

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 281**

21 Número de solicitud: 201930033

51 Int. Cl.:

G01R 35/00 (2006.01)

G01R 33/02 (2006.01)

H04N 13/332 (2008.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

18.01.2019

30 Prioridad:

19.01.2018 US 62/619,232

43 Fecha de publicación de la solicitud:

19.07.2019

71 Solicitantes:

**ASCENSION TECHNOLOGY CORPORATION
(100.0%)**

**120 Graham Way
05482 Shelburne VT Vermont US**

72 Inventor/es:

**SCHNEIDER, Mark Robert y
ROBERTSON, Charles**

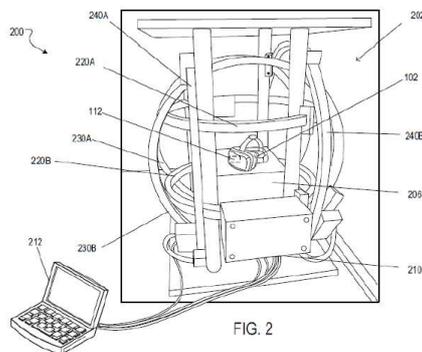
74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **CALIBRACIÓN DE UN SENSOR MAGNÉTICO**

57 Resumen:

Sistema de calibración que comprende un dispositivo Helmholtz definiendo un volumen interno con tres pares de bobinas, con cada par de bobinas configurado para generar un campo magnético uniforme; una montura configurada para aceptar un dispositivo con un sensor magnético, donde con el dispositivo colocado en la montura al menos una parte de la montura está posicionada tal que el sensor magnético está colocado en o cerca del centro del volumen interno; y un sistema informático configurado para comunicarse con el dispositivo Helmholtz y el sensor magnético; estando el sistema informático configurado para: proporcionar instrucciones a cada par de bobinas para que generen un campo magnético; recibir señales del sensor magnético; medir, en función de dichas señales, una o más características del sensor magnético; y mediante un algoritmo de calibración, determinar uno o más factores de corrección de calibración para el sensor magnético.



DESCRIPCIÓN

CALIBRACIÓN DE UN SENSOR MAGNÉTICO

Reivindicación de prioridad

- 5 Esta solicitud reivindica la prioridad según 35 USC §119(e) de la solicitud de patente de Estados Unidos número de serie 62/619,232, presentada el 19 de enero de 2018, cuyo contenido completo se incorpora aquí como referencia.

Campo técnico

Esta divulgación se refiere a la calibración de un sensor magnético.

- 10 Antecedentes

Los sistemas de Rastreo Electromagnético (EMT) en general, y los sistemas de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Virtual (VR) en particular, pueden determinar la ubicación de los dispositivos en diversos contextos (por ejemplo, artefactos médicos, etc.). Dichos sistemas utilizan un transmisor magnético cerca de un sensor magnético de tal manera que el sensor y el transmisor pueden ubicarse espacialmente en relación entre sí. La calibración incorrecta del transmisor con respecto al sensor (o viceversa) puede hacer que el sistema EMT informe las posiciones incorrectas del sensor o transmisor.

Resumen

- La calibración de un sensor magnético se puede realizar colocando el sensor en un dispositivo Helmholtz (por ejemplo, una bobina de Helmholtz) que está configurada para generar uno o más campos magnéticos conocidos (por ejemplo, campos magnéticos bien controlados y bien definidos). De esta manera, el dispositivo Helmholtz actúa como un transmisor virtual. El sensor, que puede incorporarse a un dispositivo como una pantalla montada en la cabeza (HMD), se puede colocar en el dispositivo Helmholtz (por ejemplo, cerca de un centro de un volumen del dispositivo Helmholtz), por ejemplo, una ubicación en la que los campos magnéticos generados son conocidos o se espera que sean conocidos. En algunas implementaciones, los dispositivos Helmholtz pueden generar los campos magnéticos a una frecuencia relativamente baja (por ejemplo, 90 Hz) durante la calibración para minimizar o eliminar la interferencia en los campos magnéticos generados que, de lo contrario, podrían ser causados por materiales del HMD en los que se encuentra el sensor incorporado.

Los campos magnéticos generados son recibidos por el sensor y convertidos en una o más señales eléctricas indicativas de una o más características del sensor (por ejemplo, datos de caracterización del sensor).

- El sistema informático puede determinar uno o más factores de corrección de calibración utilizando un algoritmo de calibración. Los factores de corrección de calibración se pueden usar para corregir (por ejemplo, calibrar) el sensor de modo que las lecturas futuras obtenidas

por el sensor den como resultado determinaciones precisas de posición y orientación (por ejemplo, con respecto a un sistema de coordenadas del dispositivo Helmholtz y con respecto a un transmisor utilizado en un sistema AR, VR y/o EMT).

5 En general, en un aspecto, un sistema de calibración incluye un dispositivo Helmholtz que incluye tres pares de bobinas que definen un volumen interno. Cada uno de los tres pares de bobinas está configurado para generar un campo magnético que es uniforme en todo el volumen interior. El sistema de calibración también incluye una superficie de montaje (por ejemplo, una montura) configurada para aceptar un dispositivo que incluye un sensor magnético. Al menos una parte de la montura está posicionada dentro del volumen interno,
10 de modo que el sensor magnético se coloca en o cerca de un centro del volumen interno cuando el dispositivo se coloca en la montura. El sistema de calibración también incluye un sistema de ordenador configurado para comunicarse con el dispositivo Helmholtz y el sensor magnético. El sistema informático está configurado para proporcionar instrucciones para hacer que cada uno de los tres pares de bobinas genere un campo magnético, reciba señales
15 del sensor magnético que se basan en las características de los campos magnéticos recibidos en el sensor magnético, mida, en función de las señales recibidas del sensor magnético, una o más características del sensor magnético, y determinar, mediante un algoritmo de calibración, uno o más factores de corrección de calibración para el sensor magnético en función de una o más características del sensor magnético y las instrucciones proporcionadas.
20 Las implementaciones pueden incluir una o más de las siguientes características.

En algunas implementaciones, el sistema informático está configurado para crear un archivo de calibración que incluye los factores de corrección de calibración y aplicar el archivo de calibración al sensor magnético.

25 En algunas implementaciones, el dispositivo es una pantalla montada en la cabeza, y la montura está configurada para mantener la pantalla montada en la cabeza y el sensor magnético en una posición fija y orientación con respecto al dispositivo Helmholtz.

En algunas implementaciones, el dispositivo está configurado para comunicarse con uno o ambos del sistema informático o el dispositivo Helmholtz.

30 En algunas implementaciones, el dispositivo está configurado para su uso en uno de los dos sistemas de Realidad Aumentada (AR) o en un sistema de Realidad Virtual (VR).

En algunas implementaciones, cada uno de los tres pares de bobinas está configurado para generar el campo magnético a una frecuencia de menos de sistema 100 EMT Hz.

En algunas implementaciones, cada uno de los tres pares de bobinas está configurado para generar el campo magnético a una frecuencia de 90 Hz.

En algunas implementaciones, el sensor magnético está configurado para recibir campos magnéticos con frecuencias de más de 30 KHz cuando se usa en un sistema AR o en un sistema VR

5 En algunas implementaciones, la montura está configurada para aceptar un sensor magnético calibrado. El sistema informático está configurado para proporcionar instrucciones para hacer que cada uno de los tres pares de bobinas genere un segundo campo magnético que sea uniforme en todo el volumen interno, reciba señales del sensor magnético calibrado que se basan en las características de los segundos campos magnéticos recibidos en el sensor magnético calibrado, mida, basado en las señales recibidas del sensor magnético calibrado,
10 una o más características del sensor magnético calibrado, y determine, utilizando un algoritmo de calibración, uno o más factores de corrección de calibración para uno o más de los tres pares de bobinas basadas en una o más características del sensor magnético calibrado.

En algunas implementaciones, el sistema informático está configurado para crear uno o más archivos de calibración que incluyen los factores de corrección de calibración, y aplicar uno o
15 más archivos de calibración a uno o más de los tres pares de bobinas.

En algunas implementaciones, las instrucciones para hacer que cada uno de los tres pares de bobinas generen el campo magnético se ajustan en función de uno o más factores de corrección de calibración para uno o más de los tres pares de bobinas.

En general, en otro aspecto, un método incluye proporcionar, mediante un sistema
20 informático, instrucciones para hacer que la corriente fluya a través de cada uno de los tres pares de bobinas que definen un volumen interno. La corriente hace que cada uno de los tres pares de bobinas genere un campo magnético que es uniforme en todo el volumen interior. El método también incluye recibir, desde un sensor magnético incorporado a un dispositivo que se coloca dentro del volumen interno, señales que se basan en las características de los
25 campos magnéticos recibidos en el sensor magnético. El método también incluye la medición, basada en las señales recibidas del sensor magnético, una o más características del sensor magnético. El método también incluye determinar, utilizando un algoritmo de calibración, uno o más factores de corrección de calibración para el sensor magnético en función de una o más características del sensor magnético y las instrucciones proporcionadas.

30 Las implementaciones pueden incluir una o más de las siguientes características.

En algunas implementaciones, el método también incluye la creación de un archivo de calibración que incluye los factores de corrección de calibración y la aplicación del archivo de calibración al sensor magnético.

En algunas implementaciones, el dispositivo es una pantalla montada en la cabeza, y una
35 montura está configurada para sostener la pantalla montada en la cabeza y el sensor magnético en una posición fija y orientación relativa a los tres pares de bobinas.

En algunas implementaciones, uno o más del sensor magnético, el dispositivo o los tres pares de bobinas están configurados para comunicarse con el sistema informático.

En algunas implementaciones, el dispositivo está configurado para su uso en uno de los dos sistemas de Realidad Aumentada (AR) o en un sistema de Realidad Virtual (VR).

5 En algunas implementaciones, cada uno de los tres pares de bobinas está configurado para generar el campo magnético a una frecuencia de menos de sistema 100 Hz.

En algunas implementaciones, cada uno de los tres pares de bobinas está configurado para generar el campo magnético a una frecuencia de 90 Hz.

10 En algunas implementaciones, el sensor magnético está configurado para recibir campos magnéticos con frecuencias de más de 30 KHz cuando se usa en un sistema AR o en un sistema VR

En algunas implementaciones, el método incluye proporcionar, mediante un sistema informático, instrucciones para hacer que la segunda corriente fluya a través de cada uno de los tres pares de bobinas. La segunda corriente hace que cada uno de los tres pares de bobinas genere un segundo campo magnético que es uniforme en todo el volumen interior. El método también incluye recibir, desde un sensor magnético calibrado que se coloca dentro del volumen interno, señales que se basan en las características de los segundos campos magnéticos recibidos en el sensor magnético calibrado. El método también incluye la medición, basada en las señales recibidas del sensor magnético calibrado, una o más características del sensor magnético calibrado. El método también incluye determinar, utilizando un algoritmo de calibración, uno o más factores de corrección de calibración para uno o más de los tres pares de bobinas en función de una o más características del sensor magnético calibrado.

25 En algunas implementaciones, el método también incluye la creación de uno o más archivos de calibración que incluyen los factores de corrección de calibración, y la aplicación de uno o más archivos de calibración a uno o más de los tres pares de bobinas.

En algunas implementaciones, las instrucciones para hacer que cada uno de los tres pares de bobinas generen el campo magnético se ajustan en función de uno o más factores de corrección de calibración para uno o más de los tres pares de bobinas.

30 Las ventajas del sistema descrito aquí incluyen el uso de un dispositivo de calibración dedicado para calibrar múltiples sensores (por ejemplo, múltiples dispositivos bajo prueba (DUT)) de manera rápida y precisa. El dispositivo Helmholtz no requiere partes móviles (por ejemplo, mover un transmisor a múltiples ubicaciones diferentes). Más bien, el dispositivo Helmholtz actúa como un transmisor virtual que genera uno o más campos magnéticos que hacen que el sensor proporcione datos de caracterización particulares. El dispositivo Helmholtz simplifica el procedimiento de calibración y acelera la calibración y las pruebas. Se

elimina la necesidad de un sistema de traslación de tres ejes (por ejemplo, uno que incluya un pórtico).

Además, el sensor se puede calibrar mientras está incorporado en un dispositivo (por ejemplo, un HMD), eliminando así la necesidad de retirar el sensor del HMD antes de la calibración. La

5 calibración resultante puede tener una precisión mejorada debido a la calibración que se realiza en el dispositivo (por ejemplo, la HMD) en la que se usa finalmente el sensor (por ejemplo, cuando se implementa en un sistema AR, VR y/o EMT). En algunas implementaciones, las bobinas emparejadas del dispositivo Helmholtz están configuradas para generar campos magnéticos a una frecuencia relativamente baja (por ejemplo, 90 Hz)

10 para minimizar la interferencia que de otra manera podría ser causada por los materiales del HMD. Por ejemplo, el HMD en el que se incorpora el sensor puede incluir uno o más materiales (por ejemplo, materiales metálicos) que pueden causar que se produzcan corrientes de Foucault en respuesta a campos magnéticos que tienen frecuencias relativamente altas (por ejemplo, 34 KHz). Estas corrientes de Foucault pueden provocar que los campos magnéticos

15 generados se distorsionen, de manera que el sensor recibe campos magnéticos distorsionados. Sin embargo, los campos magnéticos generados a una frecuencia relativamente baja de aproximadamente 90 Hz pueden reducir o eliminar la aparición de corrientes de Foucault, lo que permite al sensor recibir los campos magnéticos previstos (por ejemplo, verdaderos) generados por el dispositivo Helmholtz.

20 Los detalles de una o más realizaciones se exponen en los dibujos adjuntos y la descripción a continuación. Otras características, objetos y ventajas serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos, y de las reivindicaciones.

Descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un ejemplo de sistema de seguimiento electromagnético (EMT).

La FIG. 2 muestra un ejemplo de un sistema de calibración que incluye un dispositivo Helmholtz para ayudar a calibrar un sensor para su uso en el sistema EMT de la FIG. 1.

La FIG. 3 muestra el sistema de calibración y el dispositivo Helmholtz de la FIG. 2 funcionando en modo de autocalibración.

30 La FIG. 4 muestra un ejemplo de un dispositivo informático y un dispositivo informático móvil que puede usarse para implementar las técnicas descritas en este documento.

Símbolos de referencia similares en los diversos dibujos indican elementos similares.

Descripción detallada

Se puede usar un sistema de Rastreo Electromagnético (EMT) en juegos y/o configuraciones quirúrgicas para rastrear dispositivos (por ejemplo, controladores de juegos, pantallas montadas en la cabeza, equipos médicos, brazos robóticos, etc.), permitiendo así sus

35

respectivas posiciones y orientaciones tridimensionales a ser conocidas por un usuario del sistema. Los sistemas de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Virtual (VR) también utilizan los sistemas EMT para realizar el seguimiento de la cabeza, las manos y el cuerpo, por ejemplo, para sincronizar el movimiento del usuario con el contenido de AR/VR. Dichos sistemas utilizan un transmisor magnético cerca de un sensor magnético para determinar la posición y/o la orientación del sensor con respecto al transmisor. Los transmisores y sensores utilizados en dichos sistemas se calibran para garantizar que los transmisores y sensores puedan proporcionar información precisa de posición y orientación al usuario. Si el sensor o el transmisor no está calibrado o está mal calibrado, la precisión puede disminuir considerablemente.

La calibración de un sensor magnético se puede realizar mediante un sistema de calibración que incluye un dispositivo Helmholtz (por ejemplo, una bobina Helmholtz). El sensor se puede colocar en el dispositivo Helmholtz, que está configurado para generar uno o más campos magnéticos uniformes (campos magnéticos bien controlados y bien definidos). De esta manera, el dispositivo Helmholtz actúa como un transmisor virtual. Por ejemplo, una superficie de montaje (por ejemplo, una montura) posicionada en el dispositivo Helmholtz está configurada para recibir un dispositivo (por ejemplo, una pantalla montada en la cabeza (HMD)) que incluye el sensor. El dispositivo y el sensor están ubicados en una ubicación particular (por ejemplo, una ubicación central) del dispositivo Helmholtz en el que los campos magnéticos son uniformes. Un sistema informático en comunicación con el dispositivo Helmholtz puede proporcionar instrucciones para hacer que el dispositivo Helmholtz genere uno o más campos magnéticos (por ejemplo, campos magnéticos bien controlados y bien definidos). Por ejemplo, las instrucciones particulares pueden hacer que el dispositivo Helmholtz genere uno o más campos magnéticos que se espera que tengan características particulares. De esta manera, se conocen las características de los campos magnéticos generados para la ubicación en la que se colocan el dispositivo y el sensor (por ejemplo, suponiendo que el dispositivo Helmholtz está calibrado). En algunas implementaciones, el dispositivo Helmholtz puede calibrarse antes de la calibración del sensor, como se describe con más detalle a continuación.

El sensor recibe (por ejemplo, detecta) los campos magnéticos generados y convierte los campos magnéticos en una o más señales eléctricas indicativas de una o más características del sensor (por ejemplo, datos de caracterización del sensor). En algunos ejemplos, los datos de caracterización del sensor pueden ser indicativos de la posición y orientación del sensor con respecto al dispositivo Helmholtz.

De acuerdo con las características del sensor magnético y las instrucciones proporcionadas para hacer que el dispositivo Helmholtz genere uno o más campos magnéticos, el sistema

informático puede determinar uno o más factores de corrección de calibración según un algoritmo de calibración. Los factores de corrección de calibración se pueden usar para calibrar el sensor de modo que las lecturas futuras obtenidas por el sensor resulten en datos P&O precisos determinados por el sistema informático, y datos P&O precisos determinados por un sistema AR, VR y/o EMT en el que el sensor está incluido.

La FIG. 1 muestra un ejemplo de un sistema EMT sistema 100 EMT que se puede usar como parte de un sistema VR/AR. El sistema 100 EMT incluye al menos una pantalla montada en la cabeza (HMD) 102 que incluye un sensor 112 magnético y un controlador 104 que incluye un transmisor 114 magnético. El HMD 102 y el controlador 104 están configurados para rastrear la posición (por ejemplo, en x, y, y z) y orientación (por ejemplo, en acimut, altitud y desplazamiento) en el espacio tridimensional relativo entre sí. Por ejemplo, el HMD 102 está configurado para rastrear el sensor 112 de HMD 102 en relación con un marco de referencia definido por el transmisor 114 del controlador 104. En algunas implementaciones, el transmisor 114 del controlador 104 está configurado para rastrear el sensor 112 del HMD 102 en relación con un marco de referencia definido por la posición y orientación del transmisor 114, y/o el sensor 112 del HMD 102 está configurado para rastrear el transmisor 114 del controlador 104 en relación con un marco de referencia definido por la posición y orientación de el sensor 112. El sensor 112 particular y el transmisor 114 empleados por el sistema 100 EMT pueden determinarse por el tipo de procedimiento, los requisitos de rendimiento de medición, etc.

La posición y orientación del HMD 102 y el controlador 104 se pueden rastrear entre sí dentro de un volumen de seguimiento 106. Si bien el volumen de seguimiento 106 se ilustra como un espacio definido, debe entenderse que el volumen de seguimiento 106 puede ser cualquier espacio tridimensional, incluidos espacios tridimensionales adimensionales (por ejemplo, grandes áreas interiores y/o exteriores, etc.).

En algunas implementaciones, el transmisor 114 incluye tres bobinas magnéticas enrolladas ortogonalmente, denominadas en este documento como las bobinas x, y, y z. Las corrientes eléctricas que viajan a través de las tres bobinas hacen que las bobinas produzcan tres campos magnéticos (por ejemplo, campos magnéticos sinusoidales ortogonales) a tres frecuencias (por ejemplo, tres frecuencias diferentes). Las tres frecuencias pueden ser tres frecuencias estrechamente espaciadas, por ejemplo, 34 KHz, 34.25 KHz y 34.5 KHz, aunque también se pueden utilizar alternativamente otras frecuencias. En algunas implementaciones, las bobinas pueden producir campos magnéticos a la misma frecuencia (por ejemplo, 34 KHz). El sensor 112 también incluye tres bobinas magnéticas enrolladas (por ejemplo, enrolladas ortogonalmente), referidas aquí como las bobinas x, y y z. Se inducen voltajes en las bobinas del sensor 112 en respuesta a los campos magnéticos detectados por medio de inducción

magnética. Cada bobina del sensor 112 genera una señal eléctrica para cada uno de los campos magnéticos generados por las bobinas del transmisor 114; por ejemplo, la bobina x del sensor 112 genera una primera señal eléctrica en respuesta al campo magnético generado (y, por ejemplo, detectado por/recibido desde) la bobina x del transmisor 114, una segunda
5 señal eléctrica en respuesta al campo magnético generado por (y, por ejemplo, detectado por/recibido desde) la bobina y del transmisor 114, y una tercera señal eléctrica en respuesta al campo magnético generado por (y, por ejemplo, detectado por/recibido desde) la bobina z del transmisor 114. Las bobinas y y z del sensor 112 generan de manera similar señales eléctricas para cada uno de los campos magnéticos generados por las bobinas del transmisor
10 114.

En el ejemplo ilustrado, el sensor 112 está incorporado en el sistema 100 EMT, y como tal, los datos del sensor 112 son indicativos de la posición y orientación del sensor 112 con respecto al transmisor 114, o viceversa. Los datos del sensor 112 se pueden representar como una matriz de datos (por ejemplo, una matriz de 3x3), que se puede resolver en la
15 posición y orientación del sensor 112 con respecto al transmisor 114, o viceversa. De esta manera, se mide la posición y orientación del sensor 112 y el transmisor 114. En particular, los componentes electrónicos incorporados en el HMD 102 están configurados para determinar la posición y la orientación del controlador 104 en relación con el HMD 102 en base a las características de los campos magnéticos generados por el transmisor 114 y las diversas
20 señales eléctricas generadas por el sensor 112. Como se describe a continuación, un sistema informático separado (por ejemplo, el sistema 212 informático de las figuras 2 y 3) puede configurarse para determinar la posición y orientación de un sensor y/o un transmisor.

Si el transmisor 114 y/ el sensor 112 no se calibran con precisión, la posición y orientación determinadas (por ejemplo, medidas) del transmisor 114 y/o el sensor 112 pueden no reflejar
25 la posición y orientación verdaderas (por ejemplo, reales). Como tal, antes de que el sensor 112 (por ejemplo, incorporado en el HMD 102) se use en el sistema 100 EMT, el sensor 112 debe calibrarse.

Calibrar el sensor

La FIG. 2 muestra un ejemplo de un sistema 200 de calibración que incluye un dispositivo 202
30 Helmholtz (por ejemplo, una bobina de Helmholtz) para calibrar un sensor (por ejemplo, el sensor 112 de la Figura 1). El dispositivo 202 Helmholtz puede usarse para calibrar el sensor 112 mientras que el sensor 112 está incorporado (por ejemplo, alojado en) el HMD 102. El dispositivo 202 Helmholtz puede configurarse para calibrar una pluralidad de dispositivos bajo prueba (por ejemplo, DUT). Es decir, el dispositivo 202 Helmholtz puede calibrar un primer
35 DUT en la forma de un primer sensor incorporado en un primer HMD, un segundo DUT en la forma de un segundo sensor incorporado en un segundo HMD, etc. Tal calibración del DUT

múltiple puede garantizar que todos los sensores 112 y HMD 102 en varios sistemas 100 EMT tienen características de calibración comunes.

El dispositivo 202 Helmholtz incluye tres conjuntos de bobinas 220A, 220B, 230A, 230B, 240A, 240B pareadas, que pueden organizarse y agruparse para crear campos magnéticos
5 uniformes a lo largo de un sistema de coordenadas definido por el dispositivo 202 Helmholtz (por ejemplo, los ejes x, y y z). La uniformidad de los campos magnéticos depende del tamaño, la forma y la geometría de las bobinas pareadas, y las bobinas más grandes suelen proporcionar regiones centrales más grandes de uniformidad. Dicho dispositivo 202 Helmholtz se usa ventajosamente en la calibración del sensor 112 debido a que los campos magnéticos
10 en todo el volumen interno del dispositivo 202 Helmholtz (por ejemplo, donde están colocados el sensor 112 y el HMD 102) son uniformes, bien conocidos y bien definidos. Los campos magnéticos a lo largo del volumen interno del dispositivo 202 Helmholtz (por ejemplo, limitados y definidos por las bobinas 220, 230, 240 pareadas) se mantienen constantes, ya que los campos magnéticos forman la base para la calibración del sensor 112. El sistema 200 de calibración Incluye una superficie de montaje. En particular, en el ejemplo ilustrado, el sistema
15 200 de calibración incluye un soporte 206, al menos una porción del cual reside dentro del volumen interno del dispositivo 202 de Helmholtz definido por las bobinas 220, 230, 240 pareadas. La montura 206 está configurado para aceptar un dispositivo para la calibración. Por ejemplo, el HMD 102 que incluye el sensor 112 de la FIG. 1 se puede colocar en la
20 montura 206 para la calibración. En algunas implementaciones, la montura 206 se coloca de manera tal que el sensor 112 se coloca en o cerca del centro del volumen del dispositivo 202 de Helmholtz cuando el HMD 102 se coloca en la montura 206. En algunas implementaciones, la montura 206 incluye uno o más mecanismos (por ejemplo, clavijas o pasadores) configurados para interactuar con las aberturas correspondientes del HMD 102 para ayudar a
25 mantener el HMD 102 en posición en la montura 206 durante la calibración. En algunas implementaciones, la montura 206 puede incluir alternativamente o adicionalmente elementos de fijación adicionales, como un arnés, para ayudar a mantener el HMD 102 en su lugar. El sistema 200 de calibración también incluye una interfaz 210 de comunicaciones que permite al dispositivo 202 Helmholtz interactuar con un dispositivo informático, como un sistema 212
30 informático. Es decir, la interfaz 210 de comunicaciones facilita la comunicación entre el dispositivo 202 Helmholtz y el sistema 212 informático. En algunas implementaciones, el sistema 212 informático es parte del sistema 200 de calibración. Mientras que el sistema 212 informático se ilustra como conectado al dispositivo 202 Helmholtz mediante una conexión por cable, en algunas implementaciones, el dispositivo 202 Helmholtz puede incluir capacidades
35 de comunicación inalámbrica tales como que el dispositivo 202 Helmholtz puede comunicarse de forma inalámbrica con el sistema 212 informático. Las bobinas 220, 230, 240 pareadas

están conectadas a la interfaz 210 de comunicaciones, de modo que el sistema 212 informático puede comunicarse con las bobinas 220, 230, 240 pareadas (por ejemplo, proporcionar Señales y/o instrucciones a las bobinas 220, 230, 240 pareadas).

5 El HMD 102 y el sensor 112 se colocan en la montura 206 de tal manera que el sensor 112 se encuentra en una posición y orientación fijas dentro de los campos uniformes del dispositivo 202 Helmholtz. El sistema 212 informático está configurado para proporcionar instrucciones para hacer que el dispositivo 202 Helmholtz genere uno o más campos magnéticos (por ejemplo, campos magnéticos uniformes bien controlados y bien definidos). Por ejemplo, el sistema 212 informático puede proporcionar instrucciones que incluyen parámetros eléctricos
10 (por ejemplo, parámetros actuales, parámetros de voltaje, etc.) que hacen que las bobinas 220, 230, 240 pareadas generen los campos magnéticos.

En algunas implementaciones, en lugar de y/o además de que el sistema 212 informático se proporciona como un componente separado del sistema 200 de calibración, el dispositivo 202 Helmholtz puede incluir uno o más componentes informáticos de manera tal que el propio
15 dispositivo 202 Helmholtz incluya y/o actúe como un sistema informático. Por ejemplo, el dispositivo 202 de Helmholtz puede incluir componentes informáticos que hacen que el dispositivo 202 de Helmholtz realice diversas funciones como se describe en este documento con respecto al sistema 212 informático (por ejemplo, generando los campos magnéticos, etc.).

20 Antes de calibrar el sensor 112, el dispositivo 202 Helmholtz puede someterse a su propia calibración para garantizar que las bobinas 220, 230, 240 pareadas estén calibradas. Por ejemplo, el dispositivo 202 Helmholtz puede calibrarse para garantizar que las instrucciones proporcionadas al dispositivo 202 Helmholtz hagan que las bobinas 220, 230, 240 pareadas generen los campos magnéticos, de hecho, dan como resultado que las bobinas 220, 230,
25 240 pareadas generen campos magnéticos que tienen características esperadas. Dicha calibración del dispositivo 202 Helmholtz se describe con más detalle a continuación.

Se coloca un primer DUT en la montura 206 (por ejemplo, después de calibrar el dispositivo 202 de Helmholtz o después de confirmar que el dispositivo 202 de Helmholtz está calibrado). En particular, el HMD 102 que incluye el sensor 112 se coloca en la montura 206. En algunas
30 implementaciones, la montura 206 puede incluir contactos eléctricos que están configurados para formar conexiones eléctricas con contactos eléctricos del HMD 102, de manera que el dispositivo 202 Helmholtz y el HMD 102 (por ejemplo, y el sensor 112) puede interactuar e intercambiar información. En algunas implementaciones, el HMD 102 se puede conectar eléctricamente al dispositivo 202 Helmholtz y/o conectado al sistema 212 informático (por
35 ejemplo, mediante un cable de bus serie universal (USB). En algunas implementaciones, el

HMD 102 puede configurarse para intercambiar información con el dispositivo 202 Helmholtz y/o el sistema 212 informático a través de una conexión inalámbrica.

Con el HMD 102 colocado en la montura 206, el sistema 212 informático puede hacer que las bobinas 220, 230, 240 pareadas generen uno o más campos magnéticos uniformes. En particular, el sistema 212 informático proporciona instrucciones para hacer que la corriente fluya a través de un primer par de bobinas 220 (por ejemplo, las bobinas x) para generar un campo magnético x, la corriente fluya a través de un segundo par de bobinas 230 (por ejemplo, las bobinas y) para causar que se genere un campo magnético, y la corriente fluya a través de un tercer par de bobinas 240 (por ejemplo, las bobinas z) para hacer que se genere un campo magnético z, causando así que el dispositivo 202 de Helmholtz produzca tres campos magnéticos ortogonales. Estos pueden ser sinusoidales, DC de pulsos o alguna otra excitación. Los campos x, y, y z pueden generarse en frecuencias particulares (por ejemplo, la misma frecuencia, diferentes frecuencias, etc.) o multiplexarse en el tiempo.

Los campos magnéticos generados por el dispositivo 202 Helmholtz se reciben en el sensor 112 e inducen voltajes en las bobinas x, y y z del sensor 112. Los voltajes se inducen en las bobinas del sensor 112 en respuesta a los campos magnéticos detectados mediante inducción magnética. Cada bobina del sensor 112 genera una señal eléctrica para cada uno de los campos magnéticos generados por el dispositivo 202 Helmholtz. Por ejemplo, la bobina x del sensor 112 genera una primera señal eléctrica en respuesta al campo magnético recibido de las bobinas x 220, una segunda señal eléctrica en respuesta al campo magnético recibido de las bobinas y 230, y una tercera señal eléctrica en respuesta al campo magnético recibido de las bobinas z 240. Las bobinas y y z del sensor 112 generan señales eléctricas similares para cada uno de los campos magnéticos recibidos de cada una de las bobinas x 220, y 230 y z 240.

Una o más características del sensor magnético (por ejemplo, datos de caracterización del sensor) se miden en función de las señales recibidas del sensor 112. En algunas implementaciones, los datos del sensor 112 se pueden representar como una matriz de datos de caracterización (por ejemplo, una matriz 3x3).

Se determinan uno o más factores de corrección de calibración para el sensor 112 en función de una o más características del sensor 112 y las instrucciones proporcionadas para hacer que el dispositivo 202 de Helmholtz genere los campos magnéticos. Los factores de corrección de calibración se pueden aplicar al sensor 112 para corregir inexactitudes y/o minimizar errores debidos a las variaciones de unidad a unidad DUT (por ejemplo, entre diversos sensores incorporados a través de diversos sistemas). Los factores de corrección de calibración se determinan utilizando un algoritmo de calibración. En algunas implementaciones (por ejemplo, implementaciones en las que el dispositivo 202 Helmholtz no

está calibrado), los factores de corrección de calibración para el sensor 112 se determinan en base a los factores de corrección de calibración para el dispositivo 202 de Helmholtz, como se describe con más detalle a continuación con respecto a la FIG. 3. En algunas implementaciones, los factores de corrección de calibración pueden almacenarse en el sensor 112, almacenarse en la electrónica del HMD 102, o almacenarse en otra parte del sistema 100 EMT en el que se incorpora finalmente el sensor 112. En algunas implementaciones, los factores de corrección de calibración pueden almacenarse en el almacenamiento de la red (por ejemplo, en un servidor, como un servidor en la nube) para su uso posterior para calibrar el DUT. En algunas implementaciones, la calibración del sensor 112 puede tomar aproximadamente un minuto o menos.

En algunas implementaciones, se puede determinar que el sensor 112 no requiere calibración. Como tal, los factores de corrección de calibración pueden determinarse como cero. En otras palabras, el sistema 100 EMT puede determinar que el sensor 112 proporciona datos relativamente precisos y que no se requiere la calibración del sensor 112, y esto puede indicarse mediante factores de corrección de calibración con un valor de cero determinado. Si no se requiere la calibración del sensor 112, el sensor 112 puede dejarse como está (por ejemplo, no se aplican factores de corrección de calibración al sensor 112, o los factores de corrección de calibración que tienen un valor de cero se aplican al sensor 112, resultando de esta manera en ningún cambio en la forma en que el sensor 112 genera y proporciona datos). Como se describió anteriormente, el sensor 112 se calibra mientras que el sensor 112 está incorporado (por ejemplo, dentro) de un alojamiento del HMD 102. En algunas implementaciones, los materiales del alojamiento del HMD 102 pueden causar distorsiones en los campos magnéticos generados por el dispositivo 202 Helmholtz. Por ejemplo, la corriente de Foucault producida en materiales metálicos de HMD 102 puede causar que los campos magnéticos se distorsionen en o cerca del HMD 102. Como resultado, los campos magnéticos que se reciben en el sensor 112 son diferentes de los campos magnéticos que se esperan recibir en el sensor 112 (por ejemplo, según las instrucciones proporcionadas por el sistema 212 informático). Debido a que los campos magnéticos realmente recibidos por el sensor 112 pueden ser diferentes de los que se espera recibir, las señales eléctricas indicativas de las características del sensor 112 se basan en los campos magnéticos distorsionados, y los datos de calibración calculados por el sistema 212 informático pueden ser inexactos. Esto puede hacer que se calculen datos de P&O inexactos.

En algunas implementaciones, las distorsiones potenciales en los campos magnéticos generados pueden minimizarse o eliminarse controlando las frecuencias a las que las bobinas 220, 230, 240 pareadas generan los campos magnéticos. Las excitaciones de los componentes de la corriente de Foucault en HMD 102 se pueden minimizar reduciendo la

frecuencia de los campos magnéticos. Por ejemplo, el sistema 212 informático puede hacer que las bobinas 220, 230, 240 pareadas funcionen a una frecuencia particular, tal como una frecuencia relativamente baja. En algunas implementaciones, las bobinas 220, 230, 240 pareadas pueden funcionar a una frecuencia menor de 100 Hz (por ejemplo, 90 Hz), aunque
5 otras frecuencias pueden usarse alternativamente dependiendo de las circunstancias. Las mediciones en estas frecuencias más bajas se pueden ajustar para proporcionar características del sensor a frecuencias operativas más altas. En otras palabras, la una o más características medidas del sensor 112 se pueden ajustar en función de la frecuencia operativa que se utilizará en un sistema en el que el sensor 112 se incorporará posteriormente.
10 En algunas implementaciones, la frecuencia particular a la que se ejecutan las bobinas 220, 230, 240 pareadas se basa en las características particulares del HMD 102. Como se describió anteriormente, el transmisor 114 del sistema 100 EMT puede configurarse para funcionar a frecuencias en el Orden de unos 30 KHz o más (por ejemplo, 34 KHz). Por lo tanto, la frecuencia a la que se calibra el sensor 112 (por ejemplo, 90 Hz) puede ser diferente de la
15 frecuencia de los campos magnéticos (por ejemplo, 34 KHz) recibidos por el sensor 112 en un caso de uso (por ejemplo, una implementación real sistema 100 EMT). Es decir, la frecuencia a la que se calibra el sensor 112 puede ser diferente de la frecuencia a la que opera el sensor 112 en una implementación de sistema EMT, AR y/o VR

Calibración del dispositivo Helmholtz

20 Como se describió anteriormente, el dispositivo 202 Helmholtz puede experimentar un proceso de calibración tal que los campos generados por las bobinas 220, 230, 240 pareadas son conocidos en amplitud y geometría. Luego se pueden usar uno o más factores de corrección de calibración (por ejemplo, los factores de corrección de calibración de Helmholtz, generalmente denominados datos de calibración de Helmholtz) para imitar algorítmicamente
25 un dispositivo Helmholtz ideal (por ejemplo, perfecto). De esta manera, los factores de corrección de calibración se pueden usar para ajustar las instrucciones proporcionadas por el sistema 212 informático para garantizar que los campos magnéticos generados por las bobinas 220, 230, 240 pareadas tengan las características esperadas. Se puede usar un sensor que se sabe que se calibra usando otros medios (por ejemplo, se sabe que produce
30 resultados precisos/datos de caracterización cuando se usa con esta calibración) para realizar tal calibración del dispositivo 202 Helmholtz.

La FIG. 3 muestra un ejemplo del dispositivo 202 Helmholtz de la FIG. 2 funcionando en modo de autocalibración. En este ejemplo, el HMD 102 se ha reemplazado con un dispositivo de referencia, como un sensor 312 de referencia (por ejemplo, un sensor calibrado) que se sabe
35 que produce resultados precisos cuando se usa con su calibración. En otras palabras, se sabe que el sensor 312 de referencia calibrado genera señales eléctricas en respuesta a la

detección de los campos magnéticos generados que dan como resultado que el sistema 212 informático proporcione datos precisos de caracterización, siempre que las bobinas 220, 230, 240 estén calibradas pareadas.

5 El sensor 312 de referencia está colocado en la montura 206 de manera que el sensor 312 de referencia asuma una posición fija en el centro del volumen del dispositivo 202 de Helmholtz o cerca del mismo. En algunas implementaciones, el sensor 312 de referencia está conectado eléctricamente al dispositivo 202 de Helmholtz a través de uno o más contactos eléctricos en la montura 206 o mediante una conexión eléctrica por cable separada. En algunas implementaciones, el sensor 312 de referencia está conectado al sistema 212 informático
10 mediante una conexión inalámbrica o por cable (por ejemplo, a través de un cable USB). En algunas implementaciones, el sensor 312 de referencia puede configurarse para intercambiar información con el dispositivo 202 Helmholtz y/o el sistema 212 informático a través de una conexión inalámbrica.

Con el sensor 312 de referencia colocado en la montura 206, el sistema 212 informático puede
15 hacer que las bobinas 220, 230, 240 pareadas generen uno o más campos magnéticos uniformes. En particular, el sistema 212 informático proporciona instrucciones para hacer que la corriente fluya a través de cada una de las bobinas 220, 230, 240 pareadas, lo que hace que las bobinas 220, 230, 240 pareadas produzcan tres campos magnéticos sinusoidales ortogonales a frecuencias particulares. Los campos magnéticos generados por las bobinas
20 220, 230, 240 pareadas se reciben en el sensor 312 de referencia y hacen que se induzcan voltajes en las bobinas del sensor 312 de referencia.

Una o más características del sensor 312 de referencia (por ejemplo, datos de caracterización del sensor de referencia) se miden en función de las señales recibidas del sensor 312 de referencia. En algunas implementaciones, los datos del sensor 312 de referencia se pueden
25 representar como una matriz de datos de caracterización (por ejemplo, una matriz de 3x3). Debido a que se sabe que el sensor 312 de referencia está calibrado (por ejemplo, por otros medios), se sabe que los datos de caracterización del sensor de referencia representan las características ideales de un sensor, asumiendo que se proporciona un dispositivo Helmholtz calibrado. Por lo tanto, cualquier inexactitud en los datos de caracterización del sensor de
30 referencia puede atribuirse a imprecisiones en el dispositivo 202 Helmholtz. Por lo tanto, los datos de caracterización del sensor de referencia pueden usarse para determinar los datos de calibración para el dispositivo 202 Helmholtz.

Se determinan uno o más factores de corrección de calibración para el dispositivo 202 Helmholtz según las una o más características del sensor 312 de referencia y de acuerdo con
35 un algoritmo de calibración. Los factores de corrección de calibración para el dispositivo 202 Helmholtz a veces se denominan datos de calibración de Helmholtz. En algunas

implementaciones, los datos de calibración de Helmholtz se representan como una matriz de datos (por ejemplo, una matriz de 3x3). Los datos de calibración de Helmholtz se pueden usar para ajustar las instrucciones proporcionadas por el sistema 212 informático para hacer que las bobinas del transmisor generen los campos magnéticos. Como tales, los campos magnéticos generados durante la calibración del sensor 112 tienen características conocidas (por ejemplo, amplitud y geometría conocidas). De esta manera, el sensor 112 se calibra mediante un dispositivo 202 Helmholtz calibrado que se confirma que genera campos magnéticos uniformes, bien controlados y bien definidos. En otras palabras, los datos de calibración de Helmholtz se utilizan para ajustar el dispositivo 202 de Helmholtz en un dispositivo Helmholtz ideal (por ejemplo, perfecto). En algunas implementaciones, el dispositivo 202 Helmholtz puede calibrarse de acuerdo con las técnicas descritas en este documento antes de calibrar los DUT.

Los factores de corrección de calibración para el dispositivo 202 Helmholtz se pueden determinar para una o más de las bobinas 220, 230, 240 pareadas. En algunas implementaciones, cada una de las bobinas 220, 230, 240 pareadas del dispositivo 202 Helmholtz puede calibrarse independientemente. Por ejemplo, cero, uno, dos o tres de los pares de bobinas 220, 230, 240 pueden calibrarse. En algunas implementaciones, solo uno de cada par de bobinas puede ser determinado para requerir calibración.

En algunos ejemplos, el uno o más factores de corrección de calibración para el dispositivo 202 Helmholtz pueden aplicarse a las bobinas 220, 230, 240 pareadas para corregir imprecisiones y/o minimizar errores que de lo contrario podrían ocurrir durante la futura calibración de un sensor 112 DUT. En algunas implementaciones, los factores de corrección de calibración pueden almacenarse en la electrónica del dispositivo 202 Helmholtz. En algunas implementaciones, los factores de corrección de calibración pueden almacenarse en almacenamiento de red (por ejemplo, en un servidor, como un servidor en la nube) para su uso posterior para calibrar uno o más de las bobinas 220, 230, 240 pareadas. En algunas implementaciones, la calibración del dispositivo 202 de Helmholtz (por ejemplo, la calibración de una o más de las bobinas 220, 230, 240 pareadas) puede demorar aproximadamente un minuto o menos.

Una vez que se haya calibrado el dispositivo 202 Helmholtz (por ejemplo, las bobinas 220, 230, 240 pareadas), el dispositivo 202 Helmholtz se puede usar para calibrar varios sensores 112 DUT.

Operando el dispositivo de calibración

Si el dispositivo 202 Helmholtz se usa para calibrar un DUT o se calibra a sí mismo, un usuario del dispositivo 202 Helmholtz y el sistema 212 informático pueden realizar el procedimiento de calibración interactuando con el sistema 212 informático. En algunas implementaciones, el

sistema 212 informático está configurado para proporcionar instrucciones para el usuario a través de una interfaz gráfica de usuario (GUI). Por ejemplo, el sistema 212 informático puede ser un ordenador portátil que está configurado para ejecutar un programa usado para calibrar un DUT o calibrar el dispositivo 202 Helmholtz. El programa puede hacer que una pantalla del ordenador portátil muestre instrucciones para ayudar al usuario a llevar a cabo el procedimiento de calibración particular. Por ejemplo, las instrucciones pueden incluir instrucciones textuales, visuales y/o audibles que indiquen al usuario que coloque el HMD 102 o el sensor 312 de referencia en la montura 206, conecte eléctricamente el HMD 102 o el sensor 312 de referencia a la montura 206 o el sistema 212 informático (por ejemplo, si se requiere para formar una conexión por cable), conectar el sistema 212 informático al dispositivo 202 Helmholtz (por ejemplo, si es necesario para formar una conexión por cable), etc.

En algunas implementaciones, el programa que opera en el sistema 212 informático puede incluir uno o más valores seleccionables por el usuario y/o campos de entrada del usuario para permitir al usuario definir una o más características del procedimiento de calibración. Por ejemplo, el programa puede permitir al usuario especificar frecuencias particulares en las que las bobinas 220, 230, 240 pareadas operen para generar campos magnéticos respectivos. En algunas implementaciones, el programa puede permitir al usuario almacenar, recuperar y/o aplicar valores de corrección de calibración al sensor 112 (por ejemplo, durante la calibración del sensor 112) y/o a una o más de las bobinas 220, 230, 240 pareadas (por ejemplo, durante la calibración del dispositivo 202 de Helmholtz). En algunas implementaciones, el programa está configurado para proporcionar una indicación de que el sensor 112 requiere calibración, una indicación de que el sensor 112 no requiere calibración, una indicación de que el dispositivo 202 de Helmholtz requiere calibración y/o una indicación de que el dispositivo 202 de Helmholtz no requiere calibración (por ejemplo, un resultado de aprobación/falla). Para los ejemplos en los que se requiere una calibración, el programa puede proporcionar un elemento de interfaz de usuario que puede permitir al usuario iniciar un procedimiento de calibración al interactuar con el elemento de interfaz de usuario.

En algunas implementaciones, el dispositivo 202 Helmholtz y el sistema 212 informático pueden configurarse para realizar calibraciones en diferentes tipos (por ejemplo, diferentes modelos) de sensores y/o HMD. En algunas implementaciones, el programa puede aceptar una entrada indicativa del modelo del sensor y/o HMD para calibrar. Los parámetros particulares almacenados en el sistema 212 informático pueden implementarse durante la calibración basándose en el modelo del sensor y/o HMD en uso. Por ejemplo, un primer modelo de sensor puede requerir que magnitudes particulares de corrientes pasen a través de las bobinas 220, 230, 240 pareadas del dispositivo 202 Helmholtz y/o ciertas frecuencias

para que los campos magnéticos sean generados por las bobinas 220, 230, 240 pareadas y un segundo modelo de sensor puede requerir que diferentes magnitudes de corrientes pasen a través de las bobinas 220, 230, 240 pareadas del dispositivo 202 Helmholtz y/o diferentes frecuencias para que los campos magnéticos sean generados por las bobinas 220, 230, 240 pareadas.

5 En algunas implementaciones, los factores de corrección de calibración para un sensor 112 DUT particular o para una o más de las bobinas 220, 230, 240 pareadas pueden incluirse como parte de un archivo de calibración creado por el programa que opera en el sistema 212 informático. Por ejemplo, una vez que se determinan los uno o más factores de corrección de calibración, se puede crear un archivo de calibración que se puede usar para actualizar un sensor 112 DUT en particular o una o más de las bobinas 220, 230, 240 pareadas. En algunas implementaciones, el archivo de calibración puede ser "proyectado" al sensor 112 DUT o la bobina 220, 230, 240 pareada. En algunas implementaciones, un firmware del sensor 112 DUT y/o la bobina 220, 230, 240 pareada se puede actualizar en función en el archivo de calibración.

15 Como se describió anteriormente, el dispositivo 202 Helmholtz de las Figs. 2 y 3 pueden operarse utilizando software ejecutado por un dispositivo informático (por ejemplo, el sistema 212 informático de las Figuras 2 y 3). En algunas implementaciones, el software se incluye en un medio legible por ordenador para su ejecución en el sistema 212 informático. La FIG. 4 muestra un ejemplo de dispositivo 400 informático y un ejemplo de dispositivo 450 informático móvil, que puede usarse para implementar las técnicas descritas en este documento. Por ejemplo, la calibración del sensor 112 y/o la calibración de las bobinas 220, 230, 240 pareadas del dispositivo 202 Helmholtz puede ser ejecutada y controlada por el dispositivo 400 informático y/o el dispositivo 450 informático móvil. El dispositivo 400 informático está destinado para representar diversas formas de ordenadores digitales, que incluyen, por ejemplo, ordenadores portátiles, ordenadores de escritorio, estaciones de trabajo, asistentes digitales personales, servidores, servidores blade, mainframes y otros ordenadores apropiados. El dispositivo 450 informático pretende representar varias formas de dispositivos móviles, incluidos, por ejemplo, asistentes digitales personales, teléfonos celulares, teléfonos inteligentes y otros dispositivos informáticos similares. Los componentes que se muestran aquí, sus conexiones y relaciones, y sus funciones, pretenden ser solo ejemplos, y no pretenden limitar las implementaciones de las técnicas descritas y/o reivindicadas en este documento.

30 El dispositivo 400 informático incluye el procesador 402, la memoria 404, el dispositivo 406 de almacenamiento, la interfaz 408 de alta velocidad que se conecta a la memoria 404 y los puertos 410 de expansión de alta velocidad, y la interfaz 412 de baja velocidad que se conecta

al bus 414 de baja velocidad y al dispositivo 406 de almacenamiento. Cada uno de los componentes 402, 404, 406, 408, 410 y 412, están interconectados utilizando diversos buses, y pueden montarse en una placa base común o de otras maneras, según corresponda. El procesador 402 puede procesar instrucciones para la ejecución dentro del dispositivo 400 informático, incluidas las instrucciones almacenadas en la memoria 404 o en el dispositivo 406 de almacenamiento, para mostrar datos gráficos para una GUI en un dispositivo externo de entrada/salida, incluida, por ejemplo, la pantalla 416 acoplada a la interfaz 408 de alta velocidad. En algunas implementaciones, se pueden usar múltiples procesadores y/o múltiples buses, según sea apropiado, junto con múltiples memorias y tipos de memoria. Además, se pueden conectar múltiples dispositivos 400 informáticos, y cada dispositivo proporciona partes de las operaciones necesarias (por ejemplo, como un banco de servidores, un grupo de servidores blade, un sistema multiprocesador, etc.).

La memoria 404 almacena datos dentro del dispositivo 400 informático. En algunas implementaciones, la memoria 404 es una unidad o unidades de memoria volátil. En alguna implementación, la memoria 604 es una unidad o unidades de memoria no volátil. La memoria 404 también puede ser otra forma de medio legible por ordenador, incluyendo, por ejemplo, un disco magnético u óptico.

El dispositivo 406 de almacenamiento es capaz de proporcionar almacenamiento masivo para el dispositivo 400 informático. En algunas implementaciones, el dispositivo 406 de almacenamiento puede ser o contener un medio legible por ordenador, que incluye, por ejemplo, un dispositivo de disquete, un dispositivo de disco duro, un dispositivo de disco óptico, un dispositivo de cinta, una memoria flash u otro dispositivo de memoria de estado sólido similar, o una serie de dispositivos, incluidos los dispositivos en una red de área de almacenamiento u otras configuraciones. Un producto de programa informático puede incorporarse tangiblemente en un soporte de datos. El producto de programa informático también puede contener instrucciones que, cuando se ejecutan, realizan uno o más métodos, incluidos, por ejemplo, los descritos anteriormente. La montura de datos es un medio legible por ordenador o máquina, que incluye, por ejemplo, la memoria 404, el dispositivo 406 de almacenamiento, la memoria en el procesador 402 y similares.

El controlador 408 de alta velocidad gestiona las operaciones intensivas de ancho de banda para el dispositivo 400 informático, mientras que el controlador 412 de baja velocidad gestiona las operaciones intensivas de ancho de banda inferior. Dicha asignación de funciones es solo un ejemplo. En algunas implementaciones, el controlador 408 de alta velocidad está acoplado a la memoria 404, la pantalla 416 (por ejemplo, a través de un procesador de gráficos o acelerador), y a los puertos 410 de expansión de alta velocidad, que pueden aceptar diversas tarjetas de expansión (no mostradas). En algunas implementaciones, el controlador 412 de

baja velocidad está acoplado al dispositivo 406 de almacenamiento y al puerto 414 de expansión de baja velocidad. El puerto de expansión de baja velocidad, que puede incluir varios puertos de comunicación (por ejemplo, USB, Bluetooth®, Ethernet, Ethernet inalámbrica), se puede acoplar a uno o más dispositivos de entrada/salida, incluyendo, por ejemplo, un teclado, un dispositivo señalador, un escáner o un dispositivo de red que incluye, por ejemplo, un conmutador o enrutador (por ejemplo, a través de un adaptador de red).

El dispositivo 400 informático puede implementarse de varias formas diferentes, como se muestra en la FIG. 4. Por ejemplo, el dispositivo 400 informático puede implementarse como un servidor 420 estándar, o varias veces en un grupo de tales servidores. El dispositivo 400 informático también puede implementarse como parte del sistema 424 de servidor en bastidor. Además, o como alternativa, el dispositivo 400 informático puede implementarse en un ordenador personal (por ejemplo, un ordenador portátil 422). En algunos ejemplos, los componentes del dispositivo 400 informático se pueden combinar con otros componentes en un dispositivo móvil (por ejemplo, el dispositivo 450 informático móvil). Cada uno de estos dispositivos puede contener uno o más de los dispositivos 400, 450, informáticos y un sistema completo puede estar formado por múltiples dispositivos 400, 450 informáticos que se comunican entre sí.

El dispositivo 450 informático incluye el procesador 452, la memoria 464 y un dispositivo de entrada/salida que incluye, por ejemplo, la pantalla 454, la interfaz 466 de comunicación y el transceptor 468, entre otros componentes. El dispositivo 450 también se puede proporcionar con un dispositivo de almacenamiento, que incluye, por ejemplo, un microdrive u otro dispositivo, para proporcionar almacenamiento adicional. Los componentes 450, 452, 464, 454, 466 y 468 pueden interconectarse utilizando varios buses, y varios de los componentes pueden montarse en una placa base común o de otras maneras, según corresponda.

El procesador 452 puede ejecutar instrucciones dentro del dispositivo 450 informático, incluidas las instrucciones almacenadas en la memoria 464. El procesador 452 puede implementarse como un conjunto de chips de chips que incluyen procesadores analógicos y digitales independientes y múltiples. El procesador 452 puede proporcionar, por ejemplo, la coordinación de los otros componentes del dispositivo 450, incluyendo, por ejemplo, el control de las interfaces de usuario, las aplicaciones ejecutadas por el dispositivo 450 y la comunicación inalámbrica por el dispositivo 450.

El procesador 452 puede comunicarse con un usuario a través de la interfaz 458 de control y la interfaz 456 de pantalla acopladas a la pantalla 454. La pantalla 454 puede ser, por ejemplo, una pantalla TFT LCD (pantalla de cristal líquido con transistor de película fina) o una OLED (diodo orgánico emisor de luz), u otra tecnología de pantalla adecuada. La interfaz 456 de pantalla puede comprender circuitos apropiados para activar la pantalla 454 para presentar

datos gráficos y otros datos a un usuario. La interfaz 458 de control puede recibir comandos de un usuario y convertirlos para enviarlos al procesador 452. Además, la interfaz 462 externa puede comunicarse con el procesador 442, a fin de permitir la comunicación del dispositivo 450 con otros dispositivos en el área cercana. La interfaz 462 externa puede proporcionar, por ejemplo, la comunicación por cable en algunas implementaciones o la comunicación inalámbrica en algunas implementaciones. También se pueden utilizar múltiples interfaces.

La memoria 464 almacena datos dentro del dispositivo 450 informático. La memoria 464 puede implementarse como uno o más medios o medios legibles por ordenador, una unidad o unidades de memoria volátil o una unidad o unidades de memoria no volátil. La memoria 474 de expansión también se puede proporcionar y conectar al dispositivo 450 a través de la interfaz 472 de expansión, que puede incluir, por ejemplo, una interfaz de tarjeta SIMM (módulo de memoria de línea única). Dicha memoria 474 de expansión puede proporcionar espacio de almacenamiento adicional para el dispositivo 450, y/o puede almacenar aplicaciones u otros datos para el dispositivo 450. Específicamente, la memoria 474 de expansión también puede incluir instrucciones para llevar a cabo o complementar los procesos descritos anteriormente y puede incluir datos seguros. Así, por ejemplo, la memoria 474 de expansión se puede proporcionar como un módulo de seguridad para el dispositivo 450 y se puede programar con instrucciones que permiten el uso seguro del dispositivo 450. Además, se pueden proporcionar aplicaciones seguras a través de las tarjetas SIMM, junto con datos adicionales, que incluyen, por ejemplo, colocar datos de identificación en la tarjeta SIMM de una manera no hackeable.

La memoria 464 puede incluir, por ejemplo, memoria flash y/o memoria NVRAM, como se explica a continuación. En algunas implementaciones, un producto de programa informático está incorporado de manera tangible en un portador de datos. El producto del programa informático contiene instrucciones que, cuando se ejecutan, realizan uno o más métodos, incluidos, por ejemplo, los descritos anteriormente con respecto a la calibración del sensor 112 y/o la calibración de las bobinas 220, 230, 240 pareadas del dispositivo 202 Helmholtz. El portador de datos es un medio legible por ordenador o máquina, que incluye, por ejemplo, la memoria 464, la memoria 474 de expansión y/o la memoria en el procesador 452, que puede recibirse, por ejemplo, a través del transceptor 468 o la interfaz 462 externa.

El dispositivo 450 puede comunicarse de forma inalámbrica a través de la interfaz 466 de comunicación, que puede incluir circuitos de procesamiento de señales digitales cuando sea necesario. La interfaz 466 de comunicación puede proporcionar comunicaciones bajo varios modos o protocolos, incluyendo, por ejemplo, llamadas de voz GSM, SMS, EMS o mensajes MMS, CDMA, TDMA, PDC, WCDMA, CDMA2000 o GPRS, entre otros. Dicha comunicación puede ocurrir, por ejemplo, a través de un transceptor 468 de radiofrecuencia. Además, puede

ocurrir una comunicación de corto alcance, que incluye, por ejemplo, el uso de un Bluetooth®, WiFi u otro tipo de transceptor (no mostrado). Además, el módulo receptor 470 de GPS (Sistema de posicionamiento global) puede proporcionar datos inalámbricos adicionales relacionados con la navegación y la ubicación al dispositivo 450, que pueden ser utilizados según sea apropiado por las aplicaciones que se ejecutan en el dispositivo 450.

El dispositivo 450 también puede comunicarse audiblemente usando el códec 460 de audio, que puede recibir datos hablados de un usuario y convertirlos en datos digitales utilizables. El códec 460 de audio también puede generar un sonido audible para un usuario, incluido, por ejemplo, a través de un altavoz, por ejemplo, en un auricular del dispositivo 450. Dicho sonido puede incluir sonido de llamadas telefónicas de voz, sonido grabado (por ejemplo, mensajes de voz, archivos de música, y similares) y también el sonido generado por las aplicaciones que operan en el dispositivo 450.

El dispositivo 450 informático puede implementarse de varias formas diferentes, como se muestra en la FIG. 4. Por ejemplo, el dispositivo 450 informático puede implementarse como un teléfono 480 celular. El dispositivo 450 informático también puede implementarse como parte del teléfono inteligente 482, asistente digital personal u otro dispositivo móvil similar.

Diversas implementaciones de los sistemas y técnicas descritas aquí pueden realizarse en circuitos electrónicos digitales, circuitos integrados, ASIC especialmente diseñados (circuitos integrados específicos de la aplicación), hardware de ordenador, firmware, software y/o combinaciones de los mismos. Estas diversas implementaciones pueden incluir uno o más programas de ordenador ejecutables y/o interpretables en un sistema programable. Esto incluye al menos un procesador programable, que puede ser especial o de propósito general, acoplado para recibir datos e instrucciones de, y para transmitir datos e instrucciones a, un sistema de almacenamiento, al menos un dispositivo de entrada y al menos un dispositivo de salida.

Estos programas informáticos (también conocidos como programas, software, aplicaciones de software o código) incluyen instrucciones de la máquina para un procesador programable, y pueden implementarse en un lenguaje de programación de procedimiento de alto nivel y/u orientado a objetos, y/o lenguaje ensamblador/de máquina. Como se usa en este documento, los términos medio legible por máquina y medio legible por ordenador se refieren a un producto, aparato y/o dispositivo de programa informático (por ejemplo, discos magnéticos, discos ópticos, memoria, dispositivos lógicos programables (PLD) utilizados para proporcionar instrucciones de máquina y/o datos a un procesador programable, incluido un medio legible por máquina que recibe instrucciones de la máquina.

Para proporcionar interacción con un usuario, los sistemas y técnicas que se describen en este documento pueden implementarse en un ordenador que tenga un dispositivo de

visualización (por ejemplo, un monitor CRT (tubo de rayos catódicos) o LCD (pantalla de cristal líquido) para presentar datos al usuario, y un teclado y un dispositivo señalador (por ejemplo, un mouse o un trackball) mediante los cuales el usuario puede proporcionar información al ordenador. También se pueden utilizar otros tipos de dispositivos para proporcionar
5 interacción con un usuario. Por ejemplo, la retroalimentación proporcionada al usuario puede ser una forma de retroalimentación sensorial (por ejemplo, retroalimentación visual, retroalimentación auditiva o retroalimentación táctil). La entrada del usuario se puede recibir en una forma, incluida la entrada acústica, de voz o táctil.

Los sistemas y técnicas descritos aquí pueden implementarse en un sistema de computación
10 que incluye un componente de backend (por ejemplo, como un servidor de datos), o que incluye un componente de middleware (por ejemplo, un servidor de aplicaciones), o que incluye un componente de frontend (por ejemplo, un ordenador cliente que tenga una interfaz de usuario o un navegador web a través del cual un usuario pueda interactuar con una implementación de los sistemas y técnicas descritas aquí), o una combinación de dichos
15 componentes de backend, middleware o frontend. Los componentes del sistema pueden interconectarse mediante una forma o medio de comunicación de datos digitales (por ejemplo, una red de comunicación). Los ejemplos de redes de comunicación incluyen una red de área local (LAN), una red de área amplia (WAN) e Internet.

El sistema informático puede incluir clientes y servidores. Un cliente y un servidor
20 generalmente están alejados entre sí y generalmente interactúan a través de una red de comunicación. La relación del cliente y el servidor surge en virtud de los programas de ordenador que se ejecutan en los ordenadores respectivos y que tienen una relación cliente-servidor entre sí.

En algunas implementaciones, los componentes descritos en este documento pueden
25 separarse, combinarse o incorporarse en un componente único o combinado. Los componentes que se muestran en las figuras no pretenden limitar los sistemas descritos en este documento a las arquitecturas de software que se muestran en las figuras.

Se han descrito varias realizaciones. Sin embargo, se entenderá que se pueden realizar varias
30 modificaciones sin apartarse del espíritu y alcance de la divulgación. En consecuencia, otras realizaciones están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de calibración que comprende:
un dispositivo Helmholtz que comprende tres pares de bobinas que definen un volumen interno, en el que cada uno de los tres pares de bobinas está configurado para generar un
5 campo magnético que es uniforme en todo el volumen interior;
una montura configurada para aceptar un dispositivo que incluye un sensor magnético, en el que al menos una porción de la montura está posicionada dentro del volumen interno de tal manera que el sensor magnético se coloca en o cerca de un centro del volumen interno cuando el dispositivo se coloca en la montura; y
10 un sistema informático configurado para comunicarse con el dispositivo Helmholtz y el sensor magnético,
en el que el sistema informático está configurado para:
proporcionar instrucciones para hacer que cada uno de los tres pares de bobinas genere un campo magnético;
15 recibir señales del sensor magnético que se basan en las características de los campos magnéticos recibidos en el sensor magnético;
medir, en función de las señales recibidas del sensor magnético, una o más características del sensor magnético; y
determinar, utilizando un algoritmo de calibración, uno o más factores de corrección de
20 calibración para el sensor magnético en función de una o más características del sensor magnético y las instrucciones proporcionadas.
2. El sistema de calibración de la reivindicación 1, en el que el sistema informático está configurado además para:
crear un archivo de calibración que incluya los factores de corrección de calibración; y
25 aplicar el archivo de calibración al sensor magnético.
3. El sistema de calibración de la reivindicación 1, en el que el dispositivo es una pantalla montada en la cabeza, y la montura está configurada para sostener la pantalla montada en la cabeza y el sensor magnético en una posición y orientación fijas con respecto al dispositivo Helmholtz.
- 30 4. El sistema de calibración de la reivindicación 1, en el que el dispositivo es una pantalla montada en la cabeza configurada para comunicarse con uno o ambos del sistema informático o el dispositivo Helmholtz.
5. El sistema de calibración de la reivindicación 1, en el que el dispositivo es una pantalla montada en la cabeza configurada para su uso en uno de los dos sistemas de Realidad
35 Aumentada (AR) o sistema de Realidad Virtual (VR).

6. El sistema de calibración de la reivindicación 1, en el que cada uno de los tres pares de bobinas está configurado para generar el campo magnético a una frecuencia inferior a 100 Hz.
7. El sistema de calibración de la reivindicación 6, en el que cada uno de los tres pares de bobinas está configurado para generar el campo magnético a una frecuencia de 90 Hz.
8. El sistema de calibración de la reivindicación 7, en el que el sensor magnético está configurado para recibir campos magnéticos que tienen frecuencias de más de 30 KHz cuando están en uso en un sistema AR o un sistema VR
9. El sistema de calibración de la reivindicación 1, en el que la montura está configurada para aceptar un sensor magnético calibrado, y el sistema informático está configurado además para:
- proporcionar instrucciones para hacer que cada uno de los tres pares de bobinas genere un segundo campo magnético que sea uniforme en todo el volumen interior;
- recibir señales del sensor magnético calibrado que se basan en las características de los segundos campos magnéticos recibidos en el sensor magnético calibrado;
- medir, basándose en las señales recibidas del sensor magnético calibrado, una o más características del sensor magnético calibrado; y
- determinar, utilizando un algoritmo de calibración, uno o más factores de corrección de calibración para uno o más de los tres pares de bobinas en función de una o más características del sensor magnético calibrado.
10. El sistema de calibración de la reivindicación 9, en el que el sistema informático está además configurado para:
- crear uno o más archivos de calibración que incluyan los factores de corrección de calibración;
- y
- aplicar uno o más archivos de calibración a uno o más de los tres pares de bobinas.
11. El sistema de calibración de la reivindicación 9, en el que las instrucciones para hacer que cada uno de los tres pares de bobinas generen el campo magnético se ajustan en función de uno o más factores de corrección de calibración para uno o más de los tres pares de bobinas.
12. Un método que comprende:
- proporcionar, mediante un sistema informático, instrucciones para hacer que la corriente fluya a través de cada uno de los tres pares de bobinas que definen un volumen interno, en donde la corriente hace que cada uno de los tres pares de bobinas genere un campo magnético que es uniforme en todo el volumen interior;
- recibir, desde un sensor magnético incorporado a un dispositivo que está posicionado dentro del volumen interno, señales que se basan en las características de los campos magnéticos recibidos en el sensor magnético;

- medir, basado en las señales recibidas del sensor magnético, una o más características del sensor magnético; y
- determinar, utilizando un algoritmo de calibración, uno o más factores de corrección de calibración para el sensor magnético en función de una o más características del sensor magnético y las instrucciones proporcionadas.
- 5
13. El método de la reivindicación 12, que comprende, además:
- crear un archivo de calibración que incluye los factores de corrección de calibración; y
- aplicar el archivo de calibración al sensor magnético.
14. El método de la reivindicación 12, en el que el dispositivo es una pantalla montada en la
- 10 cabeza, y una montura está configurada para sostener la pantalla montada en la cabeza y el sensor magnético en una posición y orientación fijas con respecto a los tres pares de bobinas.
15. El método de la reivindicación 12, en el que uno o más del sensor magnético, el dispositivo o los tres pares de bobinas están configurados para comunicarse con el sistema informático.
16. El método de la reivindicación 12, en el que el dispositivo es una pantalla montada en la
- 15 cabeza configurada para su uso en uno de los dos sistemas de Realidad Aumentada (AR) o sistema de Realidad Virtual (VR).
17. El método de la reivindicación 12, en el que cada uno de los tres pares de bobinas está configurado para generar el campo magnético a una frecuencia de menos de 100 Hz.
18. El método de la reivindicación 17, en el que cada uno de los tres pares de bobinas está
- 20 configurado para generar el campo magnético a una frecuencia de 90 Hz.
19. El método de la reivindicación 18, en el que el sensor magnético está configurado para recibir campos magnéticos que tienen frecuencias de más de 30 KHz cuando están en uso en un sistema AR o un sistema VR.
20. El método de la reivindicación 12, que comprende, además:
- 25 proporcionar, mediante un sistema informático, instrucciones para hacer que la segunda corriente fluya a través de cada uno de los tres pares de bobinas, en donde la segunda corriente hace que cada uno de los tres pares de bobinas genere un segundo campo magnético que es uniforme en todo el volumen interno;
- recibir, desde un sensor magnético calibrado que se coloca dentro del volumen interno,
- 30 señales que se basan en las características de los segundos campos magnéticos recibidos en el sensor magnético calibrado;
- medir, basada en las señales recibidas del sensor magnético calibrado, una o más características del sensor magnético calibrado; y
- determinar, utilizando un algoritmo de calibración, uno o más factores de corrección de
- 35 calibración para uno o más de los tres pares de bobinas en función de una o más características del sensor magnético calibrado.

21. El método de la reivindicación 20, que comprende, además:
crear uno o más archivos de calibración que incluyen los factores de corrección de calibración;
y
aplicar uno o más archivos de calibración a uno o más de los tres pares de bobinas.
- 5 22. El método de la reivindicación 20, en el que las instrucciones para hacer que cada uno de los tres pares de bobinas generen el campo magnético se ajustan basándose en uno o más factores de corrección de calibración para uno o más de los tres pares de bobinas.

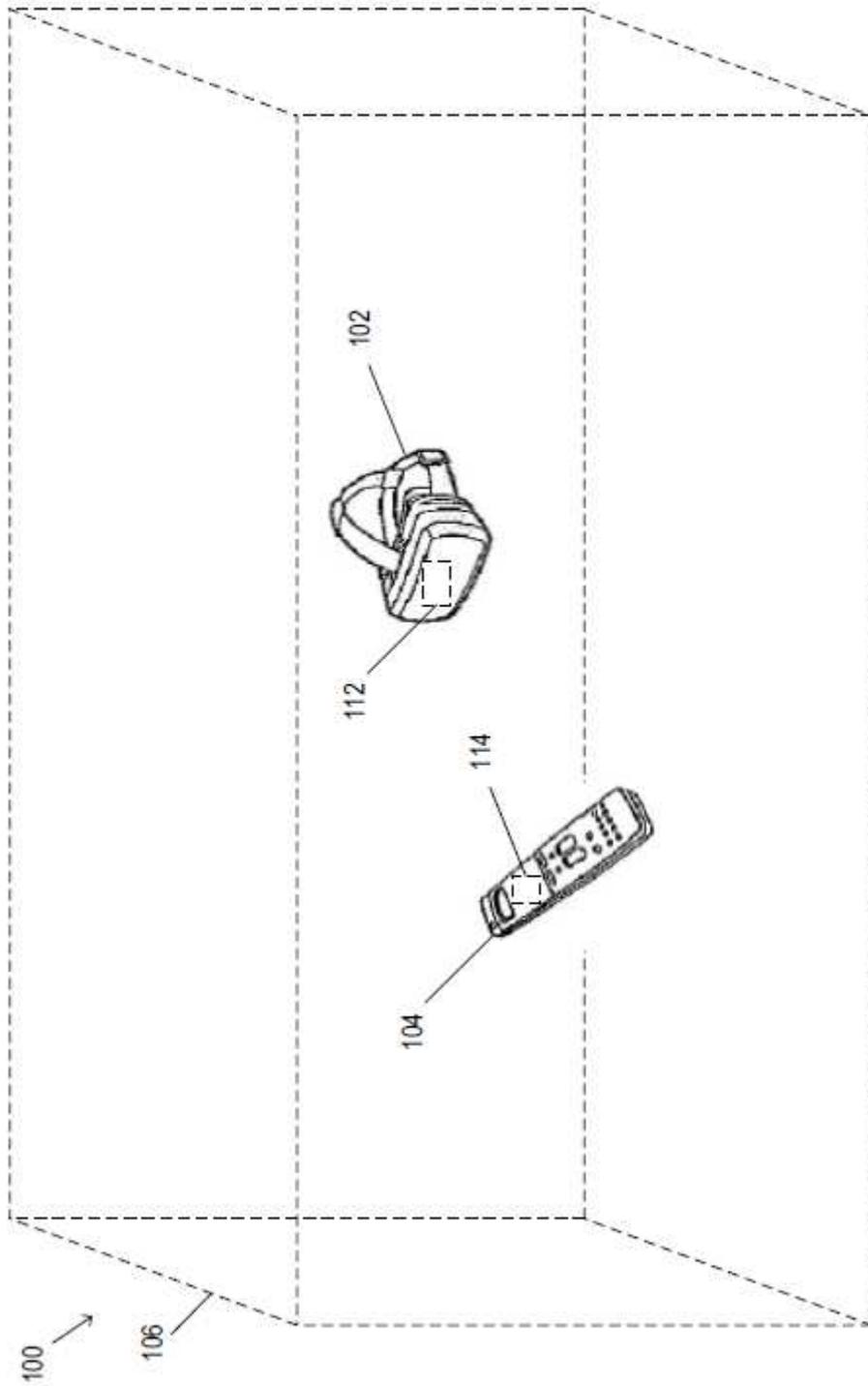
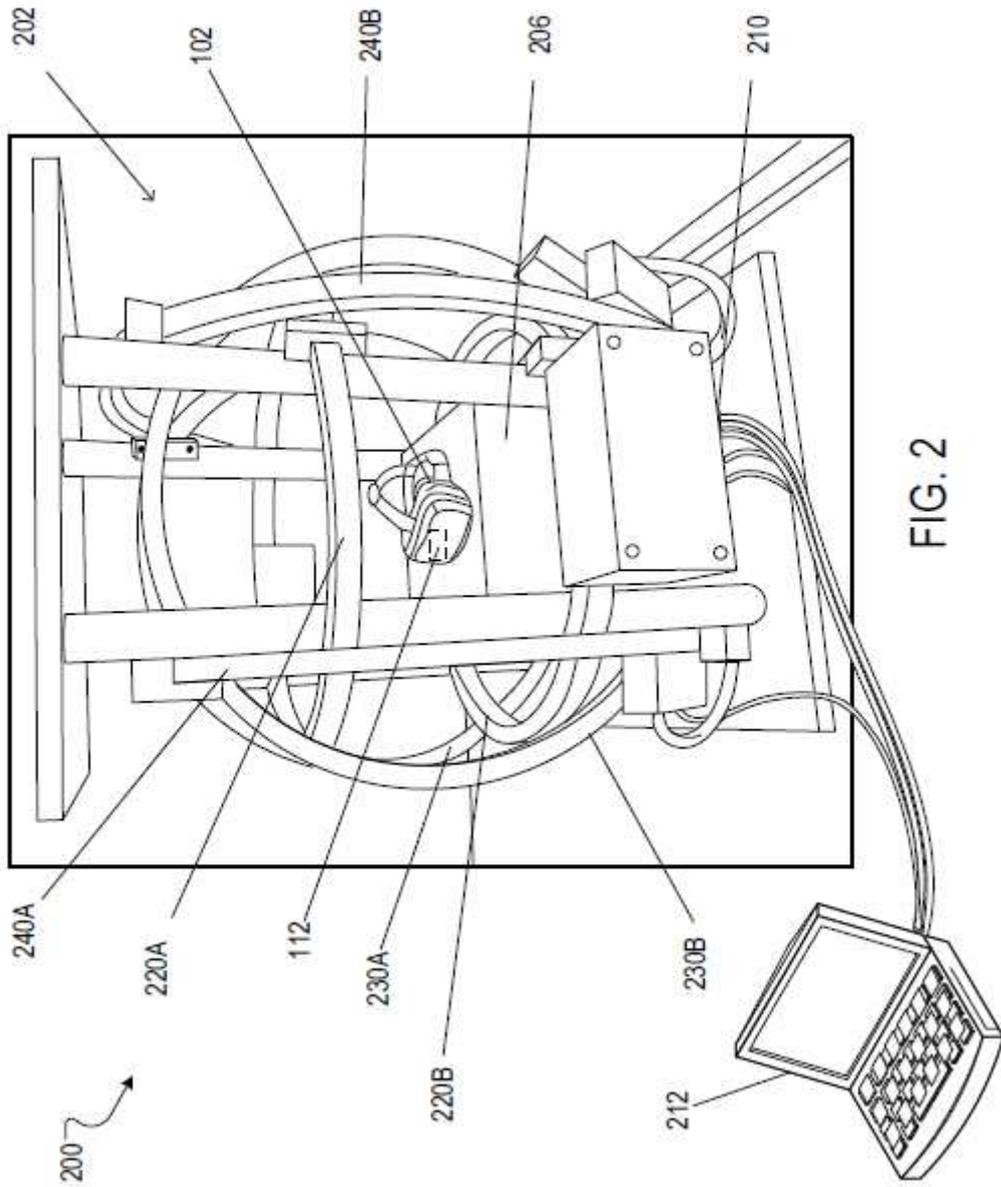


FIG. 1



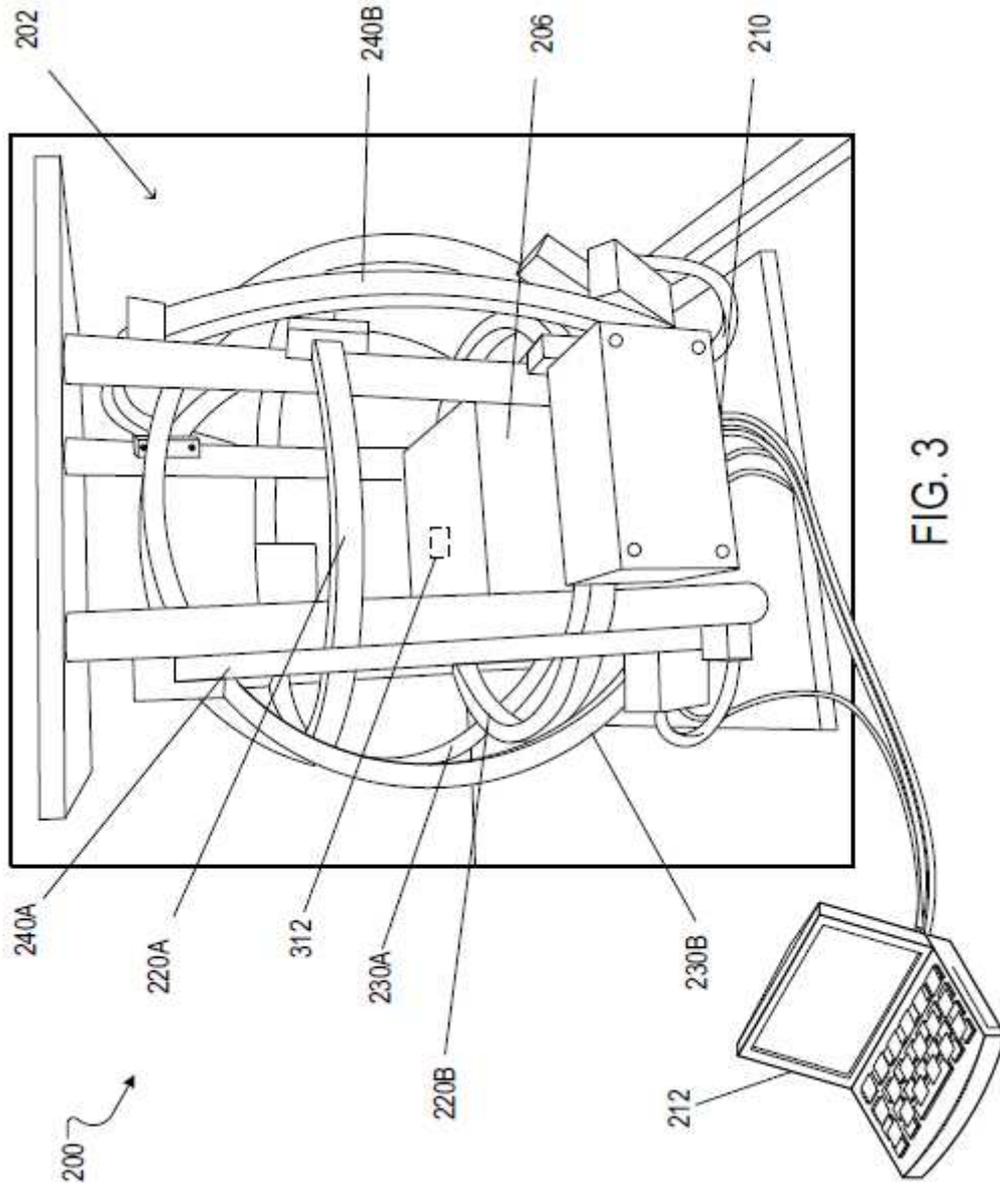


FIG. 3

