

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 864 129**

51 Int. Cl.:

A61B 5/11 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2013 PCT/US2013/059271**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.03.2014 WO14043239**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2013 E 13837864 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.02.2021 EP 2895067**

54 Título: **Evaluación de trastornos del movimiento**

30 Prioridad:

11.09.2012 US 201261699435 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

13.10.2021

73 Titular/es:

**THE CLEVELAND CLINIC FOUNDATION (100.0%)
9500 Euclid Avenue
Cleveland, OH 44195, US**

72 Inventor/es:

**MACHADO, ANDRE;
ALBERTS, JAY L.;
MCINTYRE, CAMERON y
SCHINDLER, DAVID**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 864 129 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Evaluación de trastornos del movimiento

Campo técnico:

Esta divulgación se relaciona con la evaluación de los trastornos del movimiento.

5 Antecedentes

Existen varios trastornos neuromotores y neurocognitivos que incluyen la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson (PD) y la parálisis supranuclear progresiva, por nombrar algunos. Los trastornos neuromotores y neurocognitivos afectan la función motora, la función cognitiva o ambas. Para tratar adecuadamente muchos trastornos neuromotores y neurocognitivos, es deseable comprender o clasificar mejor la condición de un individuo. En consecuencia, se desarrollan una variedad de pruebas para varios tipos de enfermedades. Por ejemplo, una escala para evaluar la enfermedad de Parkinson de un paciente es el Programa Unificado de Clasificación de la Enfermedad de Parkinson (UPDRS). Existen varias otras pruebas que se utilizan por un médico para ayudar al médico a categorizar el trastorno de un paciente. El documento WO 2011/141734 A1 divulga un aparato para su uso en el diagnóstico y/o tratamiento de un trastorno neurológico.

15 Sumario

Esta divulgación se refiere a la evaluación de un trastorno del movimiento.

De acuerdo con la invención, existe un sistema como se expone en la reivindicación 1. El sistema incluye memoria para almacenar instrucciones y datos ejecutables por ordenador; y un procesador configurado para acceder a la memoria y ejecutar las instrucciones ejecutables por ordenador que comprenden: un agregador de datos para combinar datos de movimiento y posición de una pluralidad de sensores en datos de movimiento agregados que describen el movimiento multidimensional de un dispositivo portátil, en el que el dispositivo portátil comprende un lápiz activo, la pluralidad de sensores se integra en el lápiz activo, en el que la pluralidad de sensores comprende al menos dos de un acelerómetro multidimensional, un magnetómetro multidimensional y un giroscopio multidimensional; en el que la pluralidad de sensores del dispositivo portátil comprende además un sensor de desplazamiento configurado para medir el desplazamiento de una punta móvil que se extiende desde un extremo del lápiz activo; un calculador de movimiento relativo para convertir los datos de movimiento agregados en datos de movimiento relativo correspondientes a un marco de referencia de una interfaz hombre-máquina, la interfaz hombre-máquina se encuentra separada del dispositivo portátil; un calculador de presión programada para calcular una indicación de fuerza correspondiente a una interacción entre el lápiz activo y la interfaz hombre-máquina en base al desplazamiento medido, un calculador para calcular una indicación de un desorden de movimiento en base a los datos de movimiento relativo, la indicación de fuerza y datos de entrada del usuario que se almacenan en la memoria, los datos de entrada del usuario se generan en respuesta a la interacción del usuario entre el dispositivo portátil y la interfaz hombre-máquina.

Breve descripción de los dibujos

35 La Figura 1 muestra un ejemplo de un sistema que puede implementarse para evaluar un trastorno del movimiento.

La Figura 2 muestra un ejemplo de instrucciones legibles por máquina que pueden programarse para evaluar trastornos motores.

La Figura 3 muestra un ejemplo de un dispositivo portátil que puede usarse para obtener información cinemática.

40 La Figura 4 representa un ejemplo de medio legible por ordenador programado para implementar el procesamiento de datos de sensores obtenidos a través de sensores en un dispositivo portátil.

La Figura 5 divulga un ejemplo de un sistema que puede facilitar el diagnóstico y/o el tratamiento de los trastornos del movimiento.

La Figura 6 muestra un ejemplo de un aparato de mano para facilitar la evaluación de trastornos del movimiento.

La Figura 7 muestra un ejemplo de un procedimiento para la evaluación de trastornos del movimiento.

45 Descripción detallada

Esta divulgación proporciona un sistema, procedimiento y aparato para facilitar la evaluación de los trastornos del movimiento.

50 En algunos ejemplos, un sistema puede incluir un dispositivo portátil configurado para interactuar con una interfaz hombre-máquina (HMI) de un dispositivo informático (por ejemplo, una pantalla táctil u otra pantalla). El dispositivo portátil puede implementarse como un lápiz activo que incluye una pluralidad de sensores (por ejemplo, acelerómetro,

giroscopio y/o magnetómetro) que proporcionan un sistema de monitoreo cinemático. También puede implementarse la detección de fuerza, como se divulga en la presente memoria. Por tanto, los sensores pueden proporcionar datos de movimiento y posición para el dispositivo portátil, incluso durante una o más tareas predeterminadas que implican interacciones del usuario con la HMI. De este modo, la HMI puede registrar la interacción del usuario y almacenarla en la memoria junto con los datos de movimiento y posición correspondientes para cada tarea que se realiza. Los datos de movimiento y posición pueden combinarse en un conjunto de datos vectoriales de movimiento que describen el movimiento multidimensional del dispositivo portátil. Los datos de vector de movimiento agregados pueden convertirse además en datos de movimiento relativo correspondientes a un marco de referencia de la HMI (por ejemplo, una pantalla) y más específicamente en relación con un objetivo dado que puede mostrarse en la HMI. Por tanto, el dispositivo informático puede programarse para calcular una indicación de uno o más trastornos del movimiento en base a los datos de movimiento relativo y los datos de entrada del usuario, que pueden recopilarse en una o más tareas para un intervalo de prueba dado. Los resultados de las pruebas y los datos de las pruebas pueden obtenerse y evaluarse en cualquier número de pruebas, que pueden usarse para determinar una indicación de variabilidad para la condición del paciente.

Como se divulga en la presente memoria, los resultados de la prueba pueden comunicarse a uno o más proveedores. Esto puede hacerse simplemente al revisar los resultados en el dispositivo informático o los resultados pueden enviarse al o a los proveedores a través de una conexión de red. Los resultados de las pruebas para uno o más sujetos, por ejemplo, pueden almacenarse en una base de datos en un servidor para su posterior análisis y comparación. Además, en los casos en que el sujeto incluye un aparato de estimulación implantable (por ejemplo, configurado para proporcionar estimulación cerebral profunda u otras terapias de estimulación), el proveedor y/o los procedimientos implementados por ordenador que operan de forma remota (por ejemplo, en un servidor u otra computadora remota) o dentro del dispositivo informático que proporciona la HMI puede programarse para establecer uno o más parámetros de estimulación en base a la indicación de uno o más trastornos del movimiento que se calculan. Por ejemplo, los resultados de las pruebas para múltiples tareas completadas en diferentes intervalos de tiempo (por ejemplo, durante un período de un día o una semana determinada) pueden evaluarse para establecer uno o parámetros de estimulación.

La Figura 1 representa un ejemplo de un sistema 10 que puede configurarse para la evaluación de trastornos del movimiento. El sistema 10 incluye una HMI 12 (por ejemplo, una pantalla/pantalla táctil) que un usuario, como un paciente, puede emplear para interactuar con el sistema 10. El HMI 12 puede implementarse como una interfaz de pantalla táctil que se configura para detectar el contacto, como a través de tecnologías de ondas acústicas de superficie, resistivas o capacitivas. El sistema 10 también puede incluir un dispositivo portátil 14 que se encuentra separado de la HMI y puede moverse con respecto a ella. Por ejemplo, el dispositivo portátil 14 puede implementarse como un lápiz, tal como un lápiz activo que incluye uno o más sensores (ver, por ejemplo, la Figura 3).

Como ejemplo, un usuario puede emplear un dispositivo portátil 14 para realizar una serie de una o más tareas que implican el movimiento físico del dispositivo portátil en relación con la HMI 12. Las tareas también pueden implicar la interacción física entre el dispositivo portátil 14 y la HMI 12, como las tareas de ejemplo divulgadas en la presente memoria. La interacción física entre el dispositivo portátil 14 y la HMI 12 se muestra esquemáticamente mediante la línea de puntos 13.

El sistema informático 10 puede incluir circuitos 16 de entrada/salida (E/S) configurados para comunicar datos con varios dispositivos de entrada y salida acoplados al sistema informático 10. Como se muestra en el ejemplo de la Figura 1, los circuitos de E/S 16 se conectan para comunicarse con la HMI 12 y una interfaz de comunicación 18. La interfaz de comunicación 18 puede configurarse para la comunicación inalámbrica con la correspondiente interfaz de comunicación inalámbrica del dispositivo portátil 14, tal como a través de una antena 32. De esta manera, los datos de movimiento adquiridos y otros datos pueden comunicarse de forma inalámbrica desde el dispositivo portátil 14 a la interfaz de comunicación 18. Como ejemplo, la interfaz de comunicación 18 puede configurarse para proporcionar comunicación inalámbrica de corto alcance, como Bluetooth, WiFi o similares. En función del protocolo de comunicación inalámbrica, el dispositivo portátil 14 puede registrarse con la interfaz de comunicación 18 del sistema informático 10 para facilitar la recopilación de datos de movimiento del dispositivo portátil.

El movimiento y otros datos pueden comunicarse desde el dispositivo portátil 14 a la interfaz de comunicación 18 en tiempo real. Por ejemplo, la comunicación en tiempo real de tales datos puede habilitar funciones de control (por ejemplo, almacenadas en la memoria 22) para controlar la HMI y las tareas correspondientes de una manera específica del paciente. Por ejemplo, el tamaño y la dificultad pueden incrementarse si los datos de movimiento y/u otra información del paciente (por ejemplo, edad, resultados de pruebas previas o similares) indican una capacidad incrementada para el sujeto dado. Por el contrario, si los datos de movimiento u otros datos indican una capacidad disminuida, la dificultad y/o complejidad de la prueba puede reducirse a capacidades tan reducidas del sujeto. En otros ejemplos, los datos pueden comunicarse en procesos por lotes después de una prueba, como en horas programadas predeterminadas o en respuesta a la activación de un procedimiento de recopilación de datos (en respuesta a una entrada del usuario, ingresada local o remotamente).

El sistema informático 10 también puede incluir una unidad de procesamiento 20 y una memoria 22. La memoria 22 puede ser una memoria no transitoria configurada para almacenar instrucciones y/o datos legibles por máquina. La memoria 22 podría implementarse, por ejemplo, como memoria volátil (por ejemplo, RAM), memoria no volátil (por

ejemplo, un disco duro, memoria flash, una unidad de estado sólido o similar) o una combinación de ambas. La unidad de procesamiento 20 (por ejemplo, un núcleo de procesador) puede configurarse en el sistema para acceder a la memoria 22 y ejecutar las instrucciones legibles por máquina. La unidad de procesamiento 20, los circuitos 16 de E/S, la memoria 22, la interfaz de comunicaciones 18 y la HMI 12 pueden implementarse para proporcionar un aparato informático 23, tal como una tableta, una computadora portátil, una máquina de escritorio o similar.

A modo de ejemplo, la memoria 22 puede almacenar una variedad de instrucciones y datos legibles por máquina, incluido un sistema operativo 24, uno o más programas de aplicación 26, otros módulos de programa 28 y datos de programa 30. El sistema operativo 24 puede ser cualquier sistema operativo adecuado o combinaciones de sistemas operativos, que pueden variar de un sistema a otro. Los programas de aplicación 26, otros módulos de programa 28 y los datos de programa 30 pueden cooperar para proporcionar pruebas motoras y cognitivas a través del aparato informático 23, como se divulga en la presente memoria. Además, los programas de aplicación 26, otros módulos de programa 28 y los datos de programa 30 pueden usarse para calcular una indicación de funciones motoras, cognitivas o una combinación de funciones motoras y cognitivas de un paciente en base a los datos de prueba, incluidos los datos obtenidos a través del dispositivo portátil junto con los datos obtenidos por la HMI en respuesta a las entradas del usuario, como se divulga en la presente memoria.

Un usuario puede ingresar comandos e información en el sistema informático 10 a través de uno o más dispositivos de entrada de usuario, como la HMI 12 u otros dispositivos de entrada de usuario (por ejemplo, un mouse, micrófono, un teclado, un joystick, una consola de juegos, un escáner, o similar). Dichos otros dispositivos de entrada de usuario (no mostrados) podrían acoplarse al sistema informático a través de los circuitos 16 de E/S a través de una conexión física o de forma inalámbrica a la interfaz de comunicaciones 18.

Como ejemplo adicional, la interfaz de comunicaciones 18 puede configurarse para comunicarse con un aparato de estimulación implantable (por ejemplo, un generador de impulsos implantable (IPG)). Dicha comunicación puede ser a través de un enlace de comunicaciones inalámbricas y/o un enlace físico de comunicaciones (por ejemplo, un enlace óptico o eléctricamente conductor), que puede variar en función del tipo y las capacidades del aparato de estimulación. Por ejemplo, los programas de aplicación 26 pueden configurarse para programar uno o más parámetros de control del aparato de estimulación implantable. La programación puede ser un procedimiento automatizado implementado únicamente por instrucciones ejecutables legibles por máquina, un procedimiento manual que requiere la entrada del usuario de un usuario autorizado (por ejemplo, ingresado directamente en el aparato informático 23 o ingresado de forma remota y comunicado al aparato informático), o un procedimiento semiautomático que involucra tanto un procedimiento automatizado como una o más entradas manuales (por ejemplo, una aprobación ingresada por un proveedor de atención médica autorizado). La programación puede realizarse mientras el aparato de estimulación se implanta en el cuerpo del paciente. Tal programación también puede realizarse antes de la implantación del aparato de estimulación.

La Figura 2 representa un ejemplo de instrucciones 50 legibles por máquina y datos que pueden programarse para evaluar trastornos del movimiento. Las instrucciones 50 legibles por máquina pueden almacenarse en la memoria 22 de la Figura 1, por ejemplo. Un controlador de tareas 52 puede configurarse para implementar una o más tareas 54, demostradas como tareas 1 a N, donde N es un número entero positivo. Cada tarea 54 puede programarse para proporcionar una interfaz gráfica de usuario que muestra los gráficos correspondientes a una prueba predefinida y recopila los datos de la tarea 56 en respuesta a las entradas del usuario (por ejemplo, a través de la HMI 12 de la Figura 1) y las interacciones del usuario (por ejemplo, a través del dispositivo portátil 14 de la Figura 1) durante cada tarea respectiva.

Los datos de tarea 56 pueden incluir datos de captura de pantalla 58 recibidos en respuesta a la entrada del usuario, tal como puede realizarse a través de una pantalla táctil (por ejemplo, HMI 12 de la Figura 1). Los datos de captura de pantalla 58 también pueden incluir información gráfica y de otro tipo que se proporciona como parte de la tarea y los resultados de la tarea en respuesta a las interacciones del usuario. Por ejemplo, los resultados y otra información en los datos de captura de pantalla 58 pueden incluir información de tiempo obtenida durante la tarea, como en respuesta a una o más entradas del usuario. La información de tiempo puede emplearse para sincronizar los datos de captura de pantalla para una tarea determinada con los datos del lápiz para la misma tarea determinada. Los datos de captura de pantalla 58 también pueden incluir una grabación de la prueba y las interacciones del usuario con la HMI para cada una de las tareas realizadas, grabación que puede reproducirse por un proveedor de atención médica u otro usuario autorizado para visualizar el procedimiento de prueba como realmente ocurrió.

Los datos de tarea 56 también pueden incluir datos del lápiz 60 que incluyen datos recopilados de un lápiz (por ejemplo, del dispositivo portátil 14 a través de la interfaz de comunicación inalámbrica 18 de la Figura 1) durante cada tarea respectiva. Los datos del lápiz 60 también pueden incluir información de tiempo (por ejemplo, un valor de reloj) que indica el tiempo de una tarea dada. Por ejemplo, puede enviarse un pulso de sincronización al dispositivo portátil (por ejemplo, a través de la interfaz de comunicaciones 18) para indicar que se inicia una tarea. Esto puede crear una instancia de un temporizador de tarea en el dispositivo que puede usarse para proporcionar información de tiempo durante la tarea respectiva. La información de tiempo puede emplearse para sincronizar los datos de captura de pantalla para una tarea determinada con los datos del lápiz para la misma tarea determinada. Por tanto, los datos de la tarea pueden incluir una combinación de datos de dispositivos distintos y separados (por ejemplo, del lápiz y de la HMI) que cooperan para realizar cada tarea respectiva. Como se divulga en la presente memoria, la cooperación

puede incluir, para al menos algunas tareas, usar el lápiz para interactuar con la HMI y proporcionar los datos de tareas sincronizados correspondientes.

El tipo de movimiento y las interacciones entre el lápiz y la HMI pueden variar de una tarea a otra. En algunos ejemplos, los datos del lápiz 60 pueden representar el movimiento multidimensional y la posición del lápiz (por ejemplo, información cinemática), como la inclusión de aceleración en una dirección más, la orientación angular del lápiz en una o más dimensiones y el campo magnético detectado a lo largo de una o más direcciones. Los datos del lápiz 60 también pueden incluir o usarse para derivar datos que representan la fuerza o presión resultante del contacto físico entre el lápiz y una superficie de la HMI (por ejemplo, una superficie de pantalla táctil). Los datos del lápiz 60 también pueden incluir otra información relevante para las tareas o el entorno de la tarea, como información de tiempo (por ejemplo, marca de tiempo aplicada a dichos datos), temperatura, altitud, entradas de usuario recibidas a través de entradas de usuario en el lápiz y similares.

Puede programarse una función 62 de análisis de movimiento para analizar los datos de tarea adquiridos para cada tarea, incluidos los datos de captura de pantalla 58 y los datos del lápiz 60. La función de análisis 62 puede calcular una indicación de un trastorno de movimiento en base a los datos de la tarea 56. Además de los datos de captura de pantalla 58 y los datos del lápiz 60, los datos de tareas 56 también pueden incluir datos derivados 63 determinados por el análisis de movimiento. Adicional o alternativamente, los datos de la tarea 56 pueden incluir datos clínicos/del paciente 65 que representen una condición del paciente, como datos demográficos (por ejemplo, edad, sexo, peso) u otra información relevante del paciente para el trastorno a evaluar (por ejemplo, diagnóstico inicial, indicadores de gravedad o similares).

En algunos ejemplos, los datos de la tarea 56, o al menos porciones de ellos, pueden adquirirse en una pluralidad de tareas diferentes, cada una diseñada para medir diferentes capacidades motoras y/o cognitivas de un paciente durante cada tarea respectiva. Como se divulga en la presente memoria, las mediciones pueden implicar una interacción física entre un dispositivo portátil y una interfaz hombre-máquina (por ejemplo, una pantalla táctil) para una o más de las tareas. Las mediciones también pueden incluir la medición de la cinemática del propio dispositivo portátil durante cada tarea, así como las mediciones derivadas únicamente de la HMI en respuesta a las entradas del usuario durante cada tarea respectiva.

La función de análisis 62 puede incluir un módulo de agregación de datos programado para agregar datos adquiridos del dispositivo portátil para cada tarea en un vector de movimiento que describe el movimiento multidimensional y la posición del dispositivo portátil durante la tarea respectiva. Por ejemplo, los datos del lápiz 60 pueden generarse a partir de una pluralidad de sensores diferentes (por ejemplo, un acelerómetro, giroscopio y magnetómetro) que cada uno puede proporcionar datos multidimensionales asociados con la cinemática del dispositivo portátil. Los datos del lápiz 60 pueden incluir otra información como se divulga en la presente memoria (por ejemplo, fuerza o desplazamiento de la punta de un lápiz y similares). El módulo de agregación de datos 64 puede calcular el vector de movimiento multidimensional para que varíe en función del tiempo durante cada tarea respectiva en base a los datos de tarea 56 y las marcas de tiempo adjuntas a los datos de sensor adquiridos.

Un ejemplo de cómo pueden agregarse esos datos para proporcionar el vector de movimiento multidimensional se divulga en una publicación titulada, DIRECTION COSINE MATRIX IMU: THEORY, Bizard, Paul y William Premerani. 17 de mayo de 2009. La presente publicación y los artículos presentados con la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos núm. 61/699,435, proporciona ejemplos de procedimientos matemáticos que pueden usarse para combinar los datos del sensor del acelerómetro, magnetómetro y giroscopio en un único valor multidimensional en base a los datos del lápiz 60 que pueden proporcionarse desde los respectivos sensores multidimensionales implementados en el lápiz. También podrían usarse otros enfoques para combinar tales datos del lápiz 60 para su uso en la implementación de los sistemas y procedimientos divulgados en la presente memoria.

Dado que los datos de movimiento agregados se proporcionan en el marco de referencia del lápiz en sí, puede programarse un calculador de movimiento relativo 67 para convertir dichos datos en un marco de referencia de la HMI con el que interactúa. El calculador de movimiento relativo 67 puede almacenar los datos convertidos como parte de los datos derivados 63. En el marco de referencia de la HMI, los datos del vector de movimiento agregado durante una prueba determinada pueden representar la cinemática del dispositivo portátil con respecto a la HMI.

El análisis de movimiento puede incluir una o más calculadoras de trastornos programadas para calcular un valor que representa uno o más síntomas respectivos de trastornos del movimiento. Los síntomas y trastornos particulares que se calculan mediante el análisis de movimiento 62 pueden seleccionarse en base a los datos clínicos/del paciente. Como se muestra en el ejemplo de la Figura 2, la función de análisis de movimiento incluye un calculador de temblores 66, un calculador de bradicinesia 68, un calculador de destreza 70 y un calculador de puntuación compuesta 72. El análisis de movimiento también puede incluir un calculador de presión para calcular la presión detectada en base a la información de desplazamiento proporcionada por un sensor de desplazamiento del dispositivo portátil (por ejemplo, el sensor 110 de la Figura 3) durante una tarea determinada. Cada una de dichas calculadoras 66, 68, 70, 72 y 74 puede programarse para calcular un valor (por ejemplo, un índice o puntuación) correspondiente al movimiento u otras propiedades detectadas durante una tarea determinada o sobre un conjunto de tareas. Dichos valores calculados pueden almacenarse como datos de resultados 74 en la memoria. Una o más de las calculadoras 66, 68, 70, 72, 74 pueden denominarse en la presente memoria calculadoras de desorden. Los cálculos de cada calculador 66, 68, 70

y/o 72 pueden variar además en función de la tarea que se realiza. Además, puede aplicarse una ponderación diferente a los resultados de un cálculo dado, que puede variar de acuerdo con el movimiento, el tipo o tipos de movimiento que se evalúan en cada tarea respectiva y otros datos de la tarea (por ejemplo, incluidos los datos clínicos/del paciente).

5 El análisis de movimiento 62 también puede integrar datos sincronizados en el tiempo y cálculos relacionados de varias calculadoras para derivar una indicación de varios síntomas. Por ejemplo, el análisis de movimiento 62 puede comparar la posición del lápiz y la velocidad de la punta del lápiz (por ejemplo, primera derivada de la posición de la pantalla de la tableta) con relación al desplazamiento de la punta, aceleración lineal, velocidad de rotación, sacudida (primera derivada de aceleración), balanceo, cabeceo y guiñada. Adicional o alternativamente, el análisis de movimiento 62 puede comparar el rendimiento en las pruebas de la tableta (por ejemplo, mediante la incorporación del tiempo y la posición del lápiz como una medida de precisión y velocidad) con los datos del sensor del lápiz enumerados anteriormente. Pueden realizarse otros análisis comparativos entre los datos del lápiz y la HMI.

15 A modo de ejemplo adicional, el controlador de tareas 52 puede programarse para controlar un procedimiento usado para adquirir datos indicativos de una pluralidad de síntomas de trastornos del movimiento, tales como temblor (reposo, reaparición postural y acción), bradicinesia y destreza. Las funciones de análisis de movimiento 62 pueden evaluar así los datos del lápiz 60 y los datos de captura de pantalla 58 adquiridos en una serie de tareas 54 implementadas por el controlador 52 de tareas junto con los datos derivados y los datos 65 clínicos/del paciente. A continuación, se proporciona un ejemplo de un flujo de trabajo de prueba correspondiente a las tareas 54 que pueden implementarse por el controlador de tareas 52 para proporcionar una interfaz gráfica de usuario a través de la HMI y recopilar los datos del lápiz 60 y los datos de captura de pantalla 58 correspondientes.

20 El flujo de trabajo de prueba puede comenzar con la reproducción de un video instructivo de las tareas al usuario, tal como puede presentarse al sujeto a través de la HMI (por ejemplo, en una pantalla táctil). Durante la presentación del video instructivo, así como durante las tareas, puede usarse una cámara de la tableta para capturar imágenes que luego pueden evaluarse por el médico (o el paciente) para evaluar el cumplimiento de las instrucciones. Para algunos dispositivos de tableta, es posible que la tableta deba girarse para que la cámara esté a la derecha para una tarea de la extremidad superior derecha y a la izquierda para una tarea de la extremidad superior izquierda. Pueden proporcionarse instrucciones al paciente que aconsejen la orientación correcta de la tableta en función de los requisitos de la tarea.

30 Para comenzar una primera tarea 54, el lápiz puede colocarse en una posición predeterminada sobre una mesa, como la que se encuentra entre el paciente y la tableta/computadora. Las distancias deben determinarse y pueden requerir que se proporcione una plantilla con el lápiz. Por ejemplo, puede proporcionarse un tapete de mesa, una hoja de papel u otro artículo de diseño con un diseño prediseñado de dónde debe estar el paciente, dónde debe estar la tableta y dónde debe colocarse el lápiz para cada tarea. Cada tarea puede usar el mismo diseño de lápiz y tableta o pueden usarse diferentes diseños para diferentes tareas.

35 Una vez que el lápiz y la tableta se colocan en sus respectivas posiciones iniciales, puede comenzar una primera tarea (Tarea 1), por ejemplo, recopilar datos para evaluar la bradicinesia/destreza. La función de la Tarea 1 puede programarse para proporcionar un mensaje "listo", que inicia el reloj interno en la tableta para la tarea respectiva y proporciona un pulso de sincronización al dispositivo portátil (por ejemplo, a través de la interfaz de comunicaciones 18 de la Figura 1). En esta tarea de ejemplo, la función de tarea 54 puede programarse para presentar gráficos e instrucciones al usuario. Por ejemplo, la pantalla puede dividirse en cuatro cuadrantes con dos líneas ortogonales. Según las instrucciones de la función 54 de la Tarea 1, el paciente toma el lápiz de la posición preestablecida sobre la mesa y golpea un cuadrante dado con el lápiz correspondiente a la interacción física entre el lápiz y la tableta. Por ejemplo, el cuadrante dado puede diferenciarse de los otros cuadrantes, por ejemplo, mediante parpadeo o iluminación o distinción de los otros cuadrantes. Durante el movimiento del lápiz, los datos del lápiz pueden recopilarse correspondientes al movimiento multidimensional del lápiz detectado por los sensores respectivos (por ejemplo, acelerómetro, giroscopio y magnetómetro). Una vez que se logra el toque, se ilumina otro cuadrante y el paciente tiene que tocar ese cuadrante. La función de tarea 54 puede programarse para repetir esta prueba de forma aleatoria una pluralidad de veces, y el tiempo entre la señal y la pulsación se mide cada vez.

50 Durante cada prueba, la HMI (por ejemplo, la pantalla táctil) puede capturar si el paciente quita el lápiz de la pantalla para ir al otro cuadrante (como se indica) o simplemente arrastra el lápiz en la pantalla de un cuadrante a otro. Tal información puede almacenarse como parte de los datos de captura de pantalla 58. Si el usuario no quita el lápiz de la pantalla, el controlador de tareas puede programarse para generar un mensaje instructivo para el paciente. Adicional o alternativamente, puede repetirse un video de ese componente de la tarea para demostrar al paciente e instruir al paciente sobre la forma correcta de realizar la prueba.

55 Puede programarse una segunda tarea (Tarea 2) 54 para que comience al completar la tarea anterior. La tarea puede incluir la presentación a través de las instrucciones de la pantalla y/o un video o imagen de cómo sostener el lápiz en su mano en una posición de descanso sobre su regazo. Cuando el paciente llega a la posición correcta, el paciente puede activar un botón o un interruptor del lápiz. En respuesta, la tarea 54 puede comenzar a registrar uno o más componentes de los datos del lápiz 60, tales como datos de aceleración (por ejemplo, para medir las características del temblor). Por ejemplo, la función 54 de Tarea 2 puede generar un mensaje en la pantalla que indique que el paciente debe permanecer en reposo y esto dura un período de tiempo predeterminado (por ejemplo, 60 segundos).

Este intervalo puede programarse y, por lo tanto, puede ajustarse a más o menos tiempo, en función de las características específicas del temblor del paciente. En este ejemplo, el acelerómetro del lápiz puede medir la aceleración del paciente durante este período de tiempo predeterminado, en base a qué datos el calculador de temblores 66 puede calcular una indicación de temblor en reposo para el paciente durante una o más de tales pruebas.

5 Como ejemplo adicional, puede programarse otra función de tarea 54 (Tarea 3) para recoger parámetros que pueden proporcionar una medida del temblor postural o reemergente. Por ejemplo, la función 54 de la Tarea 3 puede generar un mensaje (por ejemplo, en la pantalla y/o audio) e indicar al paciente que tome el lápiz, lo ponga en contacto con la pantalla y sostenga el lápiz en una posición específica contra la pantalla. Puede mostrarse una imagen de cómo debe posicionarse el sujeto en relación con la tableta y cómo debe colocarse el codo (fuera de la mesa). Puede mostrarse
10 una cuenta regresiva que indica al paciente cuánto tiempo debe mantener esta posición, como 30-60 segundos, por ejemplo. Durante esta tarea, es posible que se produzca un temblor postural o que reaparezca y puede indicársele al paciente que intente mantener el lápiz contra la pantalla con la mayor firmeza posible.

Durante esta prueba, el acelerómetro del lápiz puede medir el temblor, como en base al análisis rápido de la Transformada de Fourier de los datos del acelerómetro multidimensional. Además, la presión aplicada contra la
15 pantalla también puede medirse, por ejemplo, mediante la HMI de la pantalla táctil y/o mediante un sensor de presión o desplazamiento implementado en la punta del lápiz. La función 54 de la Tarea 3 también puede recopilar datos a través de la pantalla táctil, incluido un recuento del número de golpes (no intencionales) que se producirán contra la pantalla debido a un temblor intenso. En algunos ejemplos, también puede medirse la intensidad (por ejemplo, la medida de la fuerza) de cada golpe contra la pantalla. Dicha fuerza por golpe (o un perfil de fuerza a lo largo del tiempo
20 para cada golpe) puede medirse mediante sensores en la pantalla táctil y/o mediante un sensor de desplazamiento/presión del lápiz.

Puede programarse otra tarea (Tarea 4) 54 para medir otra característica del temblor. La función 54 de la Tarea 4 puede programarse para instruir al sujeto (por ejemplo, mediante imágenes de audio y/o video) para que lleve un borde o punta roma del lápiz a la punta de la barbilla del sujeto y de regreso a la pantalla varias veces. Puede indicársele al
25 paciente que presione un botón del lápiz cada vez que el lápiz toque la barbilla o cada vez que esté cerca de la barbilla, en caso de que el paciente no pueda tocar la barbilla con precisión debido a un temblor excesivo. La pantalla táctil captura el momento en que toca el lápiz para que el software pueda evaluar la velocidad de los movimientos hacia atrás y hacia adelante. La aceleración y el tirón asociados con los movimientos hacia adelante y hacia atrás también pueden determinarse al realizar derivadas de tiempo sobre los datos de movimiento que se adquieren. La hora en que se activa el botón del lápiz también puede almacenarse como parte de los datos de la Tarea 4 (por ejemplo, datos del
30 lápiz), así como los datos de movimiento de uno o más sensores de movimiento durante dicha tarea.

Puede programarse otra función de tarea (Tarea 5) 54 para implementar una prueba para recoger datos para proporcionar una medida de destreza. Por ejemplo, la función de Tarea 5 puede proporcionar instrucciones al paciente para que toque un cuadrante de la pantalla tantas veces como ese cuadrante parpadee y a la misma velocidad que parpadee. La función de tarea 54 puede controlar el número de veces y la velocidad a la que parpadearán los
35 cuadrantes y/o el tamaño de los cuadrantes en relación con el tamaño de la pantalla. El control puede implementarse de forma aleatoria o puede ser específico del paciente en base a los datos clínicos/del paciente del sujeto. Por ejemplo, los cuadrantes pueden parpadear varias veces, como de una a cinco veces y en un orden determinado (o aleatorio), lo que obliga al paciente a mover el lápiz (nuevamente, sin arrastrarlo) de un cuadrante de la pantalla a la siguiente cuando los cuadrantes parpadean. En algunos casos, es posible que los cuadrantes solo parpadeen una vez y luego se muevan a otro cuadrante, pero en algunos casos parpadearán unas cuantas veces antes de que otro parpadee
40 unas cuantas veces, lo que aumentará la dificultad de la tarea. La función de tarea 54 puede controlar la dificultad de la prueba en función de las habilidades del paciente, medidas por la pantalla táctil. Por ejemplo, la tarea puede tener un flujo de dificultad baja (parpadeos simples lentos) a dificultad alta (parpadeos múltiples rápidos) durante el transcurso de la tarea.
45

La Figura 3 representa un ejemplo de un dispositivo portátil 100 que puede usarse en los sistemas y procedimientos divulgados en la presente memoria para evaluar los trastornos del movimiento. El dispositivo 100 puede ser un lápiz activo que puede moverse con relación a una HMI, tal como una pantalla táctil de una tableta u otro aparato informático (por ejemplo, el aparato 23 de la Figura 1). El dispositivo 100 puede incluir un sistema de control 102 configurado para
50 controlar el funcionamiento del dispositivo y la adquisición de datos de los sensores. El sistema de control 102 puede incluir un procesador 104 y una memoria 106. La memoria 106 puede ser un medio no transitorio configurado para almacenar instrucciones y datos legibles por máquina, incluidos los datos adquiridos y los datos de entrada del usuario recopilados en el dispositivo. El procesador 104 puede acceder a la memoria 106 y ejecutar las instrucciones para controlar las funciones de detección asociadas con un sistema de detección cinemático 108 y un sensor de desplazamiento 110. El procesador también puede controlar funciones y procedimientos en respuesta a la entrada del
55 usuario recibida a través de una interfaz de usuario 118 (por ejemplo, un botón o interruptor). El procesador 104 también puede acoplarse a un sistema de comunicación 120 para controlar la comunicación de datos a una máquina informática remota (por ejemplo, el sistema informático 10 de la Figura 1). Como se divulga en la presente memoria, los datos pueden enviarse en tiempo real al sistema informático mientras se realizan las tareas. Alternativamente, el procesador de datos puede enviar los datos en un procedimiento por lotes o periódicamente en otros intervalos de
60 tiempo programados. Los datos comunicados a través del sistema de comunicación 120 pueden incluir datos de

sensores, así como información derivada de los datos de sensores en base a otros procedimientos almacenados en la memoria 106 que se ejecutan por el procesador 104.

5 Como se muestra en el ejemplo de la Figura 3, el sistema de detección cinemática 108 puede configurarse para detectar la cinemática del dispositivo con una pluralidad (por ejemplo, nueve) grados de libertad. El sistema de detección cinemática 108 puede incluir un acelerómetro 112, un magnetómetro 114 y un giroscopio 116. Por ejemplo, el acelerómetro 112 puede incluir tres acelerómetros que tengan respectivos ejes ortogonales de sensibilidad para proporcionar salidas que representen la aceleración a lo largo de cada eje de sensibilidad, correspondientes a datos de aceleración multidimensionales.

10 Como ejemplo, el acelerómetro 112 puede ser un acelerómetro de tres ejes configurado para medir la aceleración estática de la gravedad en aplicaciones de detección de inclinación, así como la aceleración dinámica resultante del movimiento o choque. Además, la alta resolución (4 mg/LSB), por ejemplo, permite medir cambios de inclinación inferiores a 1,0°. El acelerómetro 112 puede proporcionar varias funciones de detección, tales como detección de actividad e inactividad para detectar la presencia o falta de movimiento y si la aceleración en cualquier eje excede un nivel definido por el usuario. El acelerómetro 112 también puede detectar golpes (por ejemplo, golpes simples y dobles) en una superficie, como una pantalla táctil, así como detectar la caída libre si el dispositivo se cae. Estas y otras funciones de detección pueden proporcionar datos de salida. Un ejemplo de acelerómetro es el acelerómetro digital ADXL345 disponible comercialmente de Analog Devices. Por supuesto, podrían usarse uno o más acelerómetros.

20 El magnetómetro 114 puede configurarse para detectar campos magnéticos a lo largo de tres ejes ortogonales. El magnetómetro 114 puede incluir sensores direccionales anisotrópicos que presentan linealidad y sensibilidad en el eje de precisión. Estos sensores magnetométricos pueden tener una construcción de estado sólido con baja sensibilidad de eje transversal y configurarse diseñados para medir tanto la dirección como la magnitud de los campos magnéticos de la Tierra. Un ejemplo de magnetómetro es el IC de brújula digital de 3 ejes HMC5883L, disponible comercialmente de Honeywell International Inc. Por supuesto, podrían usarse otros magnetómetros.

25 El giroscopio 116 puede configurarse para detectar la orientación del dispositivo a lo largo de tres ejes ortogonales. El giroscopio puede proporcionar datos de salida del girómetro correspondientes a la orientación del dispositivo 100 a lo largo de tres ejes ortogonales. El giroscopio puede implementarse como un IC de giroscopio MEMS de 3 ejes, por ejemplo, con tres convertidores analógico a digital (ADCs) de 16 bits para digitalizar las salidas del giroscopio, un ancho de banda de filtro de paso bajo interno seleccionable por el usuario y una Interfaz I²C de Modo Rápido (400 kHz). El giroscopio 116 también puede incluir un sensor de temperatura integrado y un oscilador interno con una precisión del 2 %. Un ejemplo de giroscopio que puede usarse es el ITG-3200 3 IC disponible comercialmente de InvenSense, Inc. Podrían usarse otros giroscopios.

30 El sensor de desplazamiento 110 puede configurarse para medir el desplazamiento de una punta móvil 124 que se encuentra presionada por un resorte u otro tipo de uno o más elementos de presión. Por ejemplo, la punta 124 puede moverse con relación al cuerpo 126 del dispositivo, de manera que la punta puede desviarse (por ejemplo, desplazarse una distancia) acorde con la fuerza aplicada, como en respuesta a presionar la punta contra una superficie sólida (por ejemplo, una pantalla táctil de la tableta). El sensor de desplazamiento 110 puede proporcionar así una señal de salida indicativa del desplazamiento a lo largo de un eje dado que es paralelo a un eje longitudinal del dispositivo 100. La señal de salida puede proporcionarse al sistema de control y almacenarse como datos de desplazamiento en la memoria 106. El sistema de control 102 puede programarse para convertir los datos de desplazamiento a un valor de presión correspondiente en base a las propiedades mecánicas del resorte de presión que se implementa.

40 El procesador 104 puede ejecutar instrucciones para controlar el muestreo de datos de los sensores y el almacenamiento de dichos datos en la memoria 106. El procesador 104 también puede controlar la transferencia de los datos de detección almacenados desde los sensores 112, 114, 116, 110 y 118 a la máquina informática remota en la que el dispositivo se registra mediante programación para la comunicación. Por ejemplo, las instrucciones asociadas con cada tarea implementada en la máquina remota pueden usarse para controlar la comunicación de los datos detectados. Alternativamente, el dispositivo 100 puede transmitir datos detectados desde todos sus sensores a través del sistema de comunicación 120 de forma continua en tiempo real o a una velocidad definida y los datos requeridos pueden extraerse de los datos transmitidos de acuerdo con los requisitos de la tarea de la aplicación.

50 La Figura 4 representa un ejemplo de instrucciones legibles por máquina que pueden almacenarse en un medio legible por ordenador no transitorio (por ejemplo, la memoria 106 de la Figura 3) y ejecutarse por un recurso de procesamiento (por ejemplo, el procesador 104 de la Figura 3) que opera en un dispositivo de lápiz activo (por ejemplo, el dispositivo 14 de la Figura 1, el dispositivo 100 de la Figura 3). Por ejemplo, los datos y las instrucciones 150 pueden usarse para implementar la función y los procedimientos y se divulgan en la presente memoria con respecto al dispositivo portátil. Las señales de cada uno de los sensores respectivos pueden preprocesarse mediante hardware y/o software representado por los bloques de procesamiento de señales 152, 154, 156 y 158. Por ejemplo, el procesamiento de señales 152, 154, 156 y 158 puede implementar una conversión de analógico a digital, filtrado y otro procesamiento de los datos proporcionados por los sensores respectivos, para proporcionar los datos como una señal digital de n bits, donde n es un número entero positivo (por ejemplo, n = 10) que indica el número de bits para las respectivas señales procesadas. Aunque se comenta que la conversión ocurre como parte de las instrucciones de procesamiento 60 150, tal conversión y otro procesamiento también podrían implementarse dentro de cada sensor respectivo.

- 5 Como ejemplo, la información del sensor de desplazamiento (por ejemplo, el sensor de desplazamiento 110 de la Figura 3) puede emplear el procesamiento de señales 152 para suavizar la información de desplazamiento muestreada proporcionada por el sensor de desplazamiento. El procesamiento de señales puede proporcionar datos de desplazamiento procesados a un calculador de presión 160. El calculador de presión 160 puede programarse para calcular la presión en términos de fuerza por unidad de área en base a los datos de desplazamiento procesados y las propiedades mecánicas de la presión usada para resistir el desplazamiento de la punta. El calculador de presión 160 puede, a su vez, almacenar la información de presión calculada como datos de presión 162 en el medio correspondiente legible por máquina. Adicional o alternativamente, los datos de desplazamiento también pueden almacenarse como los datos 162.
- 10 La información del acelerómetro puede incluir información de aceleración analógica para cada uno de una pluralidad de ejes ortogonales de sensibilidad, que tienen una orientación predefinida con respecto al eje del lápiz. Por tanto, el procesamiento de señales 154 puede convertir la información de aceleración analógica en valor digital para la aceleración a lo largo de cada uno de los ejes respectivos, así como realizar el filtrado de paso bajo y la normalización de las respectivas señales de aceleración para proporcionar información de aceleración preprocesada. Puede programarse un calculador de aceleración 164 para calcular los datos de aceleración en las unidades correspondientes en base a las señales de aceleración procesadas y un rango conocido del acelerómetro. Los valores de aceleración calculados para cada eje, así como los datos de aceleración procesados pueden almacenarse como datos de aceleración 166 en la memoria correspondiente.
- 15 Los datos del giroscopio también pueden someterse al procesamiento de señales 156 para proporcionar información procesada del girómetro a un calculador de velocidad angular 168. El calculador de velocidad angular 168 puede calcular una velocidad angular de rotación para el dispositivo de lápiz en base a las señales del girómetro que se procesan. Por tanto, la velocidad angular puede corresponder a una medición de la velocidad angular para el dispositivo de lápiz alrededor de uno o más ejes. La velocidad angular correspondiente para cada uno de dichos ejes, así como una posición angular, pueden calcularse y almacenarse en los datos del girómetro 170. Las señales del girómetro digital procesadas también pueden almacenarse como parte de los datos del girómetro 170.
- 20 El magnetómetro puede proporcionar un vector de campo magnético. El vector de campo magnético puede preprocesarse mediante el procesamiento de señales 158 para eliminar el ruido extraño, y la información procesada del magnetómetro puede proporcionarse como una señal digital a un calculador de rumbo 172. El calculador de rumbo 172 puede programarse para calcular un rumbo del dispositivo de lápiz en base a la información procesada del magnetómetro. La información de rumbo puede almacenarse como datos del magnetómetro 174 junto con los datos del campo magnético proporcionados por el bloque de procesamiento de señales 158.
- 25 Puede programarse un calculador de vector de posición 3D 176 para calcular información de posición (desplazamiento angular 3D) a lo largo de tres ejes ortogonales (los ejes X, Y, Z) del dispositivo de lápiz. El calculador de posición 3D puede programarse para calcular la posición angular en base a los datos de aceleración 166, los datos del girómetro 170 y los datos del magnetómetro 174. Por ejemplo, los datos del girómetro 170 pueden integrarse para obtener una indicación del desplazamiento. Los datos del acelerómetro (por ejemplo, en planos perpendiculares a la tierra) y los datos del magnetómetro 174 (por ejemplo, en los planos paralelos al suelo) pueden emplearse para corregir el arrastre en la integración del giroscopio. La información de posición resultante puede almacenarse como datos de posición y comunicarse de forma inalámbrica al aparato informático como se divulga en la presente memoria. Como se divulga en la presente memoria, cada uno de los datos de presión 162, los datos de aceleración 166, los datos del girómetro 170, los datos del magnetómetro 174 y los datos de posición 178 pueden incluir marcas de tiempo respectivas que pueden sincronizarse y coordinarse con los datos de la pantalla táctil para su uso en la evaluación y análisis de los respectivos trastornos del movimiento.
- 30 La Figura 5 representa un ejemplo de un sistema 200 que puede implementarse para diagnosticar y tratar trastornos del movimiento. Como se muestra en el ejemplo de la Figura 5, el sistema 200 incluye un dispositivo informático portátil 202 y un lápiz activo 204 que se conectan entre sí a través del enlace de comunicación 206, tal como se divulga con respecto al sistema 10 de la Figura 1. El dispositivo informático 202 puede implementarse como una computadora tipo tableta, que incluye una HMI 224. La HMI 224 puede corresponder a una pantalla táctil y también puede incluir uno o más botones o dispositivos (por ejemplo, teclado, mouse, panel táctil o similares) con los que un usuario puede interactuar con el dispositivo informático 202 portátil. El lápiz 204 puede encontrarse separado y moverse de forma independiente con respecto al HMI 224 del dispositivo informático 202, por ejemplo, para realizar las tareas de evaluación de trastornos del movimiento, como se divulga en la presente memoria.
- 35 El dispositivo informático 202 portátil puede conectarse a una red 208 a través del enlace de comunicación 210 correspondiente. El dispositivo informático portátil puede incluir una interfaz de red 218 que puede usarse para formar el enlace de comunicación 210 con la red 208. El enlace de comunicación 210 puede implementarse como un enlace inalámbrico, como se divulga en la presente memoria. En otros ejemplos, el enlace de comunicaciones podría ser un enlace físico (por ejemplo, Ethernet o fibra óptica) que implementa un protocolo de red para comunicar datos bidireccionales. De esta forma, el dispositivo informático 202 portátil puede comunicarse con un servidor 212 así como con una o más computadoras remotas 214 a través de la red 208. El servidor 212 puede programarse con procedimientos y funciones para permitir el almacenamiento de datos recopilados por el dispositivo informático 202 portátil de acuerdo con las diversas tareas divulgadas en la presente memoria para cualquier número de uno o más
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

de una pluralidad de pacientes respectivos. En otro ejemplo, el servidor 212 puede incluir el procesador, la memoria y la interfaz de comunicaciones (como se describe con respecto al dispositivo informático 202) y de ese modo ejecutar instrucciones correspondientes a las tareas divulgadas en la presente memoria. Por tanto, el servidor 212 puede generar una interfaz gráfica de usuario que puede presentarse de forma remota (por ejemplo, a través de un navegador) para la presentación local a través de la HMI 224 y emplear la interfaz de comunicaciones para recibir la información de movimiento y posición del dispositivo portátil, así como los datos de entrada del usuario de la HMI. En cada ejemplo, el servidor 212 puede compilar una base de datos de datos de análisis de movimiento para uno o una población de pacientes.

El servidor 212 puede incluir además servicios a los que puede accederse desde el ordenador remoto 214, por ejemplo, a través de una interfaz de usuario 216 del proveedor. Además, la interfaz de usuario 216 del proveedor puede configurarse para comunicarse con el dispositivo informático 202 portátil a través de la red 208. Por ejemplo, un usuario autorizado puede emplear la interfaz de usuario 216 del proveedor para programar o proporcionar de cualquier otra manera instrucciones al dispositivo informático 202. Las instrucciones correspondientes u otra información, por ejemplo, pueden almacenarse en la memoria 220 del dispositivo informático portátil.

El dispositivo informático 202 también puede incluir un procesador 222 que puede acceder a datos e instrucciones almacenados en la memoria 220. Por ejemplo, la memoria 220 puede incluir instrucciones correspondientes a las tareas 54 de la Figura 2 así como otras funciones y procedimientos divulgados en la presente memoria que pueden implementarse en un dispositivo informático portátil como una tableta. El dispositivo informático portátil también incluye una interfaz de comunicación 226 que permite la comunicación de datos entre el dispositivo informático portátil y el lápiz activo 204 a través del enlace 206, tal como se divulga en la presente memoria. El protocolo inalámbrico usado para el enlace 206 puede ser el mismo o diferente del protocolo inalámbrico usado para el enlace 210.

El sistema 200 también puede incluir un aparato de estimulación implantable 230, tal como un IPG, que puede configurarse para suministrar terapia de estimulación a un paciente. Por ejemplo, el generador de impulsos implantable puede implantarse en un paciente y conectarse a uno o más electrodos continuos de derivaciones ubicados estratégicamente en la anatomía del paciente, como dentro del cerebro u otra parte del sistema nervioso para administrar estimulación eléctrica. Alternativa o adicionalmente, el aparato de estimulación 230 puede configurarse para suministrar estimulación óptica al tejido adyacente, por ejemplo, al proporcionar iluminación en una o más longitudes de onda especificadas. Como otro ejemplo más, el aparato de estimulación 230 puede administrar estimulación química mediante la administración de un agente terapéutico químico. Puede proporcionarse uno o más tipos de dicha estimulación (por ejemplo, eléctrica, óptica y/o química) para iniciar o inhibir un potencial de acción en el tejido circundante.

Para controlar la aplicación de estimulación al paciente, el aparato de estimulación 230 puede incluir un sistema de control 232 que puede incluir un procesador 234 y una memoria 236. El procesador 234 puede configurarse para acceder a la memoria 236 y ejecutar instrucciones almacenadas en ella. La memoria 236, a su vez, puede incluir instrucciones para controlar el funcionamiento del aparato de estimulación 230, incluida la administración de la estimulación proporcionada por un sistema de salida 238 en base a uno o más parámetros de control. Los parámetros de control y la configuración del sistema de salida 238 pueden variar en función del tipo de estimulación. El aparato de estimulación 230 también puede incluir un sistema de energía 244 configurado para suministrar energía eléctrica desde una batería interna a los circuitos del aparato de estimulación. La batería puede ser recargable o desechable.

Para mejorar la eficacia de la estimulación proporcionada por el aparato de estimulación 230 a un paciente determinado, uno o más parámetros almacenados en la memoria 236 pueden programarse en respuesta a las instrucciones de programación recibidas a través de un transceptor 240. Por ejemplo, el transceptor 240 puede configurarse para comunicarse con el dispositivo informático portátil 202 a través de un enlace de comunicación 242 entre el dispositivo informático y el aparato de estimulación 230. Como ejemplo, el transceptor 240 puede programarse y/o configurarse para implementar una tecnología de comunicación inalámbrica bidireccional de corto alcance, como Bluetooth, acoplamiento inductivo o uno de los protocolos 802.11x. Alternativamente, el enlace de comunicaciones 242 puede ser un enlace físico (por ejemplo, una conexión de fibra óptica o eléctricamente conductora). El dispositivo informático 202 puede incluir otra interfaz de comunicaciones 246 que se configura para comunicarse con el aparato de estimulación 230 a través del enlace de comunicaciones 242. Las comunicaciones pueden ocurrir mediante el uso de un protocolo conocido o un protocolo propietario, tal como para comunicar información entre el aparato de estimulación y el dispositivo informático 202.

A modo de ejemplo adicional, un paciente puede realizar una o más series de tareas para una sesión de prueba determinada, tal como se divulga en la presente memoria, para adquirir datos de resultados correspondientes para que un paciente cuantifique objetivamente el trastorno del movimiento del paciente. En base a los datos de los resultados para una o más sesiones de prueba, el dispositivo informático 202 puede programarse para calcular los parámetros de control actualizados para el aparato de estimulación 230. El dispositivo informático puede proporcionar las instrucciones de control actualizadas al aparato de estimulación 230 a través del enlace 242, y los parámetros pueden almacenarse en la memoria 236.

Para el ejemplo del aparato de estimulación 230 configurado para administrar estimulación eléctrica, el sistema de salida de estimulación 238 puede conectarse eléctricamente a uno o más cables que se colocan estratégicamente en

el sistema nervioso del paciente, como un sitio intracraneal para la estimulación cerebral profunda. Por tanto, el sistema de control 232 puede controlar el suministro de corriente o voltaje a los cables, así como qué cables se activan en base a los parámetros de control almacenados en la memoria 236. Los parámetros de control pueden incluir amplitud, ancho de pulso (por ejemplo, duración), frecuencia, forma de onda o similares. Estos y otros parámetros de control pueden ajustarse en base a los resultados de las pruebas realizadas por el paciente mediante el uso del dispositivo informático y el lápiz como se divulga en la presente memoria.

Por tanto, como parte del programa de monitorización y tratamiento para un paciente determinado, el dispositivo informático 202 puede programarse para ajustar y actualizar los parámetros de estimulación a lo largo del tiempo en base a las pruebas que realiza un paciente determinado. Después de que se ajusten los parámetros de estimulación en base a los datos de los resultados, el paciente puede realizar más pruebas durante un período de tiempo (por ejemplo, uno o más días o una semana). Los resultados de la prueba que se obtienen después de la actualización o el ajuste de los parámetros de estimulación pueden analizarse mediante los procedimientos de análisis de movimiento correspondientes del dispositivo de computación portátil 202 para determinar si se requieren ajustes adicionales o si se logra un nivel adecuado (por ejemplo, un objetivo) de una mejora en el trastorno del movimiento. Además de emplear los datos de los resultados de las pruebas, como se divulga en la presente memoria, los datos clínicos del paciente también pueden combinarse con los datos de las pruebas. Los datos clínicos pueden incluir una indicación del tiempo por el cual el paciente tiene un trastorno determinado, la edad, el peso del paciente u otros factores que pueden afectar la prueba de un paciente. De esta manera, el dispositivo informático puede emplear un control de circuito cerrado en base a la retroalimentación de la prueba para ajustar y mantener los parámetros de estimulación para un paciente determinado.

Adicional o alternativamente, los datos de resultados para un paciente determinado pueden verse y evaluarse por un proveedor de atención médica, por ejemplo, a través de la interfaz de usuario 216 del proveedor. El proveedor correspondiente, que tiene autorización suficiente, puede establecer parámetros de estimulación actualizados que pueden enviarse a través de la red 208 al dispositivo informático 202 portátil y almacenarse en la memoria 220. Los procedimientos de control almacenados en la memoria 220 pueden a su vez enviar los parámetros de estimulación actualizados a través de la interfaz de comunicaciones 246 para programar el aparato de estimulación 230. Los parámetros de estimulación actualizados pueden almacenarse en la memoria local 236 para su uso en el control de la administración posterior de la terapia al paciente. Por tanto, como se divulga en la presente memoria, el procedimiento de actualización y ajuste de los parámetros de estimulación puede ser completamente automatizado, ser completamente manual o implementar una combinación de modificaciones manuales y automatizadas de los parámetros de estimulación almacenados en la memoria 236.

Los parámetros de estimulación pueden calibrarse inicialmente a través de un conjunto predeterminado de tareas realizadas en una sesión de programación en una reunión en persona con un proveedor. Otro conjunto de tareas, que pueden ser iguales o diferentes de la sesión de programación, puede entonces realizarse por el paciente de forma remota en ausencia del proveedor, cuyos resultados pueden usarse para actualizar los parámetros de estimulación. Como ejemplo adicional, los resultados de las pruebas para un paciente determinado pueden agregarse durante un período de tiempo y evaluarse en total para garantizar la confiabilidad suficiente de las mediciones del trastorno del movimiento del paciente, así como para evaluar el nivel de función que un paciente determinado puede lograr como se describe en los datos de resultados.

Por tanto, se apreciará que el sistema 200 de la Figura 5, así como otros sistemas y procedimientos divulgados en la presente memoria, facilitan la monitorización a distancia, como a través de la telemedicina. Adicionalmente, dado que la prueba puede autoadministrarse, permite a un proveedor de cuidados (por ejemplo, un médico) controlar el estado del paciente a lo largo del tiempo para determinar el curso de la enfermedad y el efecto de la intervención para cada uno de una pluralidad de pacientes. Por ejemplo, los resultados y los datos adquiridos pueden transferirse directamente a los médicos del paciente u otros proveedores de atención para evaluar el progreso durante un período de tiempo sin requerir visitas al consultorio. En los ejemplos en los que el sujeto incluye el aparato de estimulación implantable 230, el proveedor y/o los procedimientos implementados por ordenador que operan de forma remota (por ejemplo, el servidor 212 o quitar la computadora 214) o dentro de forma local en el dispositivo de computación 202 pueden programarse para establecer uno o más parámetros de estimulaciones en base a los resultados y otros datos adquiridos a lo largo del tiempo.

Para proporcionar un contexto adicional, la Figura 4 representa un ejemplo de un sistema 250 que puede usarse para implementar los procedimientos de prueba divulgados en la presente memoria. El sistema 250 incluye una tableta 252, que incluye una pantalla táctil HMI. El sistema 250 también incluye un lápiz activo 254 que se encuentra separado de la pantalla táctil de la tableta 252 y puede moverse de forma independiente con respecto a ella, para realizar las tareas de evaluación de trastornos del movimiento, como se divulga en la presente memoria.

Como lo apreciará un experto en la técnica, pueden contenerse porciones de la invención como un procedimiento, un sistema de procesamiento de datos, o un producto de programa informático. En consecuencia, estas porciones de la presente invención pueden tomar la forma de una realización completamente de hardware, una realización completamente de software, o una realización que combina aspectos de software y hardware. Además, porciones de la invención pueden ser un producto de programa informático en un medio de almacenamiento usable por ordenador que tiene un código de programa legible por ordenador en el medio. Puede usarse cualquier medio de almacenamiento

legible por ordenador adecuado, incluidos dispositivos de almacenamiento dinámicos y estáticos, discos duros, dispositivos de almacenamiento óptico, y dispositivos de almacenamiento magnético.

Ciertas realizaciones de la invención se describen en la presente memoria con referencia a ilustraciones de diagramas de flujo de procedimientos, sistemas y productos de programas informáticos. Se entenderá que los bloques de las ilustraciones y las combinaciones de bloques en las ilustraciones pueden implementarse mediante instrucciones ejecutables por ordenador. Estas instrucciones ejecutables por ordenador pueden proporcionarse a uno o más procesadores de una computadora de propósito general, computadora de propósito especial u otro aparato de procesamiento de datos programable (o una combinación de dispositivos y circuitos) para producir una máquina, de modo que las instrucciones, que ejecutan a través del procesador, implemente las funciones especificadas en el bloque o bloques.

Estas instrucciones ejecutables por ordenador pueden también almacenarse en una memoria legible por ordenador que puede dirigir una computadora u otro aparato de procesamiento de datos programable para que funcione de una manera particular, de manera que las instrucciones almacenadas en el medio legible por ordenador producen un artículo de fabricación que incluye instrucciones las cuales implementan las funciones especificadas en el bloque o los bloques de diagramas de flujo. La instrucción de programa informático puede cargarse además en una computadora u otro aparato de procesamiento de datos programable para lograr que una serie de etapas operacionales se ejecuten en la computadora u otro aparato programable para producir un procedimiento implementado por ordenador, de manera que las instrucciones que se ejecutan en la computadora u otro aparato programable proporcionan las etapas para implementar las funciones especificadas en el bloque o los bloques de diagramas de flujo.

En vista de las características estructurales y funcionales anteriores descritas anteriormente, se apreciará mejor un procedimiento de ejemplo con referencia a la Figura 7. Aunque, para simplificar la explicación, el procedimiento de ejemplo de la Figura 7 se muestra y describe al ejecutarse en serie, debe entenderse y apreciarse que los presentes ejemplos no se limitan por el orden ilustrado, ya que algunas acciones podrían ocurrir en otros ejemplos en diferentes órdenes y/o al mismo tiempo que las mostradas y descritas en la presente memoria. El procedimiento puede implementarse como instrucciones legibles por ordenador, como pueden almacenarse en un medio no transitorio, como un dispositivo de memoria. Las instrucciones en el medio pueden ejecutarse por una unidad de procesamiento.

El procedimiento 300 comienza en 302, por ejemplo, en relación con el inicio de una sesión de prueba, que puede incluir cualquier número de una o más tareas predeterminadas, como se divulga en la presente memoria. Cada tarea puede comenzar a una hora de inicio que puede indicarse mediante una HMI (por ejemplo, HMI 12 del dispositivo informático 23 de la Figura 1 o HMI 224 de la Figura 5), que puede incluir una señal sonora y/o visual. Cada tarea también puede involucrar un dispositivo portátil (por ejemplo, el dispositivo 14 de la Figura 1 o el lápiz 204 de la Figura 5) que puede moverse por separado desde la HMI. En 304, el procedimiento incluye recibir datos de movimiento y posición, como a través de un enlace de comunicaciones. Por ejemplo, los datos de movimiento y posición pueden generarse en base al movimiento y la posición detectados por sensores (por ejemplo, sensores 112, 114, 116 y/o 110 de la Figura 3) de un dispositivo portátil durante la tarea predeterminada. En 306, los datos de movimiento y posición pueden combinarse (por ejemplo, mediante la agregación de datos 64 de la Figura 2) para proporcionar datos de movimiento agregados que describen el movimiento multidimensional del dispositivo portátil. En 308, los datos de vectores de movimiento agregados pueden convertirse (por ejemplo, mediante el calculador de movimiento relativo 67 de la Figura 3) en datos de movimiento relativo correspondientes a la posición y el movimiento del dispositivo portátil con respecto a un marco de referencia de la interfaz hombre-máquina. En 310, los datos de entrada del usuario pueden almacenarse (por ejemplo, en la memoria del dispositivo informático) en respuesta a las interacciones del usuario detectadas por la interfaz hombre-máquina durante al menos una tarea predeterminada.

En 312 se determina si la prueba se completa. Si la prueba no se completa, el procedimiento puede pasar a 314 para cargar la siguiente tarea. A partir de 314, el procedimiento puede repetir 304-310 para dicha tarea. Si se completa la prueba, el procedimiento pasa a 316. En 316, puede calcularse una indicación de uno o más trastornos del movimiento (por ejemplo, mediante cualquiera de las calculadoras del análisis de movimiento 62 de la Figura 2) en base a los datos de movimiento relativo y los datos de entrada del usuario.

En algunos ejemplos, cuando un sujeto tiene un aparato de estimulación implantable (por ejemplo, el aparato 230 de la Figura 5), el procedimiento puede pasar a 318 para programar el aparato de estimulación implantable en base a la indicación de al menos un trastorno del movimiento. La indicación de un trastorno del movimiento puede provenir de una prueba o de una pluralidad de sesiones de prueba diferentes. Como se divulga en la presente memoria, por ejemplo, puede realizarse una pluralidad de sesiones de prueba para que ocurran en momentos diferentes, y cada uno de 304-316 puede repetirse para cada una de la pluralidad de sesiones de prueba. Cuando se realizan múltiples pruebas durante un período de tiempo, la indicación de al menos un desorden de movimiento puede calcularse en base a los datos de movimiento relativo y los datos de entrada del usuario de al menos dos de la pluralidad de sesiones de prueba, como dos o más sesiones recientes.

En vista de lo anterior, el enfoque divulgado en la presente memoria ofrece una oportunidad para una monitorización prolongada de pacientes que pueden tener diferentes grados de gravedad de los síntomas en función de la hora del día y/o en función del tiempo entre una dosis de medicación y la siguiente. Cuando se examinan por los médicos, los

pacientes se ven en varios grados de gravedad de los síntomas, lo que proporciona al médico solo una instantánea de la carga de los síntomas durante el día. Los médicos confían en la información del paciente sobre la gravedad de los síntomas en otros momentos. La simplicidad de este enfoque permite a los pacientes registrar la gravedad de los síntomas varias veces al día, incluidos los momentos en los que el control de los síntomas es promedio, peor y mejor. Esta información puede proporcionarse y revisarse por los médicos en conjunto y proporcionar una mejor imagen objetiva de la gravedad de los síntomas durante un período de tiempo.

Adicionalmente, aunque el enfoque divulgado en la presente memoria puede emplearse para cuantificar los síntomas de la enfermedad de Parkinson, el enfoque es igualmente aplicable a otros trastornos y síntomas del movimiento. Por ejemplo, además de la enfermedad de Parkinson, el aparato, cada uno de los sistemas y procedimientos divulgados en la presente memoria son igualmente aplicables para evaluar otros trastornos del movimiento, como por ejemplo, acatisia, acinesia, movimientos asociados (por ejemplo, movimientos en espejo o sincinesia homolateral), atetosis, ataxia, balismo, hemibalismo, bradicinesia, parálisis cerebral, corea, corea de Sydenham, corea reumática, enfermedad de Huntington, distonía, genioespasmo, mioclono, síndrome metabólico del movimiento por malestar general (MGUMS), trastorno del movimiento en espejo, discinesia cinesigénica paroxística, enfermedad de WittMaack-Ekboms, espasmos, trastornos estereotipados del movimiento, estereotipias, discinesia tardía, trastornos de tics, temblores y enfermedad de Wilson.

Lo que se describe anteriormente son ejemplos. Por supuesto no es posible describir cada combinación concebible de componentes o metodologías, pero un experto en la técnica puede reconocer que son posibles muchas combinaciones o permutaciones adicionales. En consecuencia, se pretenden abarcar todas estas alteraciones, modificaciones y variaciones como que caen dentro del ámbito de la presente solicitud, incluidas las reivindicaciones adjuntas. Como se usa en la presente memoria, el término "incluye" significa que incluye, pero no se limita a, el término "que incluye" significa que incluye, pero no se limita a. El término "en base a" significa basado al menos en parte en. Adicionalmente, cuando la divulgación o las reivindicaciones mencionan "un", "una", "un primer" u "otro" elemento, o su equivalente, debe interpretarse que incluye uno o más de uno de esos elementos, sin requerir ni excluir dos o más de estos elementos.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) que comprende:
 - una memoria (22) para almacenar instrucciones y datos ejecutables por ordenador; y
 - un procesador (20) configurado para acceder a la memoria (22) y ejecutar las instrucciones ejecutables por ordenador que comprenden:
 - un agregador de datos (64) para combinar datos de movimiento y posición de una pluralidad de sensores (108) en datos de movimiento agregados que describen el movimiento multidimensional de un dispositivo portátil (14),
 - en el que el dispositivo portátil comprende un lápiz activo, estando integrada la pluralidad de sensores en el lápiz activo,
 - en el que la pluralidad de sensores comprende al menos dos de un acelerómetro multidimensional, un magnetómetro multidimensional y un giroscopio multidimensional;
 - en el que la pluralidad de sensores del dispositivo portátil comprende además un sensor de desplazamiento configurado para medir el desplazamiento de una punta móvil que se extiende desde un extremo del lápiz activo;
 - un calculador de movimiento relativo (67) para convertir los datos de movimiento agregados en datos de movimiento relativo correspondientes a un marco de referencia de una interfaz hombre-máquina (12), estando separada la interfaz hombre-máquina del dispositivo portátil;
 - un calculador de presión (74) que se programa para calcular una indicación de fuerza correspondiente a una interacción entre el lápiz activo y la interfaz hombre-máquina en base al desplazamiento medido, y
 - un calculador para calcular una indicación de un desorden de movimiento en base a los datos de movimiento relativo, la indicación de fuerza y los datos de entrada del usuario que se almacenan en la memoria (22), generándose los datos de entrada del usuario en respuesta a la interacción del usuario entre el dispositivo portátil y la interfaz hombre-máquina.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el calculador comprende un calculador de temblores (66) para caracterizar el desorden de movimiento como un temblor en base a los datos de movimiento relativo y los datos de entrada del usuario que se almacenan en la memoria (22) en respuesta a la interacción entre el dispositivo portátil (14) y la interfaz hombre-máquina (12).
3. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el calculador comprende un calculador de bradicinesia (68) para caracterizar el trastorno del movimiento como bradicinesia en base a los datos de movimiento relativo y los datos de entrada del usuario que se almacenan en la memoria (22) en respuesta a la interacción entre el dispositivo portátil (14) y la interfaz hombre-máquina (12).
4. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el calculador comprende un calculador de destreza (70) para caracterizar el desorden de movimiento en base a una indicación de destreza determinada en base a los datos de movimiento relativo y los datos de entrada del usuario que se almacenan en la memoria (22) en respuesta a la interacción entre el dispositivo portátil (14) y la interfaz hombre-máquina (12).
5. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que las instrucciones comprenden además un control de tarea (52) configurado para controlar la interfaz hombre-máquina (12) sobre cada una de una pluralidad de tareas separadas, los datos de movimiento y posición obtenidos de la pluralidad de sensores (108) y los datos de entrada del usuario obtenidos de la interfaz hombre-máquina (12) durante cada una de la pluralidad de tareas que se almacenan en la memoria (22), almacenándose los datos de entrada del usuario en respuesta a la interacción entre el dispositivo portátil (14) y la interfaz hombre-máquina (12).
6. El sistema de la reivindicación 1, en el que el dispositivo portátil (14) comprende además un calculador de desplazamiento angular (176) para calcular el desplazamiento angular multidimensional del dispositivo portátil (14) en base al acelerómetro multidimensional (112), el magnetómetro multidimensional (114) y el giroscopio multidimensional (116).
7. El sistema de cualquier reivindicación anterior, que comprende además una interfaz de comunicaciones (18) configurada para recibir los datos de movimiento y posición del dispositivo portátil (14), los datos de movimiento y posición que representan la posición y el movimiento del dispositivo portátil (14) durante un intervalo de tiempo correspondiente a cada una de una serie de tareas.

- 5
8. El sistema de la reivindicación 7, en el que los datos de entrada del usuario representan la interacción del dispositivo portátil (14) con la interfaz hombre-máquina (12) durante cada una de las series de tareas, los datos de movimiento y posición se sincronizan en el tiempo con los datos de entrada del usuario para cada una de las series de tareas.
- 10
9. El sistema de la reivindicación 7, que comprende además un servidor que se programa para generar una interfaz gráfica de usuario que se proporciona a través de una red a un dispositivo informático que incluye la interfaz hombre-máquina (12), el dispositivo informático se programa, además, en tiempo real de adquisición de datos durante al menos una de las tareas, para proporcionar instrucciones o comentarios al usuario al mismo tiempo que al menos una de las tareas.
- 15
10. El sistema de cualquier reivindicación anterior, que comprende además un aparato de estimulación implantable (230) configurado para generar una salida en base a, al menos, un parámetro de estimulación, el dispositivo informático se configura para programar al menos un parámetro de estimulación en base a la indicación del trastorno del movimiento.
- 20
11. El sistema de la reivindicación 10, en el que el sistema comprende además un ordenador remoto (214) configurado para comunicarse con el dispositivo informático a través de una red, al proporcionar el ordenador remoto instrucciones al dispositivo informático para programar al menos un parámetro de estimulación en respuesta a una entrada de usuario.

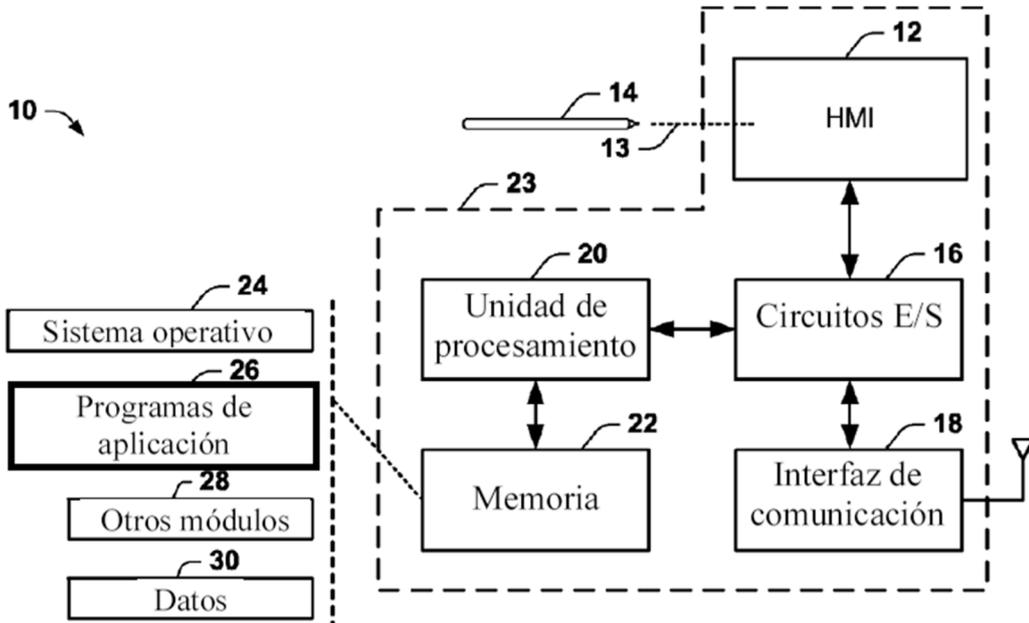


Figura 1

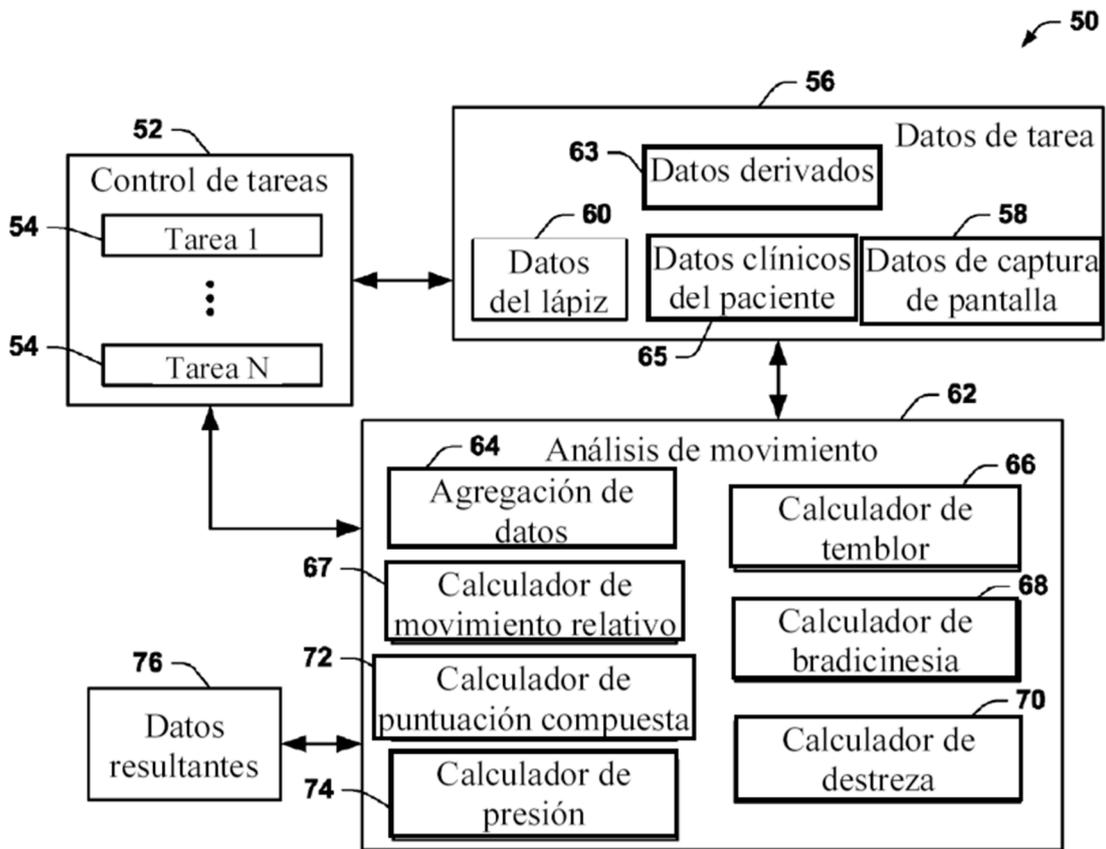


Figura 2

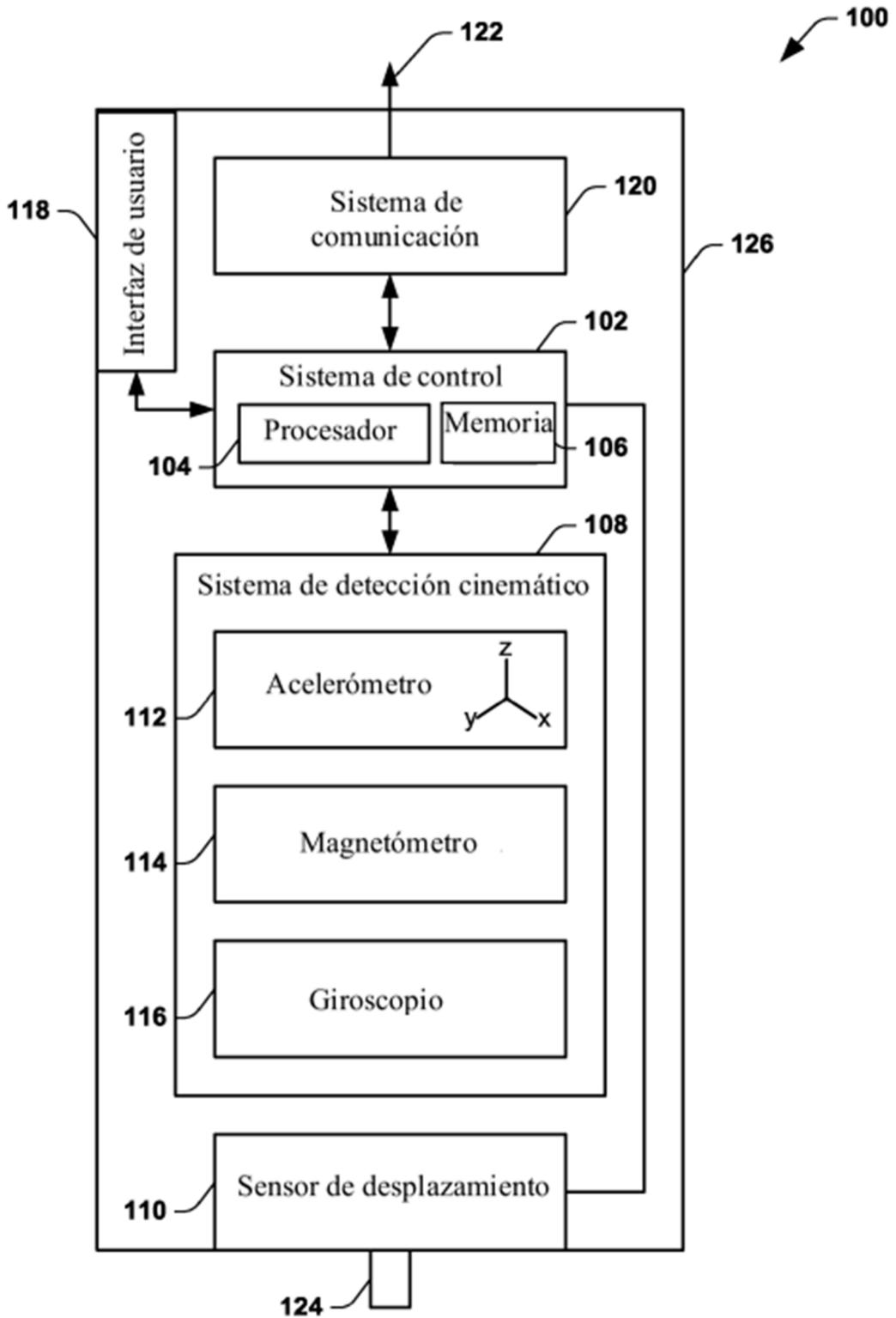


Figura 3

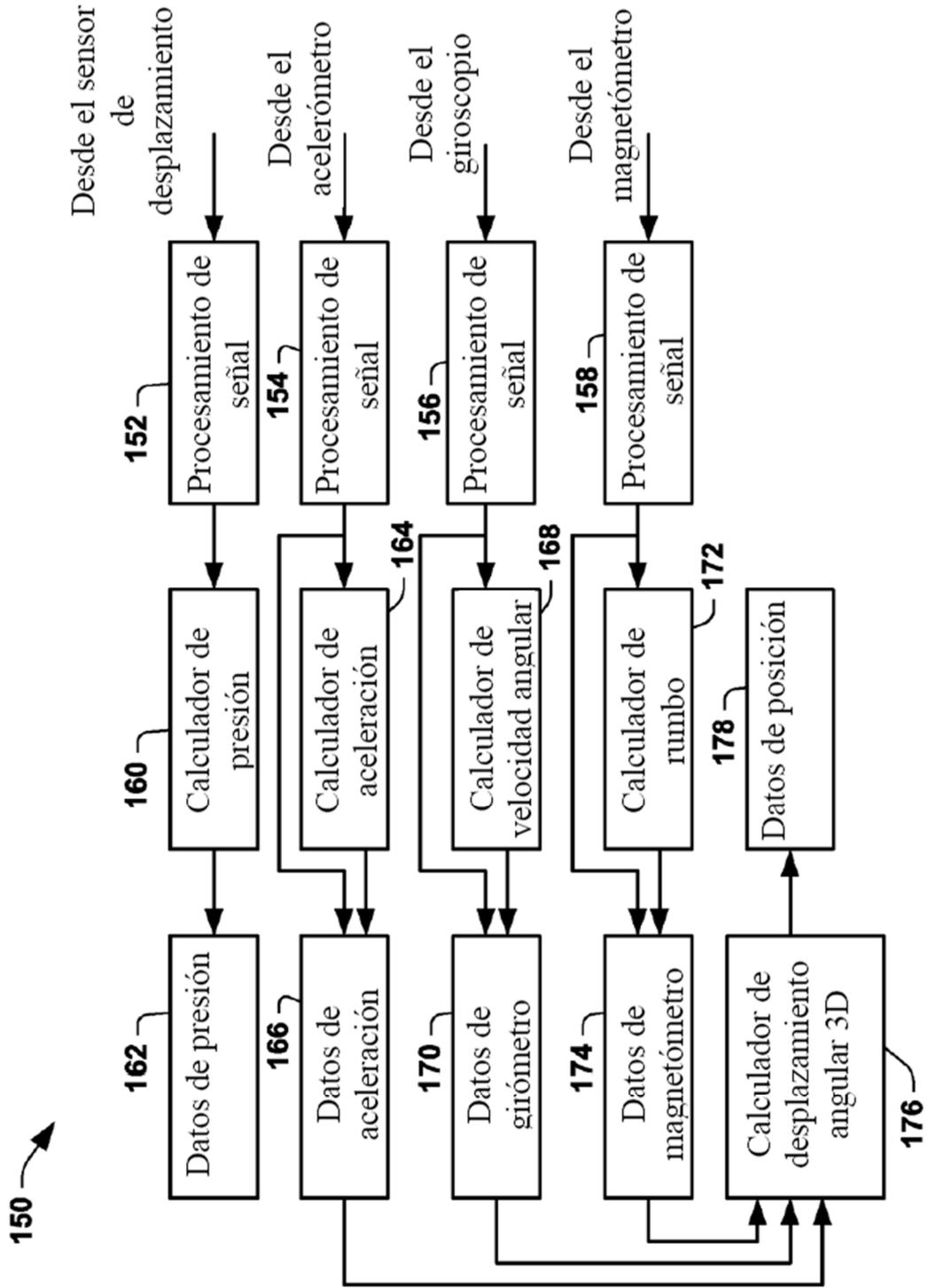


Figura 4

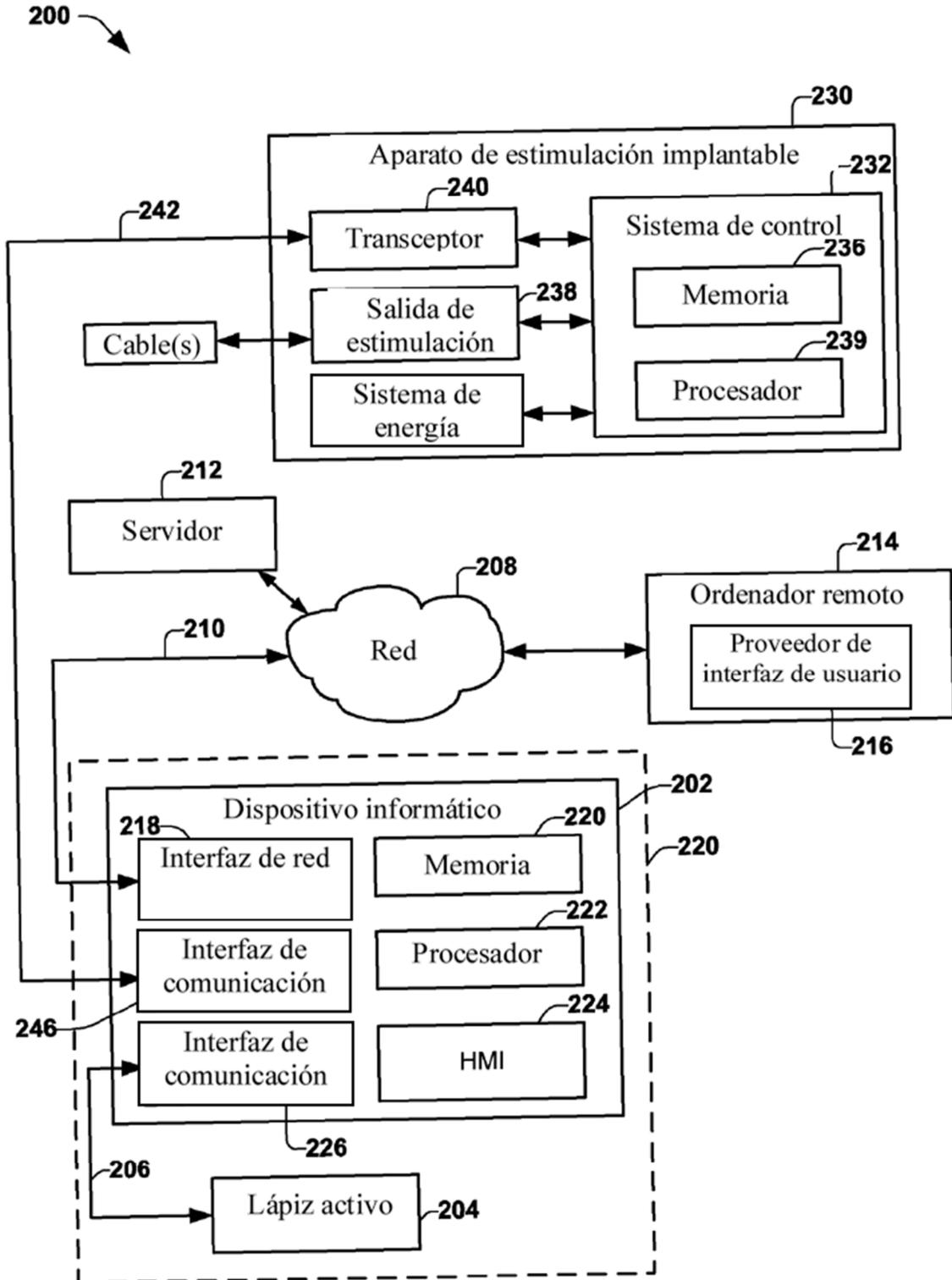


Figura 5

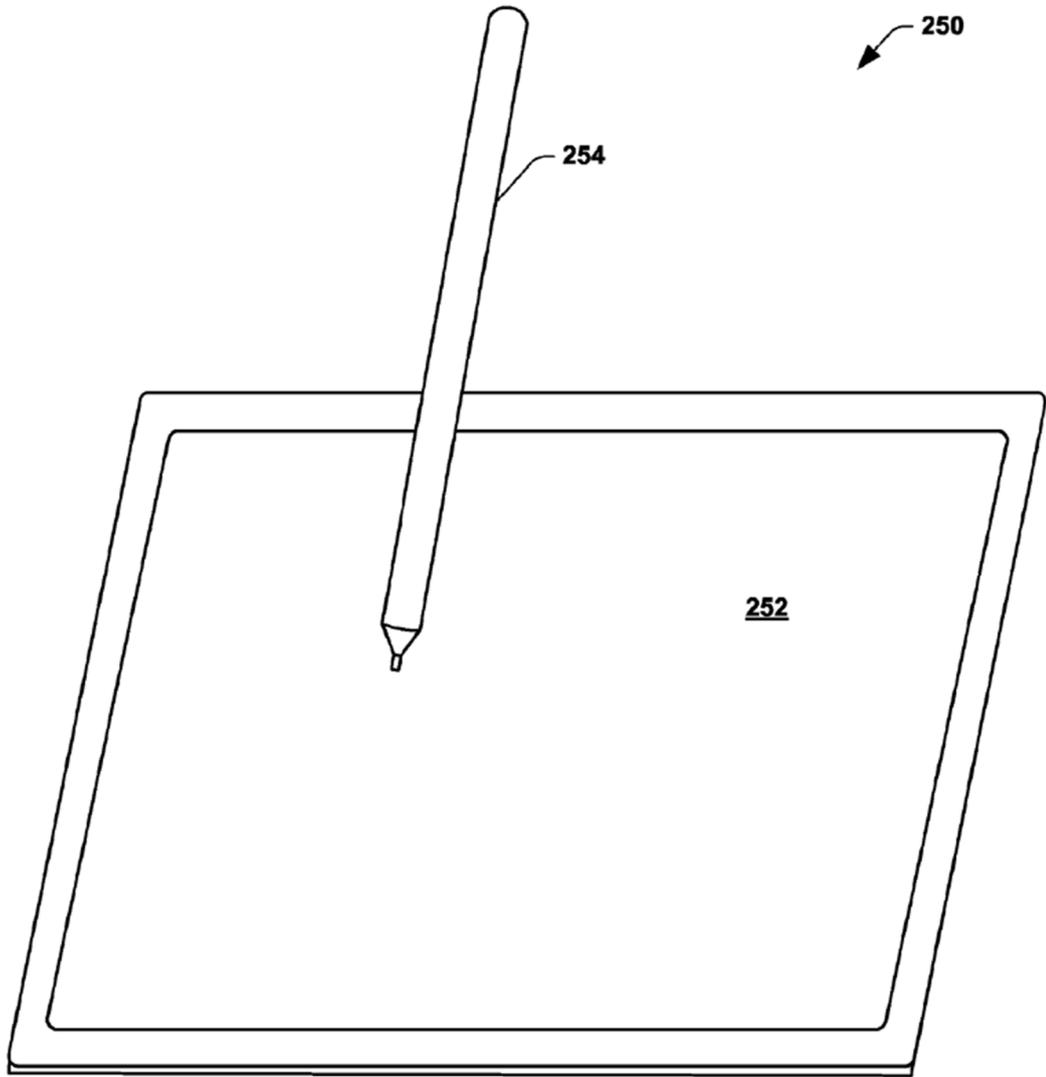


Figura 6

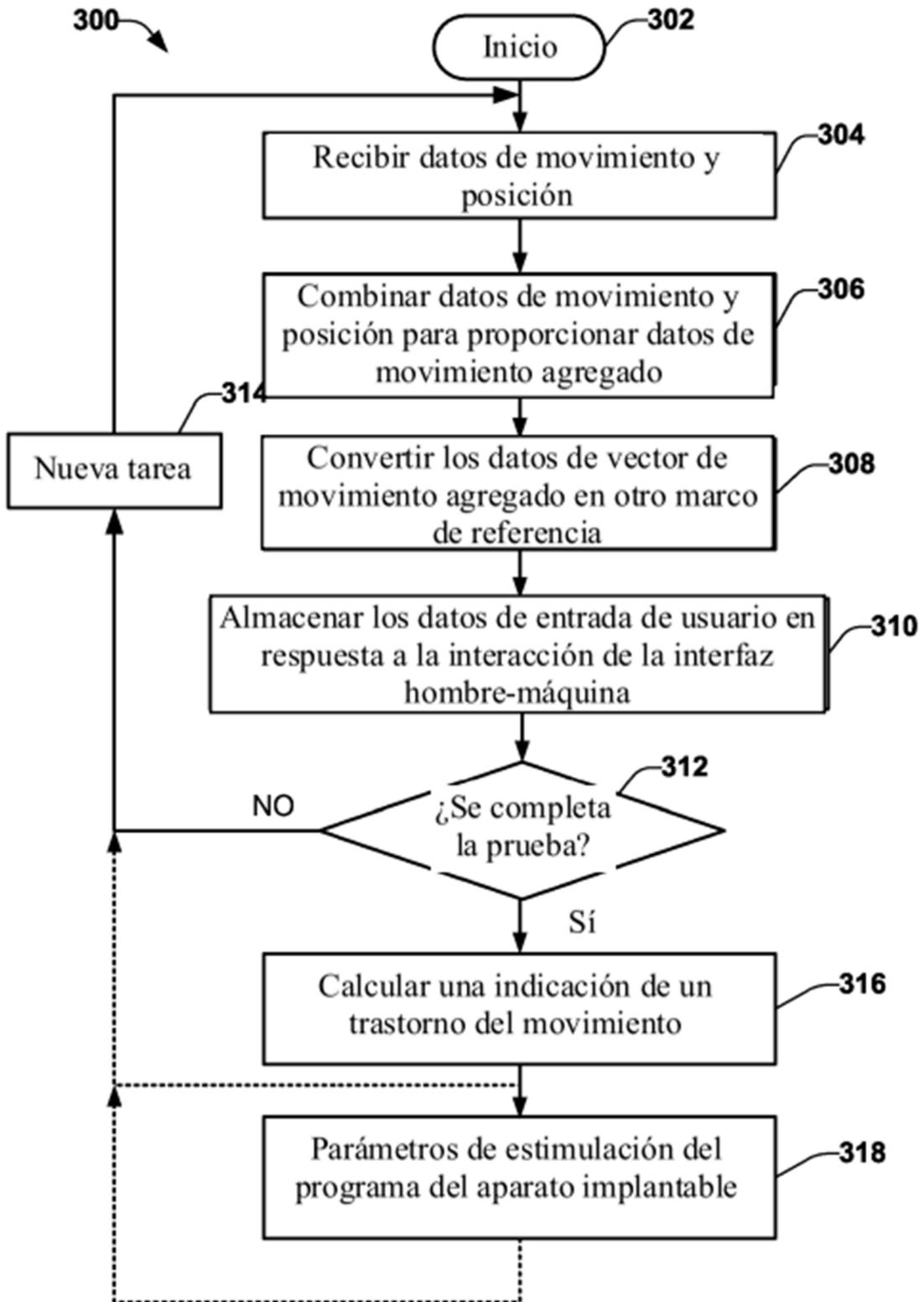


Figura 7