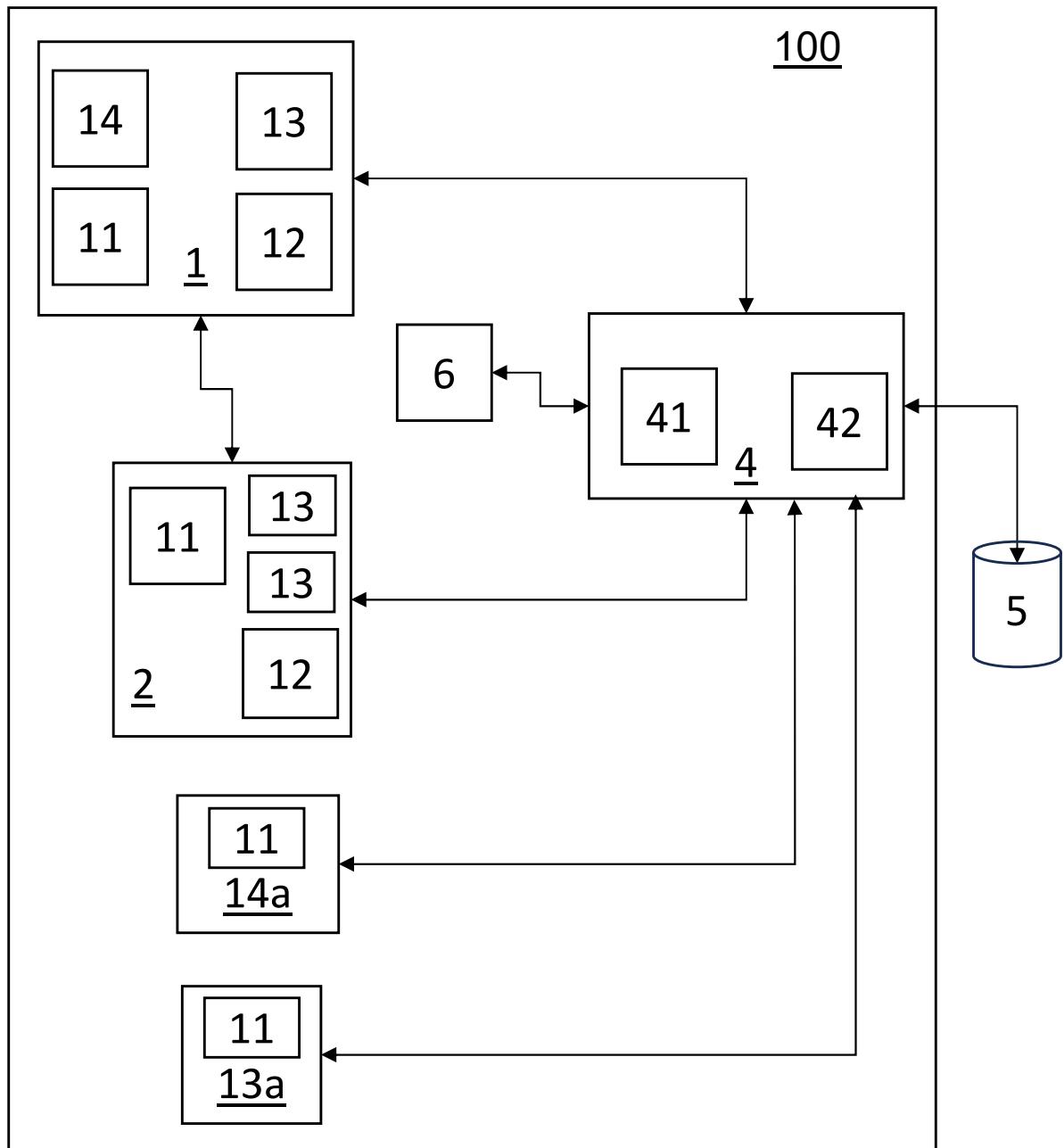


FIG. 1

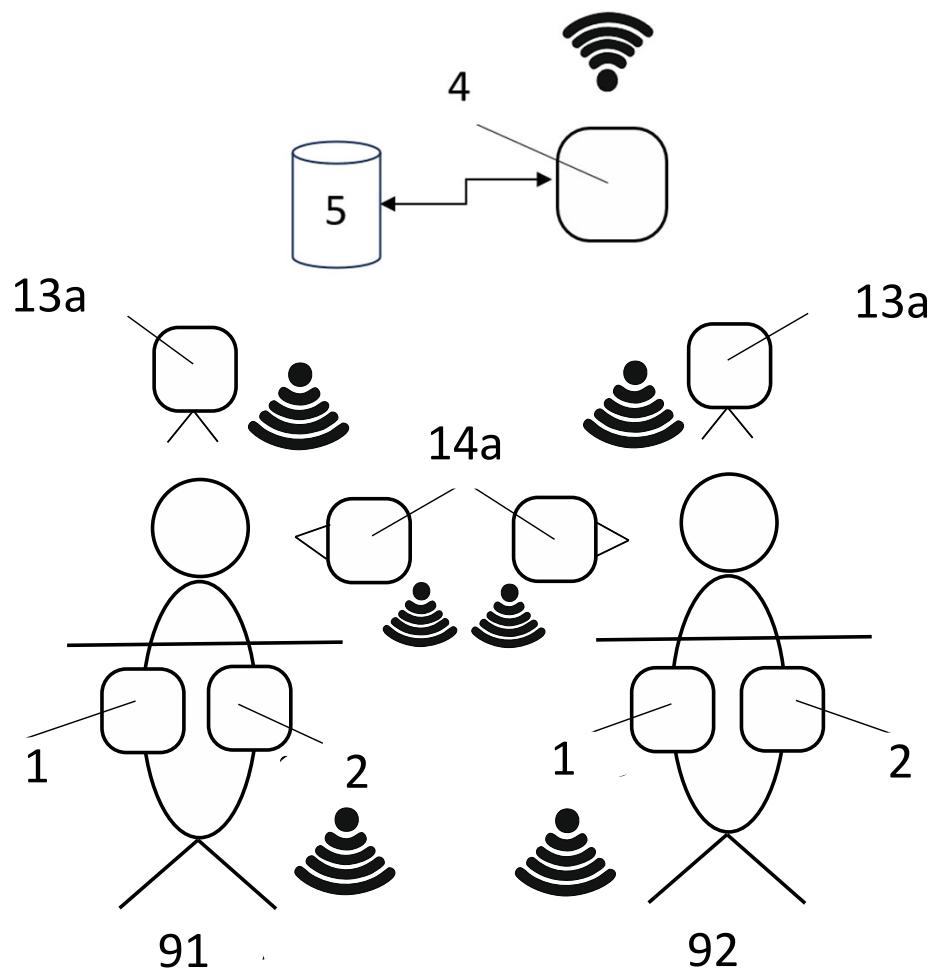


FIG. 2

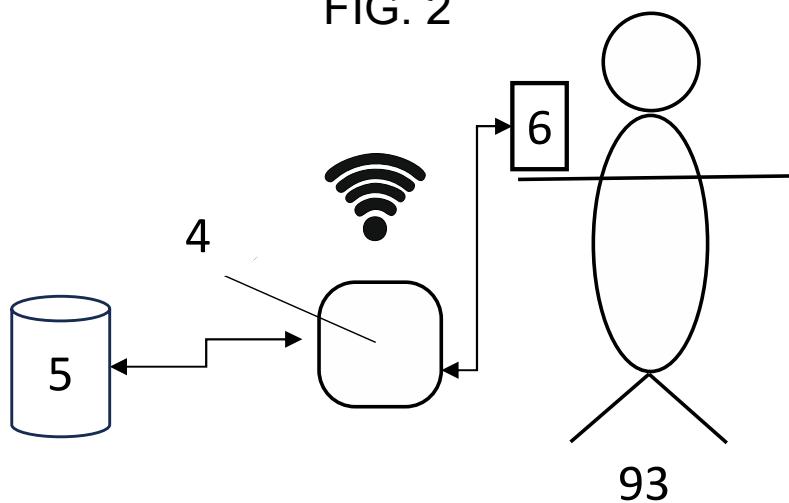


FIG. 3

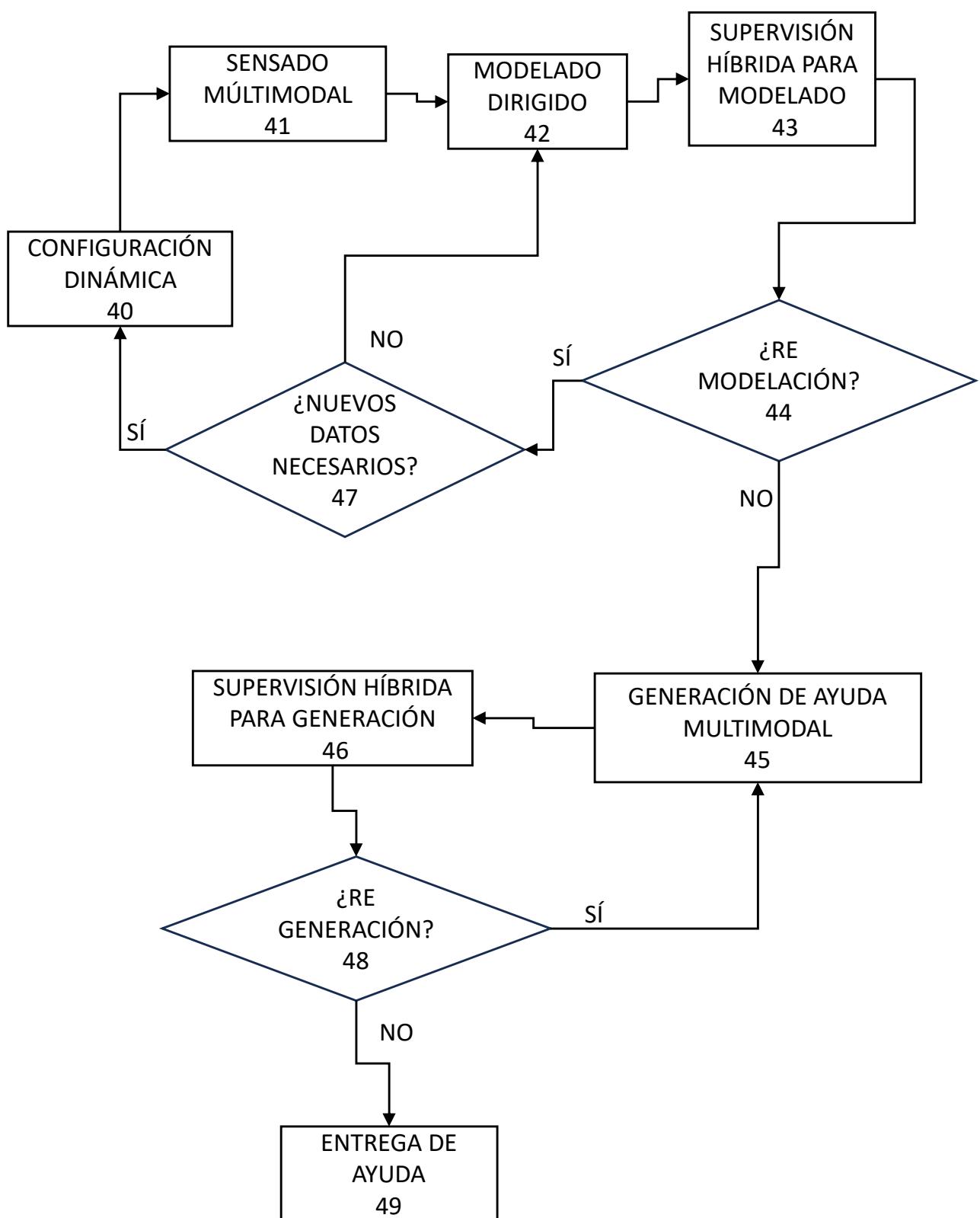


FIG. 4



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 202430541

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 28.06.2024

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) Int. Cl. : **A61B5/11** (2006.01)  
**G16H20/30** (2018.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | 56  | Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|---|--------------------|----------------------------|
| X         | US 2017120107 A1 (WISBEY) 04/05/2017,<br>página 2, párrafo [33] - página 12, párrafo [115]; figuras 1, 8B, 10A, 10B, 12A, 12B, 14, 15.  |                    | 1-10                       |
| X         | US 2017266498 A1 (SANDERS et al.) 21/09/2017,<br>página 2, párrafo [30] - página 4, párrafo [46]; página 22, párrafo 206; página 23,<br>párrafos [229 - 236]; figura 1,   |                    | 1-10                       |
| X         | US 2021162261 A1 (NEUMANN) 03/06/2021,<br>página 2, párrafo [20] - página 13, párrafo [75]; página 15, párrafo 83; página 16, párrafo [86] -<br>página 18, párrafo [96]; página 19, párrafo [107] - página 20, párrafo [113]; figuras 1, 5, 7, 9. |                    | 1-10                       |
| X         | US 2021272670 A1 (MARTIN et al.) 02/09/2021,<br>página 2, párrafo [15] - página 4, párrafo [43]; figuras 1 - 3.   |                    | 1-10                       |

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

|  |                                      |               |
|--|--------------------------------------|---------------|
| Fecha de realización del informe<br>19.11.2024 | Examinador<br>R. San Vicente Domingo | Página<br>1/2 |
|--|--------------------------------------|---------------|

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

A61B, G16H

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC