

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 930**

51 Int. Cl.:
A61B 19/00 (2006.01)
G01B 21/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06775071 .1**
96 Fecha de presentación: **01.08.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1913333**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.04.2008**

54 Título: **Sistema y método para detectar desviaciones en los sistemas de localización calibrados**

30 Prioridad:
01.08.2005 US 704405 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.10.2012

73 Titular/es:
**RESONANT MEDICAL INC.
2050 BLEURY STREET SUITE 200
MONTREAL, QUEBEC H3A 2J5, CA**

72 Inventor/es:
FALCO, Tony

74 Agente/Representante:
Rizzo, Sergio

ES 2 388 930 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

SISTEMA Y MÉTODO PARA DETECTAR DESVIACIONES EN LOS SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN CALIBRADOS

Descripción

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención hace referencia de manera general al campo de la detección del movimiento, y la calibración, y más en particular a un sistema y un método para detectar desviaciones en sistemas de localización calibrados utilizados para localizar características, como por ejemplo elementos de una superficie o
10 indicadores sujetos a o integrados dentro de un objeto, con respecto a uno o más sistemas de coordenadas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] Los sistemas de localización espacial se utilizan para varios procedimientos como por ejemplo para la extracción de una característica de la superficie de un
15 paciente, la navegación quirúrgica, o como guía para el posicionamiento del paciente durante el suministro de un tratamiento. Un criterio de función crítico de dichos sistemas es su precisión espacial, por ejemplo, la precisión con la que los sistemas de localización identifican y localizan la situación física de los objetos con respecto a uno o más sistemas conocidos de referencia de coordenadas.

[0003] El sistema de localización está típicamente compuesto de un localizador óptico sujeto a la pared o al techo de una sala, o alternativamente situado sobre un trípode, cuya posición está calibrada relativa a un sistema fijo de referencia de coordenadas. El localizador detecta las señales (por ejemplo de infrarrojos, magnéticas, de radio, etc.) que emanan de los indicadores activos que están adjuntos a la superficie de, o
25 integrados dentro de, el objeto, o de manera alternativa de indicadores pasivos que reflejan las señales que emanan del mismo localizador. Utilizando las técnicas de triangulación, la posición y orientación (6 DOF o de seis grados de libertad) de los indicadores, y mediante la sustitución del objeto al que los indicadores están adjuntos, se puede calcular con respecto al localizador óptico, y a través de una transformación,
30 con respecto al sistema fijo de referencia de coordenadas. En otros modos de realización el localizador puede localizar elementos en un objeto directamente sin el uso de indicadores, como por ejemplo en el caso de una cámara montada o de un sistema de escaneado láser que representa los elementos de la superficie del objeto (por ejemplo puntos en la piel de un paciente) y, a través de una transformación,
35 calcula la posición de estos elementos de la superficie con respecto al sistema fijo de referencia de coordenadas.

[0004] Sin embargo, la precisión de dicho sistema depende de mantener una relación constante entre el sistema fijo de coordenadas y el sistema de localización. Si, por ejemplo, el sistema de localización se desvía de su posición calibrada, si el localizador se desvía a lo largo del tiempo, podrían introducirse imprecisiones como para que la transformación entre el sistema de coordenadas del localizador y el sistema fijo de coordenadas ya no fuera precisa. Como resultado, las coordenadas asignadas a las características individuales del objeto (por ejemplo la posición del indicador, la superficie, los puntos, las lesiones, etc.) estarían desalineadas con respecto al sistema fijo de coordenadas. Dichas desalineaciones pueden llevar a, por ejemplo, operaciones quirúrgicas imprecisas o a un suministro incorrecto de tratamientos de radiación, con consecuencias potencialmente dañinas.

La publicación de la Patente Estadounidense US 2001/0036245 A1 hace referencia a un dispositivo de localización asistido por ordenador para su uso en cirugía ortopédica. El sistema proporciona una respuesta visual respecto a la posición de una herramienta quirúrgica mediante imágenes fluoroscópicas de una parte del cuerpo durante una operación ortopédica. El sistema también proporciona una respuesta visual de la posición de una herramienta quirúrgica con respecto a otra herramienta quirúrgica o a un implante.

El sistema de cirugía guiada por imagen *Kienzle* comprende: un sistema de dispositivo de localización/transporte trazado con un sistema de coordenadas para localizar una imagen de una parte del cuerpo; localizando los emisores asociados al sistema del dispositivo de transporte/localización para detectar el desplazamiento de un brazo C; y un controlador del sistema en comunicación con los emisores de localización y el sistema del dispositivo de localización/transporte. El controlador del sistema *Kienzle* está configurado para detectar la situación de la imagen de la parte del cuerpo con respecto a un segundo sistema de coordenadas asociado al sistema, para calcular un ajuste basado en el desplazamiento detectado, y trazar la localización desde la imagen de la parte del cuerpo hasta una localización con respecto al segundo sistema de coordenadas con respecto al sistema de coordenadas de acuerdo con el ajuste.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0005] De acuerdo con la presente invención se proporciona un aparato para monitorizar un objeto con respecto a un primer sistema de coordenadas como se define en la reivindicación 1 abajo. De acuerdo con la presente invención, también se proporciona un método para volver a calibrar la posición del dispositivo de localización como se especifica en la reivindicación 21 abajo.

[0006] Los modos de realización de la invención proporcionan un método y un aparato para motorizar de manera independiente un sistema de localización calibrado con tal

de detectar desviaciones temporales o colisiones accidentales que pueden desviar el sistema de la alineación o calibración con respecto a un sistema fijo de referencia de coordenadas. El aparato puede estar configurado para alertar a los usuarios de dichas desalineaciones, para inutilizar los relativos objetos localizados como dispositivos de tratamiento o de imagen hasta que dichos errores se corrigen, y en algunos casos para aplicar automáticamente acciones correctivas moviendo el sistema de localización o ajustando la posición del tratamiento o la imagen médica en consecuencia.

[0007] En general, un dispositivo de sistema en movimiento se sitúa sobre o en el dispositivo de localización antes de, durante, o poco después de su calibración. Una vez el localizador se calibra con el sistema fijo de coordenadas, el dispositivo del sistema en movimiento determina de manera continua o periódica si el localizador se ha desplazado de manera relativa al sistema fijo de coordenadas, y proporciona una respuesta al usuario y/o al dispositivo de control. La respuesta puede utilizarse simplemente para indicar que se necesita una nueva calibración, o en algún casos para volver a calibrar el localizador automáticamente.

[0008] En un modo de realización, el aparato para detectar el movimiento de un localizador con respecto a un sistema fijo de coordenadas incluye un localizador que está calibrado con el sistema de coordenadas, y uno o más detectores de movimiento asociados a (por ejemplo montados sobre) el localizador. El detector de movimiento detecta el movimiento del localizador que podría afectar potencialmente la calibración del localizador del sistema de coordenadas.

[0009] En algunos modos de realización, el aparato está localizado cerca de un dispositivo portátil de imagen (por ejemplo, un escáner de ultrasonido) que incluye características en la sonda de ultrasonido, como los indicadores, que emiten o reflejan señales (como las señales de infrarrojos) que son detectadas por el localizador. El sistema fijo de coordenadas puede estar definido, por ejemplo, mediante una serie de láseres situados en una sala, junto a la orientación física del dispositivo de tratamiento, junto a la orientación física de un dispositivo de imagen, o junto a la orientación física de un paciente durante una operación médica específica. El detector de movimiento puede ser cualquier dispositivo apropiado como un sistema estabilizador, un acelerómetro, un inclinómetro, un magnetómetro, un reflectante sujeto a una pared o a un techo, indicadores activos, u otros dispositivos apropiados. En algunos casos, el aparato incluye un módulo que alerta al usuario de que el localizador ya no está calibrado con el sistema fijo de coordenadas. La alerta puede estar basada, en algunos casos, en el movimiento detectado que excede un predeterminado límite. En algunos modos de realización, el detector de movimiento proporciona una señal al

localizador (o al sistema de control para situar el localizador) que puede utilizarse para volver a calibrar automáticamente el localizador, y/o compensar por el movimiento detectado.

5 **[0010]** En un método para volver a calibrar un sistema de localización con un sistema de referencia de coordenadas representado en esta invención, el método incluye la utilización de un dispositivo del sistema en movimiento para detectar errores de alineación entre el localizador y el sistema fijo de coordenadas, y volver a calibrar (de manera automática o manual) el localizador con el sistema fijo de coordenadas para reducir o eliminar los errores de alineación.

10 **[0011]** En otro modo de realización, el aparato puede comprender un aparato para monitorizar un objeto con respecto a un primer sistema de coordenadas. El aparato puede incluir un sistema de localización calibrado con el primer sistema de coordenadas, para localizar el objeto. El aparato también puede incluir un dispositivo detector del movimiento asociado al sistema de localización para detectar un
15 desplazamiento de un elemento del sistema de localización, y un dispositivo de procesamiento en comunicación con el dispositivo detector del movimiento y el sistema de localización. El dispositivo de procesamiento puede estar configurado para calcular la localización del objeto con respecto al segundo sistema de coordenadas asociado al sistema de localización. El dispositivo de procesamiento también puede
20 calcular un factor de ajuste basado en el desplazamiento detectado y ajustar la localización del objeto desde la localización con respecto al segundo sistema de coordenadas hasta una localización con respecto al primer sistema de coordenadas de acuerdo con el factor de ajuste. El aparato incluye un dispositivo de posición-ajuste como se describe abajo.

25 **[0012]** En un modo de realización, el factor de ajuste es una transformación. El sistema de localización puede estar configurado para detectar características asociadas al objeto. Las características pueden estar integradas dentro del objeto. De manera alternativa, las características pueden estar situadas en la superficie del objeto. El objeto puede incluir una superficie característica de un paciente, como, por
30 ejemplo, las características faciales, forma del torso y otra parte del cuerpo, o marcas de color en la piel.

[0013] En un modo de realización, las características pueden incluir al menos un indicador activo, como, por ejemplo, un emisor, una fuente óptica, una fuente acústica, una fuente magnética, un indicador electrónico, un indicador acústico, un indicador
35 magnético, un indicador de radiofrecuencia, un indicador radioactivo, y una fuente radioactiva. Las características también pueden incluir al menos un indicador pasivo, como, por ejemplo, un reflector o un indicador de referencias radio-opaco integrado en

el objeto (por ejemplo el paciente) o situado en la superficie del objeto. El objeto puede incluir, por ejemplo, un dispositivo médico, una superficie de un paciente, una herramienta de navegación quirúrgica, un dispositivo de diagnóstico, un dispositivo portátil, y un dispositivo de tratamiento. En un modo de realización, el objeto comprende una característica anatómica de un paciente. La característica anatómica puede ser una característica externa del paciente, o una característica interna del paciente. El sistema de localización puede incluir, por ejemplo, una o más cámaras ópticas, un localizador magnético, una cámara de infrarrojos, un localizador de radiofrecuencia y un dispositivo de escaneado de superficies por láser. El dispositivo médico, el dispositivo de diagnóstico o el dispositivo de tratamiento pueden elegirse, por ejemplo, del grupo que consiste, pero no limita a, un dispositivo termal, un dispositivo de radiación, un dispositivo quirúrgico, un dispositivo mecánico, y un dispositivo de ultrasonido.

[0014] En un modo de realización de la invención, el primer sistema de coordenadas puede estar definido por una pluralidad de láseres situados en una sala. El primer sistema de coordenadas puede estar definido por una orientación física de un dispositivo médico, un dispositivo de diagnóstico, un dispositivo de tratamiento o una posición del paciente. El dispositivo del detector de movimiento puede incluir un sistema estabilizador, un acelerómetro, un inclinómetro, un magnetómetro o una serie de indicadores montables. Los indicadores montables pueden sujetarse a las paredes de una sala, y/o montarse sobre componentes de una sala como por ejemplo una mesa de tratamiento.

[0015] Un modo de realización puede incluir un módulo de alerta para alertar a un usuario del aparato de un desplazamiento del sistema de localización. La alerta puede estar basada en el movimiento detectado que excede un predeterminado límite. El aparato también puede incluir un dispositivo de posición-ajuste. El dispositivo de procesamiento puede proporcionar una señal al dispositivo de posición-ajuste para que el dispositivo de posicionamiento ajuste la posición del sistema de localización, devolviéndole así la calibración al localizador con el primer sistema de coordenadas. El aparato también puede incluir un dispositivo de control para controlar la operación de uno o más objetos de un dispositivo médico, un dispositivo de tratamiento y un dispositivo de diagnóstico.

[0016] Otro método de presentar la invención comprende un método para recalibrar un dispositivo de posición-localización con un sistema de referencia de coordenadas. El método puede incluir los pasos de calibrar una posición y orientación del dispositivo de posición-localización con un sistema de referencia de coordenadas, utilizando un dispositivo de sensor de movimiento para detectar errores de alineación entre el

dispositivo de posición-localización y el sistema fijo de coordenadas, y recalibrar la posición y orientación del dispositivo de posición-localización con el sistema de referencia de coordenadas para reducir los errores de alineación.

5 **[0017]** En un modo de realización, el error de alineación puede consistir en al menos un componente direccional de translación y/o rotación. El método incluye el paso de ajustar la posición y orientación del sistema de localización para corregir errores de alineación. El paso de ajuste puede llevarse a cabo de manera automática en respuesta a la detección del error de alineación, o puede llevarse a cabo de manera manual por el usuario. El método también puede incluir el paso para desactivar el
10 objeto (por ejemplo un dispositivo médico) siendo localizado por el sistema de localización tras la detección de un error de alineación.

[0018] En otro aspecto, el modo de realización comprende un medio de monitorizar un objeto con respecto a un primer sistema de coordenadas. El medio comprende:
15 un sistema de referencia de coordenadas, detectar errores de alineación por movimiento entre el dispositivo de posición-localización y el sistema fijo de coordenadas, y, basado en los errores de alineación detectados, recalibrar la posición y la orientación del dispositivo de posición-localización con el sistema de referencia de coordenadas para reducir los errores de alineación.

20 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

[0019] Los objetos y características de la invención pueden entenderse mejor con las referencias a los dibujos descritos abajo, y la reivindicaciones. Los dibujos no son necesariamente a escala, el énfasis generalmente suele hacerse para ilustrar los principios de la invención. En los dibujos, los numerales similares se utilizan para
25 indicar partes similares a lo largo de diversas vistas.

[0020] La Figura 1 es una vista esquemática de un ejemplo de sistema de localización calibrado de acuerdo con un modo de realización de la invención; y

[0021] La Figura 2 es una vista esquemática de un aparato incluyendo el sistema de localización y el dispositivo del sensor de movimiento de la Figura 1 con el sistema de
30 localización desalineado de su posición calibrada original.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0022] La invención proporciona un método y aparato para monitorizar un sistema de posición-localización calibrado para su uso en la localización de la situación de características de un objeto con respecto al sistema de referencia de coordenadas.

35 **[0023]** El sistema de localización puede usarse para localizar la situación de cualquier característica de un objeto como la superficie de un objeto o las características como los indicadores pasivos o activos asociados a un dispositivo médico, para su uso en el

diagnóstico y/o tratamiento de un paciente, cuando es beneficioso o necesario localizar de manera precisa, y/o grabar la localización del dispositivo médico.

5 **[0024]** Para localizar de manera precisa la situación de un objeto como un dispositivo médico, las características como un indicador, o una selección de indicadores, se encuentran situadas en o sobre el objeto localizado para transmitir una señal constante, o una señal repetida a intervalos regulares. Las características localizadas como los indicadores pueden transmitir o reflejar una señal de infrarrojos, magnética, de radio, de luz, u otra señal electromagnética, que permita al sistema de localización
10 detectar y grabar la situación del objeto localizado dentro de un sistema de coordenadas proporcionado. Los indicadores pueden estar configurados para enviar una única señal, o para enviar múltiples señales a diferentes frecuencias. Detectando esa única o más señales transmitidas de una o más características situadas en o dentro del objeto localizado, el sistema de localización puede calcular (utilizando
15 métodos estándar como la triangulación) y grabar la situación del objeto a medida que su posición se mueve con respecto al sistema de localización y por extensión se mueve con respecto al sistema de referencia de coordenadas con el que el sistema de localización está calibrado.

20 **[0025]** En un modo de realización, una señal omnidireccional se transmite desde los indicadores y/o uno o varios emisores de situación dentro del objeto, permitiendo que la señal transmitida sea recibida por el sistema de localización sin tener en cuenta la posición y orientación del objeto. De manera alternativa, los indicadores y/o emisor/es pueden estar configurados para transmitir una señal discreta de manera direccional hacia el sistema de localización.

25 **[0026]** En un modo de realización de la invención, un sistema de localización puede utilizarse para detectar y grabar la situación del objeto localizado. Este sistema de localización puede incluir uno más receptores situados en localizaciones discretas dentro de y/o en un sistema de coordenadas dado. El receptor, o receptores, puede incluir dispositivos de infrarrojos, acústicos, de radio, de luz visible y/u otros
30 dispositivos apropiados para medir señales capaces de detectar una señal emitida o reflejada por uno o más indicadores. En un modo de realización, el receptor está configurado sólo para recibir señales a una única frecuencia establecida. En un modo de realización alternativo, el receptor está configurado para recibir una variedad de señales. El sistema de localización puede incluir una única unidad receptora, o incluir
35 un número de unidades receptoras individuales separadas, conectadas a una unidad de procesamiento.

[0027] Al detectar una o más señales emitidas o reflejadas desde uno o más indicadores asociados al objeto, el sistema de localización puede calcular (utilizando métodos de triangulación estándar) y grabar la situación del objeto a medida que su posición se desplaza respecto a la unidad de señal-recepción del sistema de localización. Los datos de esta posición pueden comunicarse al operador del objeto, permitiendo así al operador localizar de manera precisa el dispositivo portátil en cualquier posición con respecto al receptor del sistema de localización. Los datos de la posición pueden comunicarse a través de un visualizador, una señal de audio, o la combinación de ambos. En un modo de realización de la invención, los indicadores están permanentemente ajustados al objeto localizado. En un modo de realización alternativo, una formación de emisores está ajustada de manera extraíble a cualquier dispositivo portátil, permitiendo que se utilicen múltiples dispositivos dentro de una sala de tratamientos utilizando una única selección de indicadores.

[0028] En un modo de realización de la invención, el sistema de localización puede estar localizado en una situación establecida dentro de o alrededor de un sistema de coordenadas definido por separado. Por ejemplo, el sistema de localización puede incluir una o más unidades receptoras sobre o sujetas a las paredes de una sala, con un sistema de coordenadas definido por las paredes. Así, si la localización y la orientación de la unidad receptora (o unidades) del sistema de localización son conocidas, el sistema de localización puede convertir los datos de la posición del objeto desde una situación basada en el sistema de coordenadas definido mediante coordenadas. Esto puede permitir que el objeto esté situado y orientado con precisión con respecto a cualquier localización conocida en la sala.

[0029] El sistema de localización y/o la sala pueden estar definidos mediante un sistema de coordenadas cartesianas, un sistema de coordenadas cilíndrico, y/o un sistema esférico de coordenadas. Por ejemplo, en un modo de realización de la invención, el sistema de localización calcula la situación del dispositivo portátil con respecto a la unidad de recepción en coordenadas esféricas, y después convierte esta posición en una localización dentro de una sala definida por coordenadas cartesianas. Los ejes (x, y, z) del sistema de coordenadas cartesianas basados en la sala pueden corresponder, por ejemplo, con el suelo y las paredes de la sala, con el centro del sistema de coordenadas (por ejemplo la localización 0,0,0) estando situado en una esquina de la sala, o en algún otro punto definido dentro de la sala. En un modo de realización, el centro de un sistema de coordenadas cartesianas basado en una sala puede estar localizado en un punto establecido en una mesa de tratamiento situada de manera fija dentro de la sala. Por lo tanto, el sistema de localización puede permitir al usuario situar un dispositivo portátil de manera precisa con respecto a la mesa de

tratamiento, permitiendo un diagnóstico y un tratamiento médico mejorado utilizando dispositivos portátiles.

[0030] Los objetos como los dispositivos médicos que puedan utilizarse de manera beneficiosa con este sistema de localización incluyen, pero no se limitan a, dispositivos de ultrasonido, medición por láser (como los dispositivos de escaneado de una superficie por láser), dispositivos de cámara, y/o dispositivos para tratamiento, dispositivos portátiles, localizadores, instrumentos de corte u otros dispositivos médicos invasivos, equipos de rayos x, sondas ópticas, medición térmica y/o dispositivos de tratamiento, dispositivos magnéticos, u otro dispositivo apropiado o instrumento para su uso en el diagnóstico y/o tratamiento médico (como por ejemplo un sistema de rayos x para localizar indicadores o referencias integradas en el paciente). El sistema de localización puede estar configurado para localizar un único dispositivo médico en un sistema de coordenadas dado, múltiples dispositivos de localización simultáneamente, y/o cambiar entre los localizadores de diferentes dispositivos médicos. El sistema de localización puede también utilizarse para confirmar la localización de otros dispositivos dentro de una sala, como por ejemplo, pero no únicamente, brazos robóticos u otro equipo desplazable sujeto, ya sea de manera fija o extraíble, a una instalación de la sala de tratamientos.

[0031] En un modo de realización de la invención, los sistemas de localización calibrados pueden estar situados en una o más localizaciones de una o más paredes, techo, y suelo de una sala para medir las dimensiones de la sala y monitorizar la geometría de la sala con el tiempo. Así, los cambios de tamaño y/o forma de una sala a lo largo del tiempo, debido al asentamiento u otros cambios estructurales del edificio, o debido a los efectos de los terremotos u otros fenómenos naturales, puede estar monitorizado con el detector de movimiento y compensado para cuando se determinen las nuevas dimensiones de la sala. En un modo de realización, el sistema de localización localiza características en las paredes de la sala (por ejemplo indicadores fijos pasivos o activos ajustados a las paredes) que pueden transmitir una señal al sistema de localización. Así, el sistema de localización puede monitorizar la situación de estos emisores estacionarios para monitorizar cualquier movimiento relativo a las paredes de la sala y el localizador a lo largo del tiempo. De manera alternativa, las posiciones relativas de los indicadores de pared pueden estar monitorizadas mediante una señal emitida por el sistema de localización, con una señal reflejada, o una señal de retorno separada, siendo activada por los emisores o indicadores de la pared.

[0032] En un ejemplo de modo de realización, los sistemas activos y/o pasivos se sitúan en las paredes, suelo y/o techo de una sala de tratamiento médico, y generalmente están fijados en una posición en la sala respecto a un sistema de

localización calibrado. El sistema de localización calibrado, incluye un localizador óptico que, durante la proyección, localiza dispositivos adicionales sujetos al instrumento médico (por ejemplo una sonda de ultrasonido para generar imágenes reconstruidas en 3D, o un dispositivo quirúrgico) para localizar la situación del instrumento con respecto al localizador óptico durante su uso. De vez en cuando, el localizador puede verificar que su posición en el espacio no ha cambiado relativa a la posición de los indicadores fijados a las paredes o al techo de la sala. Un ejemplo de dicho sistema de posicionamiento calibrado incluye localizadores ópticos como el sistema *POLARIS* de *Northern Digital Inc.* de Waterloo, Ontario, Canada.

10 **[0033]** Sin embargo, monitorizar las dimensiones de la sala a lo largo del tiempo puede ser importante para asegurar que el dispositivo de localización permanece calibrado con respecto al sistema de coordenadas para la sala. Por ejemplo, los cambios estructurales en el edificio a lo largo del tiempo, los terremotos u otros fenómenos naturales, desviaciones experimentales del sistema de localización, la interferencia del usuario (como por ejemplo, pero no limitando a, el desplazamiento del sistema de localización durante su limpieza y/o mantenimiento) u otros fenómenos que afectan la orientación y/o localización del sistema de localización, pueden cambiar la relación espacial entre el sistema de coordenadas asociado al sistema de localización y el sistema de coordenadas asociado a la sala. Como resultado, un error puede ocurrir al convertir la posición del dispositivo portátil o de otro objeto, desde las coordenadas del sistema de localización a las coordenadas de la sala, que puede tener como consecuencia un dispositivo posicionado de manera incorrecta. Esto puede ser obviamente peligroso al utilizar un dispositivo portátil en un diagnóstico o tratamiento médico. Por lo tanto, es importante asegurarse de que la relación entre las coordenadas del sistema de localización y las coordenadas de la sala sean conocidas y/o mantenidas tras una primera calibración (así como entre calibraciones periódicas) del sistema de localización.

25 **[0034]** Con tal de mantener una calibración precisa del sistema de localización a lo largo del tiempo y de acuerdo con varios modos de realización de la invención, la localización y la orientación del sistema de localización pueden monitorizarse y, si es necesario, ajustarse y/o compensarse. Esto puede conseguirse, en un modo de realización, sujetando un dispositivo sensor de movimiento al sistema de localización para monitorizar localmente la posición, el estado, y/o la orientación del sistema de localización. La invención por lo tanto proporciona aparatos y métodos para detectar dichos cambios al asociar un detector de movimiento independiente con el localizador para detectar cambios en su localización a lo largo del tiempo. Los ejemplos de detectores de movimiento apropiados incluyen la familia de los sistemas

estabilizadores CTX comercializados por *Crossbow Technology Inc.* en San Jose, CA. En otros modos de realización, el dispositivo detector de movimiento utiliza una serie de sistemas de localización activos y/o pasivos localizados mediante el localizador sujeto sobre las paredes, el techo y/o el suelo de una sala de tratamientos con respecto al sistema fijo de calibración.

[0035] En un modo de realización, servomotores, u otros dispositivos apropiados, puede incorporarse al sistema de localización para devolver de manera activa el sistema de localización a su posición y/o orientación original si el detector de movimiento detecta un desplazamiento. Como resultado, se mantiene la relación entre las coordenadas del sistema de localización y las coordenadas de la sala. Esto puede conseguirse de manera automática mediante los controles del sistema de localización, o puede llevarse a cabo como respuesta a una aportación del usuario.

[0036] En un modo de realización alternativo, un cambio de la posición y/o orientación del sistema de localización está compensado al aplicar factores de corrección a las ecuaciones utilizadas para convertir la nueva situación del dispositivo médico de las coordenadas del sistema de localización a las coordenadas de la sala. En este modo de realización, un sistema de movimiento puede enviar una señal a los controles del sistema de localización indicando cuando se ha producido un desplazamiento en el sistema de localización, y proporcionando información de la magnitud y/o dirección de dicho desplazamiento. El control del sistema de localización puede entonces calcular un factor apropiado de corrección, que se aplica a los cálculos de conversión de coordenadas, asegurando así la precisión de la localización de un dispositivo médico con respecto a las coordenadas de la sala.

[0037] La Figura 1 ilustra un ejemplo no limitante de un sistema de localización de acuerdo con un modo de realización de la invención. Un sistema de referencia de coordenadas **10** se define (por ejemplo mediante láseres de sala octogonales en una sala de tratamiento de radioterapia o mediante una selección de emisores de navegación quirúrgica en una sala de operaciones) en una sala de tratamientos **20**. Un sistema de localización **30** está situado en la sala **20** para localizar, grabar, y exponer la posición de un objeto **40** (por ejemplo un instrumento quirúrgico o una sonda de ultrasonidos “manos libres” localizada para la proyección de imágenes 3D) que puede ser utilizada para el tratamiento de un paciente en una sala de tratamientos **20**. El objeto localizado **40** puede incluir cualquiera o más de las funciones descritas arriba. El objeto localizado **40** incluye un número de características como indicadores pasivos o activos **50** que pueden transmitir o reflejar una señal **60** al sensor de localización **70** del sistema localizador **30**, con tal de indicar la situación (tanto de manera continua como periódica) del objeto localizado **40** relacionado con el sistema de referencia de

coordenadas **10**. El sistema de localización **30** está montado sobre un soporte **80** en el techo de la sala **20**. Un detector de movimiento **90** monitoriza al menos uno, pero preferiblemente todos, los componentes traslacionales o rotacionales de la situación y orientación del sistema o de los sistemas de localización **30**.

5 **[0038]** La sala **20** está definida por un sistema de referencia de coordenadas **10**. Uno o más indicadores sujetos a la pared (o emisores) están situados sobre la pared **100** y el techo **110** de la sala **20** como un método alternativo del sistema de localización de detección de movimiento, por el que, el movimiento del sistema de localización calibrado relativo a los indicadores sujetos a la pared indicaría una desalineación del sistema de localización. En funcionamiento, el sistema de localización **30** está
10 calibrado para convertir correctamente la situación del objeto **40** desde las coordenadas del sistema de localización **120** a las coordenadas del sistema de la sala **10**. Una vez esta calibración se ha completado, el sistema de localización **30** puede recibir las señales **60** emitidas de la selección de indicadores **50** sobre el objeto **40**, y
15 enviar esta información a la unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento entonces calcula la posición del objeto **40** en las coordenadas de la sala **10**.

[0039] A lo largo del tiempo, como se describe arriba, puede ocurrir una desalineación del sensor de localización **70**, debido a la alteración del sistema de localización **30** durante su limpieza o mantenimiento, el movimiento del edificio causado por un
20 asentamiento de los cimientos del edificio a lo largo del tiempo o como consecuencia de un fenómeno natural como un terremoto, vibraciones provocadas por el sistema de climatización de los edificios, o de una vía de tren cercana o una carretera, o una desviación experimental del sistema. La compensación por dichos cambios puede determinarse monitorizando la orientación y posición del sistema de localización **30** o
25 el sensor **70** a través de un detector de movimiento **90** situado en o dentro del sensor de localización **70** (o a través de los indicadores sujetos a la pared). Si se detecta cualquier cambio en la posición y/u orientación del detector de movimiento **90**, el sistema de localización **30** lo compensa ajustando los valores de los factores de conversión utilizados para calcular la situación del dispositivo médico **40** en las
30 coordenadas basadas en la sala **10**. El sistema de localización **30** está conectado a un número de servomotores, o medios de ajuste eléctricos o mecánicos (no mostrados), para volver a alinear el sensor de localización **70** si se detecta cualquier alteración en su posición u orientación. Una señal también puede enviarse a un usuario del dispositivo portátil **40**, ya sea a través de un mensaje de alerta mostrado en la unidad
35 de visualización o mediante la transmisión de una señal de alerta audible, si se ha detectado una desalineación. En algunos casos, el detector de movimiento **90** sólo puede detectar un número limitado de grados de libertad de una posición y rotación.

Por ejemplo, un acelerómetro puede medir dos de tres grados de rotación y no puede medir el movimiento translacional. Dicha información parcial del movimiento es útil para alertar al usuario de la mayoría de las posibles desalineaciones en los seis grados de libertad. En algunos casos, los múltiples detectores de movimiento **90**, cada uno con diferentes capacidades de detección de grados de libertad, puede combinarse para capturar todos los tipos posibles de desalineación del sistema de localización **30** y corregir en su totalidad dicha desalineación.

[0040] Además, el sistema de localización **30** puede monitorizar las localizaciones de los emisores/indicadores sujetos a la pared **100** o al techo **110** con respecto al sensor de localización **70**, por ejemplo, recibiendo (mediante el sensor de localización **70**, por ejemplo) una señal de localización emitida desde cada emisor o indicador de transmisión sujeto a cada pared **100** o techo **110**. Como resultado, el sistema de localización **30** puede monitorizar la relación posicional entre el sensor de localización **70** y la sala **20** y compensar cualquier leve desplazamiento del sensor de localización **70** y/o una o más paredes de la sala **20** a lo largo del tiempo. En un modo de realización, sistemas adicionales (similares a, o diferentes a, los sistemas sujetos a la pared **120** como se desea) pueden situarse sobre otros componentes de la sala (como una mesa de tratamiento), permitiendo así que el sistema de localización monitorice la relación posicional entre el sensor de localización **70** y el componente (no mostrado) de la sala de tratamientos a lo largo del tiempo. Se entiende por lo tanto que la presente invención puede aplicarse para detectar errores de calibración, monitorizando periódicamente **90** la posición del localizador **30** para prácticamente cualquier dispositivo de localización (por ejemplo óptico, magnético, mecánico, un localizador de superficie por láser, etc) en esencialmente cualquier ambiente.

[0041] En un ejemplo de modo de realización, la invención puede incluir un sensor de localización con una cámara óptica sujeta a una pared o al techo utilizada para calibrar imágenes tomadas utilizando una sonda portátil de imágenes de ultrasonidos con un sistema de referencia de coordenadas tridimensional definido en una sala de tratamiento de radiación. Sin embargo, debe entenderse que la presente invención puede aplicarse para detectar errores de calibración para prácticamente cualquier dispositivo de localización (por ejemplo óptico, magnético, mecánico, etc) esencialmente en cualquier ambiente. Un sistema de cámara para la localización/posición puede estar calibrado con el sistema de coordenadas de la sala de tratamientos (por ejemplo, una sala de operaciones o una sala de tratamiento de radioterapia) y localizar un dispositivo médico (por ejemplo, un instrumento quirúrgico o una sonda de ultrasonido para imágenes 3D) relativa al sistema de coordenadas de la sala de tratamiento. Un dispositivo de monitorización independiente, por ejemplo un

detector de equilibrio, puede sujetarse a la cámara calibrada y monitorizar de manera periódica la posición de la cámara.

5 **[0042]** Con referencia a la Figura 2, uno o más eventos como una colisión física con otro objeto o persona, desvía levemente la estructura del localizador **230** o los componentes internos **270** y/o las desviaciones del propio edificio pueden provocar que el localizador **230** se desalinee con respecto al sistema de coordenadas de la sala **10** con el que estaba calibrado originalmente. Debido a que el localizador **230** se ha desplazado de su posición calibrada **30**, ya no puede determinar de manera efectiva la posición del instrumento médico **40** relativa al sistema de coordenadas de la sala **10**, y
10 por lo tanto cualquier tratamiento administrado al paciente podría basarse en una posición comprometida de dichos instrumentos.

[0043] Determinando que el localizador **230** está fuera de su alineación (y por lo tanto no está calibrado), el detector de equilibrio **290** puede, por ejemplo, alertar al operador de que existe una desalineación y que su recalibración es necesaria. Además, el
15 detector de equilibrio **290** también puede enviar instrucciones (mediante, por ejemplo, comunicaciones sin cable o con cable) a uno o más componentes del aparato de imágenes o quirúrgico **40** (por ejemplo para detener las operaciones), evitando así el tratamiento hasta que el localizador **230** se vuelva a calibrar con el sistema de coordenadas de la sala **10**.

20 **[0044]** El localizador óptico **30** (o **230**) está sujeto a un dispositivo de posicionamiento mecánico que acepta instrucciones del detector de equilibrio **90** (o **290**). En esos casos, las instrucciones incluyen información correctiva relacionada con la desalineación de la posición calibrada, proporcionando así las órdenes necesarias para llevar el dispositivo de posicionamiento mecánico de vuelta a su posición original.
25 La información correctiva se envía al sistema de imágenes o el dispositivo médico **130** y se utiliza para compensar la desalineación al localizar los dispositivos o registrar las imágenes en el sistema de coordenadas de referencia **10**. Una monitorización adicional de los localizadores ópticos **30** (o **230**) y en particular sus posiciones y orientaciones **120** con respecto al sistema de coordenadas de la sala **10**, puede
30 llevarse a cabo monitorizando la localización del localizador **30** (o **230**) con respecto a un número de emisores sujetos a la pared **100** o al techo **110** situados en una serie de localizaciones alrededor de la sala, como se ha descrito arriba.

Reivindicaciones

1. Un aparato para monitorizar un objeto (40) con respecto a un primer sistema de coordenadas (10), comprendiendo el aparato:

5 un sistema de localización (30) calibrado con el primer sistema de coordenadas (10), para localizar el objeto (40);

un dispositivo detector de movimiento (90) asociado al sistema de localización (30) para detectar un desplazamiento de un elemento del sistema de localización (30);

10 un sistema de procesamiento en comunicación con el dispositivo detector de movimiento (90) y el sistema de localización (30), el dispositivo de procesamiento configurado para:

calcular la localización del objeto (40) con respecto al segundo sistema de coordenadas (120) asociado al sistema de localización;

calcular un factor de ajuste basado en el desplazamiento detectado;

15 y

ajustar la localización del objeto (40) desde la localización con respecto al segundo sistema de coordenadas (120) hasta una localización con respecto al primer sistema de coordenadas (10) de acuerdo con el factor de ajuste;

20 y

un dispositivo de ajuste de posición:

25 en el que el dispositivo de procesamiento se adapta para proporcionar una señal al dispositivo de ajuste de posición, el dispositivo de ajuste de posición adaptado para ajustar la posición y orientación de dicho elemento del sistema de localización (30) en respuesta a la señal, volviendo a calibrar así el sistema de localización (30) con el primer sistema de coordenadas (10).

2. El aparato de la reivindicación 1, en el que el factor de ajuste es una transformación.

- 30 3. El aparato de la reivindicación 1, en el que el sistema de localización (30) está configurado para detectar características asociadas al objeto (40).

4. El aparato de la reivindicación 3, en el que las características están integradas en el objeto (40).

- 35 5. El aparato de la reivindicación 3, en el que las características están localizadas en la superficie de los objetos.

6. El aparato de la reivindicación 3, en el que las características comprenden al menos un indicador activo (50).

7. El aparato de la reivindicación 6, en el que al menos un indicador activo (50) comprende al menos un indicador óptico, un indicador acústico, un indicador magnético, indicadores electrónicos radioactivos, o emisores de radiofrecuencia.
- 5 8. El aparato de la reivindicación 3, en el que las características comprenden al menos un indicador pasivo.
9. El aparato de la reivindicación 8, en el que al menos un indicador pasivo (50) comprende al menos un reflector, un indicador electrónico, un indicador acústico, un indicador magnético, o un indicador radioactivo.
- 10 10. El aparato de la reivindicación 1, en el que el objeto (40) comprende al menos un dispositivo médico, una herramienta de navegación quirúrgica, un dispositivo de diagnóstico, o un dispositivo de tratamiento.
11. La aplicación de la reivindicación 1, en la que el objeto comprende una característica anatómica de un paciente.
- 15 12. El aparato de la reivindicación 11, en el que la característica anatómica comprende una característica externa del paciente.
13. El aparato de la reivindicación 11, en el que la característica anatómica comprende una característica interna del paciente.
14. El aparato de la reivindicación 1, en el que el sistema de localización (30) comprende al menos una cámara óptica, un localizador magnético, una cámara de infrarrojos, un localizador basado en radiofrecuencia, o un dispositivo de escaneado de superficies por láser.
- 20 15. El aparato de la reivindicación 1, en el que el primer sistema de coordenadas 10 está definido por una pluralidad de láseres situados en una sala.
- 25 16. El aparato de la reivindicación 1, en el que el primer sistema de coordenadas 10 está definido por una de las orientaciones físicas de un dispositivo médico, un dispositivo de tratamiento o una posición del paciente.
17. El aparato de la reivindicación 1, en el que el dispositivo detector de movimiento (90) comprende al menos un sistema de equilibrio, un acelerómetro, un inclinómetro, un magnetómetro, o una serie de indicadores montables.
- 30 18. El aparato de la reivindicación 1, comprendiendo también un módulo de alerta para alertar a un usuario del aparato de un desplazamiento del sistema de localización (30).
- 35 19. El aparato de la reivindicación 18, en el que la alerta se basa en el desplazamiento detectado que excede un límite predeterminado.

20. El aparato de la reivindicación 1, comprendiendo también un dispositivo de control para controlar la operación de al menos uno de los dispositivos médico, dispositivo de tratamiento, o un dispositivo de diagnóstico.

21. Un método para utilizar el aparato de la reivindicación 1 para recalibrar un dispositivo de posición-localización con un sistema de referencia de coordenadas (10), comprendiendo el método los pasos de:

calibrar una posición y orientación del sistema de localización (30) con el primer sistema de coordenadas (10);

detectar errores de alineación basados en el movimiento entre el sistema de localización (30) y el primer sistema de coordenadas;

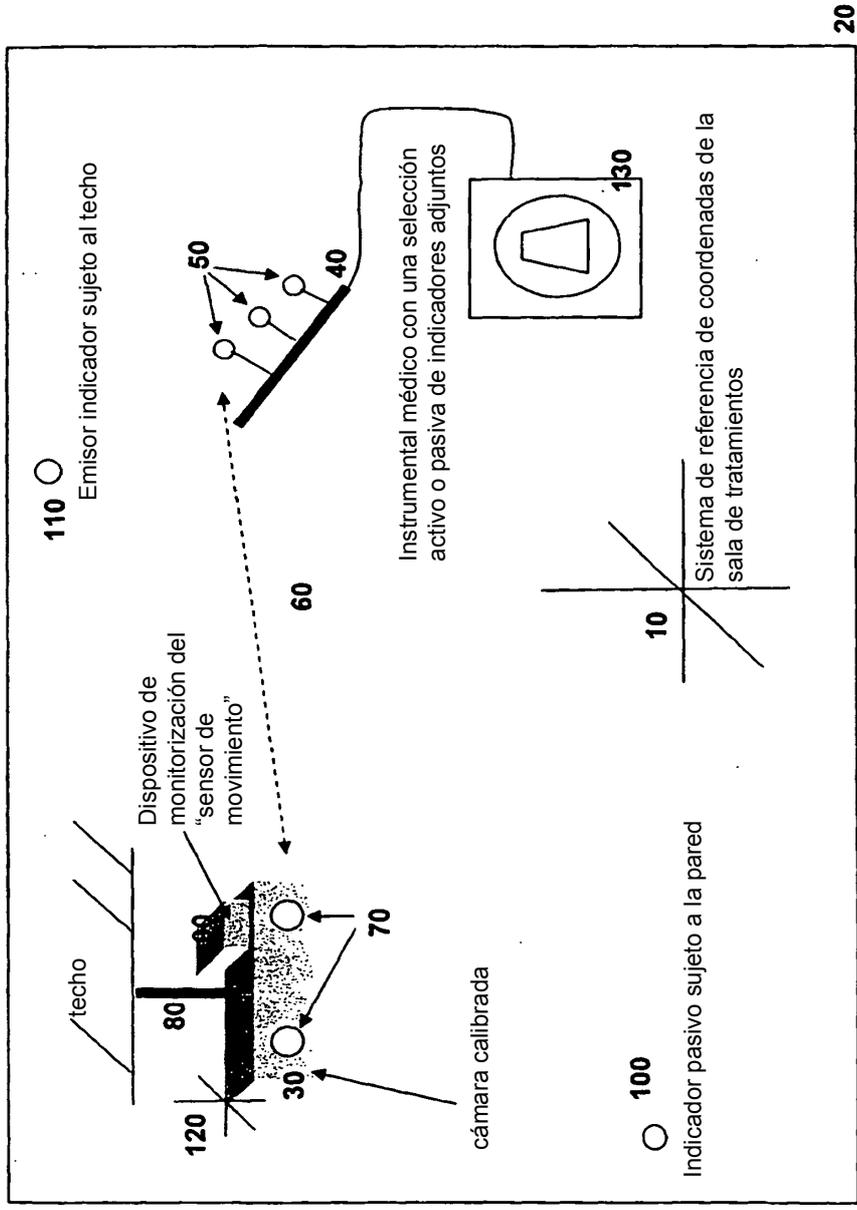
basado en los errores de alineación detectados, recalibrar la posición y orientación del sistema de localización (30) con el primer sistema de coordenadas (10) para reducir los errores de alineación; y ajustar la posición y orientación del sistema de localización (30) para corregir los errores de alineación.

22. El método de la reivindicación 21, en el que los errores de alineación consisten en al menos un componente direccional de translación y/o rotación.

23. El método de la reivindicación 21, en el que el paso de ajuste se lleva a cabo de manera automática en respuesta a la detección de un error de alineación.

24. El método de la reivindicación 21, en el que el paso de ajuste se lleva a cabo manualmente por el usuario.

25. El método de la reivindicación 21, comprendiendo también el paso de inutilizar el objeto (40) que está siendo localizado por el sistema de localización (30) al detectar un error de alineación.



20

Figura 1

