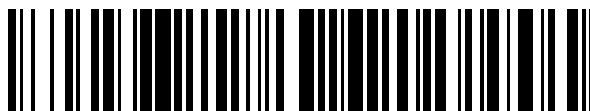


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 912**

51 Int. Cl.:

**G01S 11/12** (2006.01)

**A61B 8/00** (2006.01)

**G06T 7/00** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2013** **E 13180985 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019** **EP 3001219**

54 Título: **Seguimiento óptico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.06.2020**

73 Titular/es:  
**CUREFAB TECHNOLOGIES GMBH (100.0%)**  
**Landshuter Allee 12**  
**80637 München, DE**

72 Inventor/es:  
**WITTMEIER, SEBASTIAN**

74 Agente/Representante:  
**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 763 912 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**

## Seguimiento óptico

La presente invención se refiere a un procedimiento de determinación de la postura de un objeto, preferentemente de un dispositivo médico portátil tal como una sonda de ultrasonido.

5 En varios campos técnicos, es de gran importancia determinar con exactitud la postura, es decir, la orientación y posición tridimensional de un objeto mientras se mueve el objeto. Por ejemplo, los datos adquiridos para las imágenes de ultrasonido se pueden mejorar si la postura de la sonda de ultrasonido se puede determinar con exactitud durante el procedimiento de adquisición de datos. Se ha sugerido determinar la postura de tal sonda de ultrasonido mediante el seguimiento óptico. Por ejemplo, el documento US 2009/306509 A1 desvela un sistema de  
10 imágenes 3D de manos libres que incluye un sensor de posición óptico que adquiere una imagen óptica de una lente en o sobre una sonda de transductor de ultrasonido usada para la reconstrucción 3D sin la necesidad de referencias externas. El sensor puede estar incorporado en el transductor de ultrasonido o se puede conectar de forma reversible y, por lo tanto, adaptar a las sondas de imágenes existentes para obtener imágenes en 3D de manos libres. Este llamado seguimiento de adentro hacia afuera es desventajoso para ciertas aplicaciones como el  
15 seguimiento de ultrasonido de manos libres. Para determinar la postura exacta de una sonda de ultrasonido que se rota ampliamente, se debe preparar el entorno visible en todas las direcciones de visualización posibles con estructuras fácilmente discernibles e iluminadas correctamente dentro de la distancia de enfoque óptima del dispositivo de adquisición de imágenes, o equipar la sonda de ultrasonido con múltiples sensores ópticos de posición, lo que puede dificultar sostener la sonda. El sensor óptico se usa solo para adquirir datos de posición 3D y no para adquirir datos de orientación. El documento US 2004/0100557 A1 desvela un procedimiento para seguir la  
20 posición y orientación de un rayo de ultrasonido emitido desde una sonda de ultrasonido usando, por ejemplo, un sistema de seguimiento de video tridimensional. De acuerdo con este procedimiento conocido, se proporciona el objeto a seguir con elementos de marcador específicos que se visualizan mediante el sistema de video. El análisis de las imágenes tomadas por el sistema de video permite determinar la posición tridimensional y la orientación de la sonda de ultrasonido a condición de que estos marcadores sean visibles para el sistema.

Sin embargo, durante el procedimiento de obtención de imágenes de un paciente mediante ultrasonido, el usuario del dispositivo de ultrasonido a menudo tiene que realizar movimientos complicados para obtener una imagen adecuada del paciente. Durante estos movimientos, uno o incluso la mayoría de los marcadores en la sonda de ultrasonido pueden estar cubiertos, por ejemplo, por una mano del usuario o el usuario de otra manera obstruye el  
30 campo de visión de las dos cámaras. Si bien los marcadores no son completamente visibles para el sistema de seguimiento de video, no se puede determinar la información de postura completa. Los datos de la imagen de ultrasonido tomados durante dicho período de tiempo pueden ser de peor calidad o incluso inútiles.

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento mejorado de determinación de la postura de un objeto, en particular, de una sonda de ultrasonido, que aborde el problema discutido anteriormente.  
35 Este objetivo se logra con un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1. Las realizaciones preferentes se describen en las reivindicaciones dependientes.

Por consiguiente, la presente invención se refiere a un procedimiento de determinación de la postura de un objeto, preferentemente de un dispositivo médico tal como una sonda de ultrasonido. De acuerdo con dicho procedimiento, se proporciona un objeto, preferentemente un dispositivo médico tal como una sonda de ultrasonido. El objeto  
40 comprende al menos un elemento de identificación visual y un sensor de orientación para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular del objeto. Además, se proporcionan al menos dos cámaras que están adaptadas para seguir visualmente el elemento de identificación visual, cada cámara tiene un campo de visión y permanece estacionaria durante el procedimiento. Las cámaras definen un sistema de coordenadas de la cámara.

Los datos de imagen del campo de visión de las al menos dos cámaras se obtienen mientras se mueve el objeto.  
45 Del mismo modo, los datos de orientación proporcionados por el sensor de orientación se adquieren mientras se mueve el objeto. Por lo tanto, el procedimiento proporciona datos de imagen y datos de orientación para uno o más intervalos de tiempo dados o en varios puntos de tiempo. Obviamente, el objeto también puede descansar ocasionalmente. Sin embargo, el procedimiento de la invención en particular trata del seguimiento del objeto durante su movimiento.

El procedimiento comprende además calibrar el sensor de orientación con respecto al sistema de coordenadas de la cámara que permite comparar los datos de imagen con los datos de orientación en uno y el mismo sistema de coordenadas, por ejemplo, el sistema de coordenadas de la cámara. Los datos de imagen y los datos de orientación después se analizan para determinar la postura del objeto durante su movimiento (incluidas las posibles fases de descanso). La postura del objeto consiste en datos de posición tridimensionales y datos de orientación  
50 tridimensionales. De acuerdo con la presente invención, la posición del objeto se determina ya sea sobre la base de los datos de imagen solos o sobre la base de una combinación de los datos de imagen y los datos de orientación de acuerdo con el estado de visibilidad. De manera similar, la orientación del objeto se determina ya sea sobre la base de los datos de orientación solos o sobre la base de los datos de orientación y/o los datos de imagen de acuerdo con la visibilidad del elemento de identificación.

En particular, la orientación del objeto se determina sobre la base de los datos de orientación y/o los datos de imagen cuando al menos una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la orientación del objeto. Sin embargo, si ni siquiera una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la orientación del objeto, es decir, cuando el elemento de identificación visual no es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la orientación del objeto, la orientación del objeto se determina sobre la base de los datos de orientación solos. La información visual faltante en consecuencia se suplementa o reemplaza con la información reunida por el sensor de orientación.

De modo similar, la posición del objeto se determina sobre la base de los datos de imagen solos cuando al menos una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la posición del objeto. Sin embargo, si al menos una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir la identificación de dicha porción y determinar la posición de dicha porción, entonces la posición del objeto se determina sobre la base de una combinación de los datos de imagen y los datos de orientación.

Preferentemente, el procedimiento además comprende la etapa de estimar la exactitud de la determinación de la orientación del objeto sobre la base de los datos de orientación solos y de la determinación de la orientación del objeto sobre la base de los datos de imagen solos y usando el procedimiento que proporciona mayor exactitud.

Preferentemente, la posición del objeto se determina sobre la base de una interpolación si, durante un primer intervalo de tiempo, ni siquiera una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir la identificación de dicha porción y determinar la posición de dicha porción. La interpolación preferentemente se basa en la posición del objeto determinada inmediatamente antes del primer intervalo de tiempo y/o la posición del objeto determinada directamente después del primer intervalo de tiempo. Además, la interpolación se puede basar en la velocidad y/o aceleración del objeto determinadas inmediatamente antes del primer intervalo de tiempo y/o la velocidad y/o aceleración del objeto determinadas directamente después del primer intervalo de tiempo.

El procedimiento además comprende preferentemente determinar la posición y/u orientación del elemento de identificación visual con respecto al objeto y/o determinar la orientación del sensor de orientación con respecto al objeto. Estos datos de calibración se pueden medir "entrenando" al sistema o estos datos se pueden conocer a partir del procedimiento de fabricación. Preferentemente, el elemento de identificación visual comprende varios subelementos y/o porciones, que se pueden distinguir entre sí e identificar mediante las cámaras. En este caso, la determinación de la posición y/u orientación del elemento de identificación visual con relación al objeto comprende preferentemente identificar cada uno de los subelementos y/o porciones y determinar la posición de cada subelemento y/o porción con relación al objeto.

El elemento de identificación visual puede comprender una o una combinación de: tres o más elementos marcadores discretos, dos o más códigos de barras, uno o más códigos de barras 2D, un patrón regular, un patrón irregular, un patrón arbitrario, una forma geométrica, la superficie bidimensional o tridimensional de una porción del objeto o el objeto completo, marcadores activos y/o pasivos, marcadores retrorreflectantes, marcadores activos adaptados para cambiar su aspecto con el tiempo de manera periódica o no periódica predeterminada. Si, por ejemplo, el elemento de identificación visual consiste en tres marcadores esféricos discretos, la determinación de la posición y/u orientación del elemento de identificación visual con respecto al objeto (para fines de calibración) comprende preferentemente identificar cada uno de los marcadores esféricos y determinar la posición de cada marcador esférico con respecto al objeto. Sin embargo, si el elemento de identificación visual consiste en un patrón 2D, la determinación de la posición y/u orientación del elemento de identificación visual con respecto al objeto comprende preferentemente la identificación de porciones del patrón que se pueden distinguir entre sí e identificar mediante las cámaras y determinar la posición de cada una de esas porciones con respecto al objeto.

Preferentemente, el sensor de orientación comprende un giroscopio y/o una brújula.

Preferentemente, la calibración del sensor de orientación con respecto al sistema de coordenadas de la cámara comprende i) adquirir datos de imagen del campo de visión de las al menos dos cámaras en un primer momento y determinar la orientación del objeto en dicho primer momento sobre la base de dichos datos de imagen, ii) adquirir datos de orientación proporcionados por el sensor de orientación en dicho primer momento y determinar la orientación del objeto en dicho primer momento sobre la base de dichos datos de orientación, y iii) calibrar el sensor de orientación con respecto al sistema de coordenadas de la cámara mediante la relación de las orientaciones del objeto determinadas de acuerdo con las etapas i) y ii) entre sí. Por supuesto, dicha calibración puede tener lugar durante un primer momento en el que el menos una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la orientación del objeto. Si, durante un intervalo de tiempo posterior, los datos de imagen no permiten determinar la orientación del objeto, dicha orientación se puede derivar de los datos de orientación proporcionados por el sensor de orientación.

Preferentemente, la calibración del sensor de orientación con respecto al sistema de coordenadas de la cámara se realiza varias veces durante el procedimiento de la invención, es decir, varias veces mientras se mueve el objeto. La

postura para un momento dado después se determina preferentemente sobre la base de una calibración del objeto que está más cerca en el tiempo de dicho momento dado porque la calidad de los datos de orientación proporcionados por el sensor de orientación disminuye con el tiempo. En el caso de un seguimiento simultáneo, generalmente se usa la última calibración antes del momento actual. Si se guardan los datos y después se realiza el seguimiento, se puede usar una calibración que ha tenido lugar después de un tiempo específico para dicho tiempo específico.

Preferentemente, se proporciona retroalimentación a un usuario, la retroalimentación comprende uno o una combinación de lo siguiente: indicación de una calibración realizada con éxito de acuerdo con la etapa e), exactitud actual de la determinación la orientación a partir de los datos de imagen, exactitud actual de la determinación de la orientación a partir de los datos de orientación, indicación, de cuando se debe realizar una próxima calibración para obtener un nivel de exactitud predefinido.

El objeto preferentemente es un dispositivo médico portátil, más preferentemente una sonda de ultrasonido.

Opcionalmente se registran los datos de imagen del campo de visión de las al menos dos cámaras mientras se mueve el objeto. Además, opcionalmente también se registran los datos de orientación mientras se mueve el objeto. Finalmente, los datos de imagen registrados o vivos y los datos de orientación registrados o vivos se analizan para determinar la posición del objeto durante su movimiento.

Como se mencionó anteriormente, el procedimiento comprende la etapa de calibración de los medios (sensor de orientación) para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular del objeto. Preferentemente, los medios para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular del objeto, como tal, solo se adaptan para medir una orientación relativa del objeto con respecto a una cierta orientación conocida o predeterminada del objeto. Para determinar la orientación absoluta (en coordenadas mundiales) a lo largo del tiempo, se prefiere determinar al menos una vez la orientación absoluta, por ejemplo, mediante el uso de los datos de imagen, y para medir posteriormente la orientación relativa versus dicha orientación absoluta determinada una vez. Preferentemente, esta calibración se realiza si el objeto está en estado de reposo. Si la orientación del objeto alguna vez se conoce con exactitud, se puede calcular la orientación del objeto durante cualquier movimiento posterior si, por ejemplo, se determina la velocidad angular. Opcionalmente, el objeto se coloca en un estado de reposo o calibración predeterminado, en el que se conoce la orientación del objeto. Los medios para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular del objeto se calibran en este estado de reposo o calibración. Además, o alternativamente, la calibración se puede llevar a cabo mediante la determinación de la orientación del objeto usando los datos de la imagen durante uno o más intervalos de tiempo en los que el elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la orientación del objeto. Tal calibración adicional también puede tener lugar durante el movimiento del objeto, lo que permite varias recalibraciones durante un intervalo más largo de movimiento del objeto.

El procedimiento de la invención además comprende preferentemente la etapa de determinar la posición y/u orientación del elemento de identificación visual con respecto al objeto. En otras palabras, preferentemente se debe saber la forma en que el elemento de identificación está dispuesto sobre o unido al objeto para poder determinar, por ejemplo, la posición del objeto sobre la base de los datos de imagen tomados del elemento de identificación visual. La posición y/u orientación del elemento de identificación visual con respecto al objeto se puede medir o tomar, por ejemplo, de las especificaciones de fabricación.

La esencia de la presente invención se explicará a continuación con referencia a un objeto que comprende al menos un elemento de identificación visual que consiste en tres elementos marcadores individuales. Sin embargo, la presente invención no se limita a dicho elemento de identificación.

La visión de tres de estos marcadores distintos por medio de al menos dos cámaras dispuestas estereoscópicamente permite identificar la posición tridimensional de cada uno de estos marcadores en el espacio. A través del conocimiento de la posición de los marcadores con respecto al objeto, estas posiciones de marcador en el espacio permiten calcular tanto la posición del objeto como la orientación del objeto, es decir, la totalidad de la información de la postura. Sin embargo, si uno de los marcadores no es visible para ambas cámaras, no se puede determinar la posición de dicho marcador "faltante". Sin embargo, el conocimiento de la posición de solo dos marcadores no permite determinar ni la posición ni la orientación del objeto, porque el objeto puede girar alrededor de un eje definido por los dos marcadores sin afectar la posición de estos dos marcadores, y el centro y/o el origen del objeto no necesariamente se encuentra en dicho eje. Sin embargo, si se conoce la orientación del objeto mediante la determinación de una orientación absoluta y/o velocidad angular del objeto durante el movimiento, una combinación de dichos datos de orientación con los datos de imagen de los dos marcadores identificados de forma única permite determinar la posición del objeto. En efecto, esto es posible incluso si solo un marcador identificado de forma única es visible para ambas cámaras a condición de que la orientación del objeto se determine por separado. Dado que la determinación de la posición del objeto sobre la base de una combinación de los datos de imagen y los datos de orientación requiere tanto la posición de al menos uno de los tres marcadores en el espacio tridimensional como la posición de dicho marcador con respecto al objeto, es necesario identificar el marcador y determinar la posición de dicho marcador.

En el caso de tres marcadores distintos, la "porción del elemento de identificación visual" suficiente para permitir la identificación de dicha porción y para determinar la posición de dicha porción puede ser, por ejemplo, uno de estos marcadores. A condición de que uno de estos marcadores sea suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir la identificación del marcador y determinar la posición del marcador, la posición del objeto se puede determinar sobre la base de la posición de dicho marcador (por medio de los datos de imagen) en combinación con los datos de orientación proporcionados, por ejemplo, por un giroscopio de tasa de cambio de ángulo.

Sin embargo, si los tres marcadores, es decir, la totalidad del elemento de identificación visual, son suficientemente visibles para ambas cámaras como para permitir determinar la posición del objeto (usando la posición de cada uno de estos marcadores), la posición del objeto se puede determinar sobre la base de los datos de imagen solos.

La orientación del objeto se puede determinar sobre la base de los datos de orientación proporcionados, por ejemplo, por el giroscopio de tasa de cambio de ángulo, o los datos de imagen. Si el elemento de identificación visual, es decir, los tres marcadores en el ejemplo, no es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la orientación del objeto, la orientación del objeto se determina sobre la base de los datos de orientación proporcionados por el medio para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular del objeto.

Por el contrario, si el elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la orientación del objeto, la orientación del objeto se puede determinar sobre la base de los datos de orientación solo, sobre la base de los datos de imagen solos, o sobre la base de una combinación de los datos de orientación y los datos de imagen.

Esto último se decide preferentemente sobre la base de la exactitud estimada de las diferentes formas de determinación de la orientación del objeto. Preferentemente, se estima la exactitud de la determinación de la orientación del objeto sobre la base de los datos de orientación y de la determinación de la orientación del objeto sobre la base de los datos de imagen, y los datos que proporcionan una mayor exactitud se usan para determinar la orientación del objeto. La exactitud de los datos de la imagen, por ejemplo, puede depender de las longitudes características del elemento de identificación visual que es visible para ambas cámaras o de la distancia entre el objeto y las dos cámaras. La exactitud de los datos de orientación, por otro lado, puede depender de la cantidad de tiempo que ha pasado desde la última calibración de, por ejemplo, el giroscopio de tasa de cambio de ángulo.

Por lo tanto, mediante el uso de la información suplementaria proporcionada por los medios para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular del objeto, la presente invención permite determinar la información de postura completa de un objeto incluso si el elemento de identificación visual es solo parcialmente visible, esto es que solo un marcador en el ejemplo anterior es visible. Por consiguiente, el procedimiento de la invención puede proporcionar un conjunto de datos mucho más completo y exacto.

Si, durante un primer intervalo de tiempo, ni siquiera una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir la identificación de dicha porción y determinar la posición de dicha porción, la posición del objeto preferentemente se determina sobre la base de una interpolación. La interpolación preferentemente se basa en la posición del objeto determinada inmediatamente antes del primer intervalo de tiempo y/o la posición del objeto determinada directamente después del primer intervalo de tiempo. Por ejemplo, la posición del objeto puede ser una interpolación lineal entre estas dos posiciones durante el primer intervalo de tiempo. Además, la interpolación preferentemente se basa en la velocidad del objeto determinada inmediatamente antes del primer intervalo de tiempo y/o la velocidad del objeto determinada directamente después del primer intervalo de tiempo. En forma alternativa o adicional se puede usar un acelerómetro para interpolar dentro de este intervalo de tiempo sobre la base de las aceleraciones.

Como se mencionó anteriormente, el elemento de identificación visual no necesita consistir en tres elementos marcadores distintos. Más bien, el elemento de identificación visual puede comprender una o una combinación de: tres o más elementos marcadores discretos, dos o más códigos de barras, uno o más códigos de barras 2D, un patrón regular, un patrón irregular, un patrón arbitrario, una forma geométrica, y similares, o incluso la superficie bidimensional o tridimensional de una porción del objeto o el objeto entero. El elemento de identificación visual puede comprender marcadores pasivos tal como marcadores en forma de disco en la superficie del objeto (que pueden ser, por ejemplo, retrorreflectantes) y/o marcadores activos tal como, por ejemplo, LED que pueden cambiar preferentemente su aspecto con el tiempo de manera periódica o no periódica predeterminada. Si se usan tres o más elementos marcadores discretos, estos tres o más elementos marcadores discretos se disponen preferentemente de manera asimétrica y preferentemente distintos entre sí para permitir la identificación única de cada uno de estos elementos marcadores individualmente. Por ejemplo, los elementos marcadores discretos pueden tener diferentes formas, tamaños, colores o marcas adicionales en los elementos marcadores.

En el caso de ciertos sensores giroscópicos, se prefiere realizar también un reinicio, que se debe realizar en estado de reposo. Preferentemente, el estado de reposo se determina mediante el análisis de los datos de imagen. Alternativamente, un usuario puede proporcionar una entrada de que el objeto está en estado de reposo.

Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a una sonda de ultrasonido, se debe enfatizar que la presente invención se puede usar para determinar la postura de cualquier objeto. Preferentemente, la presente invención se puede usar para determinar la postura de un dispositivo médico, preferentemente un dispositivo médico

portátil. La presente invención es particularmente adecuada para determinar la postura de una sonda de ultrasonido.

La presente invención se refiere además a un dispositivo ultrasónico para obtención de imágenes ultrasónicas que comprende una sonda de ultrasonido, al menos dos cámaras y un procesador. La sonda de ultrasonido comprende al menos un elemento de identificación visual y un sensor de orientación para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular de la sonda de ultrasonido. El procesador está adaptado para realizar las etapas del procedimiento discutidas anteriormente con referencia al procedimiento de la invención.

Las realizaciones preferentes de la presente invención se aclararán adicionalmente con referencia a las siguientes Figuras, que muestran:

- Fig. 1 una leyenda para las siguientes Figuras;
- 10 Fig. 2 esquema de la calibración del medio para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular (giroscopio) al objeto;
- Fig. 3 esquema de la calibración del elemento de identificación visual al objeto;
- Fig. 4 esquema de la rotación relativa del giroscopio durante un intervalo de tiempo;
- 15 Fig. 5 esquema de la detección de suficiente información del elemento de identificación visual para determinar la postura del objeto con seguimiento óptico;
- Fig. 6 esquema de la detección de información del elemento de identificación visual parcial con seguimiento óptico;
- Fig. 7 esquema del cálculo de la postura del objeto;
- Figs. 8a y 8b una sonda de ultrasonido;
- 20 Fig. 9 un diagrama de bloques de un dispositivo de ultrasonido; y
- Figs. 10a y 10b sondas de ultrasonido con diferentes elementos de identificación visual;
- Fig. 11 esquema de la determinación de exactitud angular en función de la exactitud posicional;
- Fig. 12 d disposición esquemática de cuatro marcadores coplanares, pero no colineales; y
- Figs. 13a-c diferencia conceptual entre la información del elemento de identificación visual suficiente y parcial.

25 Las partes de la siguiente descripción detallada se refieren específicamente a un procedimiento de determinación de la postura de una sonda de ultrasonido. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la invención completa, que incluye todas las características preferidas, generalmente se puede usar en un procedimiento de determinación de la postura de cualquier objeto.

30 El seguimiento óptico en general proporciona una alta exactitud de postura, pero tiene problemas de línea de visión (todo o nada: información completa de postura o ninguna información). Los sensores del giroscopio proporcionan información de orientación relativa de alta exactitud, pero solo durante períodos cortos de tiempo (en general aproximadamente un minuto). El seguimiento óptico tridimensional funciona al tener una configuración de cámara estéreo que reconoce o crea imágenes de un elemento de identificación visual de forma y/o tamaño y/o geometría y/o configuración conocidas. El análisis de imagen de los datos de la cámara junto con la geometría conocida del elemento de identificación visual se usa para determinar la postura del elemento de identificación visual en relación con el montaje de cámara. Debido a que el montaje de la cámara permanecerá estacionario durante cualquier sesión de seguimiento, el sistema de coordenadas de la cámara y el sistema de coordenadas mundial son efectivamente los mismos y no se hará distinción entre ellos en adelante. Los sistemas de seguimiento óptico actualmente conocidos entregan información de postura cuando la información del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras, es decir, si el elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la posición del objeto. Si solo se dispone de información parcial del elemento de identificación visual en una de las cámaras, no se entrega información de postura. La presente invención tiene como objetivo usar esta información ignorada junto con la información de orientación relativa y/o absoluta entregada, por ejemplo, del giroscopio y/o brújula para extender la capacidad de uso efectiva del sistema de seguimiento óptico.

45 La información visual sobre el elemento de identificación visual recolectado por las cámaras se puede clasificar en tres categorías: suficiente, parcial e inadecuada. Los sistemas actuales de seguimiento óptico de última generación solo entregan información de postura cuando la visualización del elemento de identificación visual es suficiente, es decir, suficiente información del elemento de identificación visual para la determinación de postura es claramente visible para ambas cámaras. La presente invención extiende la capacidad de los sistemas de seguimiento óptico para tratar el caso cuando el elemento de identificación visual es solo parcialmente visible (para una o ambas

cámaras) mediante la incorporación del uso de un sensor de giroscopio de tasa de cambio de ángulo. El caso de información visual inadecuada se produce, por ejemplo, cuando el elemento de identificación visual está demasiado lejos para ser identificado o generalmente cuando ninguna porción está en el campo de visión de ambas cámaras.

5 Cuando la visualización del elemento de identificación visual es suficiente, el sistema de seguimiento óptico proporciona la postura completa del objeto que se está siguiendo. Sin embargo, cuando la visualización del elemento de identificación visual es solo parcial, aún es posible determinar la posición de la porción parcialmente observada del elemento de identificación visual, pero no la posición del objeto que se está siguiendo. La posición del objeto que se está siguiendo, debido a que su origen es localmente distinto de la posición detectada en el caso general, ya no se puede determinar de manera única. Sin embargo, si se combina esta información (posición de la sección parcialmente observada del elemento de identificación visual) con la orientación del objeto entero que se está siguiendo, se puede recuperar la postura completa del objeto que se está siguiendo. Preferentemente, la información de un giroscopio se usa para determinar la postura completa del objeto que se está siguiendo, en ausencia de suficiente información visual.

15 Por lo tanto, preferentemente se determina la transformación entre el giroscopio y el elemento de identificación visual y la orientación del elemento de identificación visual en un punto único en el tiempo durante la sesión de barrido. La sesión de barrido generalmente se relaciona con la duración del tiempo durante el cual se sigue el elemento de identificación visual. La sesión de barrido consiste en períodos de tiempo en los que la visualización del elemento de identificación visual es suficiente y períodos de tiempo en que la visualización es parcial. Para los períodos de tiempo en los que la visualización es parcial, se puede calcular la información completa de postura del objeto. Se debe restringir preferentemente la duración de los períodos de tiempo en los que la visualización del VTE es parcial a períodos inferiores o iguales al tiempo máximo permitido, de acuerdo con el sensor del giroscopio de tasa de cambio de ángulo. El período de tiempo mínimo requerido cuando se completa la visualización del elemento de identificación visual es típicamente un cuadro de video único del seguimiento óptico, y esto puede ocurrir en cualquier momento durante la sesión de barrido.

25 En las Figuras 2 a 7 se muestran esquemáticamente varias etapas preferidas del procedimiento de la invención. Se proporciona una leyenda en la Figura 1 que muestra la traslación en términos de un sistema de coordenadas (A), rotación entre sistemas de coordenadas (B), transformación entre sistemas de coordenadas en términos de información de postura completa (C), postura calculada mediante información de elemento de identificación visual detectada suficiente (D) y postura calculada, cuando el elemento de identificación visual parcial está disponible, de acuerdo con la presente invención (E). Generalmente, una transformación entre sistemas de coordenadas (C) consiste en una traslación (A) y una rotación (B).

35 La Figura 2 muestra esquemáticamente la calibración del giroscopio (G) al objeto que se está siguiendo (O). La Figura 2 solo muestra una rotación entre los sistemas de coordenadas (B en la Figura 1) porque solo la orientación relativa es relevante para la calibración del giroscopio-objeto. Durante dicha calibración, se determina la transformación constante entre el marco de referencia del giroscopio y el marco de referencia del objeto. Permanece constante durante toda la sesión de barrido. Además, solo se necesita determinar una vez, por ejemplo, cuando el giroscopio se monta sobre el objeto (por ejemplo, la sonda de ultrasonido).

40 La Figura 3 muestra esquemáticamente la calibración del elemento de identificación visual (V) y el objeto que se está siguiendo (O). Dicha calibración comprende tanto la traslación como la rotación y, en consecuencia, la Figura 3 muestra la flecha que designa una transformación de postura completa (C en la Figura 1). De acuerdo con el tipo de elemento de identificación visual, este procedimiento consiste en calibrar un vector de posición para cada marcador u obtener una descripción de un patrón de superficie visual en tres dimensiones mediante un barrido. La calibración del elemento-objeto de identificación visual también se debe realizar solo una vez, por ejemplo, cuando el objeto está provisto del elemento de identificación visual.

45 El procedimiento de la invención también comprende preferentemente una calibración del giroscopio-cámara durante la que se determina la orientación del sensor del giroscopio en las coordenadas mundiales (cámara). Esto se debe realizar preferentemente al menos una vez durante cada sesión de barrido. La rotación relativa del giroscopio durante un intervalo de tiempo  $[t_i, t_{i+1}]$  se puede medir usando el giroscopio (véase la Figura 4).

50 Se prefiere además reiniciar o restablecer los ajustes de giroscopio para compensar las imprecisiones que produce un desplazamiento de velocidad angular constante. Esto se debe realizar en estado de reposo. Preferentemente, dicha calibración o reinicialización se realiza al menos una vez para cada sesión de barrido para una exactitud óptima.

55 La Figura 5 muestra esquemáticamente la detección de suficiente información del elemento de identificación visual con seguimiento óptico. En el ejemplo que se muestra, el elemento de identificación visual (V) consiste en diez elementos marcadores individuales representados como puntos. En este ejemplo, una suficiente información del elemento de identificación visual no requiere que cada uno de estos diez elementos marcadores individuales sea visible para ambas cámaras. Por el contrario, puede ser suficiente si tres de estos elementos marcadores son visibles para ambas cámaras como para permitir determinar la postura del elemento de identificación visual y, en consecuencia, la posición del objeto.

La Figura 6 muestra esquemáticamente la detección de información parcial del elemento de identificación visual con seguimiento. En la Figura 6a, uno de los diez elementos marcadores individuales del elemento de identificación visual (V) es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la posición de este elemento marcador único, es decir, de esta porción del elemento de identificación visual (V). Sin embargo, la transformación entre el objeto (O) y el sistema de coordenadas mundiales (W) aún es ambigua porque cualquier orientación del objeto (O) alrededor de ese elemento marcador único es en general posible. Sin embargo, si además se conoce la orientación del objeto (O) a partir del giroscopio de tasa de cambio de ángulo, la postura completa se puede determinar de manera única como se muestra en la Figura 6b.

La Figura 7 muestra esquemáticamente una realización preferente del procedimiento de determinación de la postura de un objeto de acuerdo con la presente invención. En el tiempo  $t_0$  se dispone de suficiente información del elemento de identificación visual que permite la determinación de la postura completa del objeto en coordenadas mundiales sobre la base de los datos de imagen proporcionados por las al menos dos cámaras. El giroscopio proporciona rotaciones relativas entre  $t_0$  y  $t_1$ , así como entre  $t_1$  y  $t_2$ . En combinación con la postura conocida del objeto en las coordenadas mundiales en  $t_0$  (y la calibración del objeto al giroscopio de tasa de cambio de ángulo) se puede calcular la información de orientación completa del objeto en relación con las coordenadas mundiales en  $t_1$  y  $t_2$ . En el tiempo  $t_2$  solo está disponible la información parcial del elemento de identificación visual. En otras palabras, el elemento de identificación visual no es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir la determinación de la posición del objeto, mientras que al menos una porción del elemento de identificación visual (en este caso: un solo marcador) es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir la identificación de dicha porción y para determinar la posición de dicha porción. Como se discutió anteriormente con referencia a la Figura 6, dicha información en combinación con la información de orientación en coordenadas mundiales del giroscopio de tasa de cambio de ángulo, permite lograr información de postura completa en el tiempo  $t_2$ . Además, la postura completa del objeto se puede determinar en el tiempo  $t_1$  usando la información del giroscopio para determinar la orientación del objeto y usando las posiciones ya determinadas en los tiempos  $t_0$  y  $t_2$  para interpolar la posición del objeto.

Como se discutió previamente, el procedimiento de acuerdo con la presente invención se puede usar para determinar la postura de una sonda de ultrasonido 1 como se muestra en las Figuras 8a y 8b. La sonda de ultrasonido 1 comprende una matriz de transductor 2 y se puede conectar a un dispositivo de ultrasonido a través de un cable 3. La sonda de ultrasonido 1 comprende además un elemento de identificación visual 4 que consiste, en la realización mostrada, en tres elementos marcadores discretos 4a, 4b y 4c. Aunque estos elementos marcadores separados 4a, 4b y 4c se muestran esquemáticamente como idénticos en la Figura 8a, se prefiere que estos elementos marcadores sean distintos entre sí por medio de la forma, tamaño, color o similares para permitir a las dos cámaras 7a y 7b identificar cada uno de los elementos marcadores 4a, 4b y 4c. La sonda de ultrasonido 1 además comprende un sensor del giroscopio 5 para determinar la velocidad angular de la sonda de ultrasonido 1.

En la situación mostrada en la Figura 8a, la totalidad del elemento de identificación visual 4, es decir, los tres elementos marcadores individuales 4a, 4b y 4c, son suficientemente visibles para las dos cámaras 7a y 7b para permitir la determinación de la posición del objeto por medio de los datos de imagen proporcionados por las dos cámaras. Sin embargo, si los elementos marcadores 4a y 4b, por ejemplo, cubiertos por una mano 6 de un usuario como se muestra en la Figura 8b, solo un elemento marcador 4c, es decir, una porción del elemento de identificación visual 4, puede ser suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir la identificación de dicho elemento marcador individual 4c y para determinar la posición de dicho elemento marcador 4c. La información de postura completa se puede determinar, como se discutió anteriormente, sobre la base de una combinación de los datos de imagen proporcionados por las dos cámaras 7a y 7b y la salida del sensor del giroscopio 5.

La Figura 9 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de ultrasonido de acuerdo con la presente invención. El dispositivo de ultrasonido para obtención de imágenes ultrasónicas comprende una sonda de ultrasonido, al menos dos cámaras y una CPU o un procesador. La sonda de ultrasonido comprende al menos un elemento de identificación visual y medios para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular de la sonda de ultrasonido tal como un giroscopio. El procesador o la unidad central de procesamiento están adaptados para realizar el procedimiento de acuerdo con la presente invención como se describe anteriormente.

Las Figuras 10a y 10b muestran cada una sonda de ultrasonido 1 con elementos de identificación visual alternativos 4. En la realización mostrada en la Figura 10a, el elemento de identificación visual comprende varios elementos marcadores discretos individuales, mientras que el elemento de identificación visual de la realización mostrada en la Figura 10b consiste en un código de barras 2D. La exactitud angular para determinar la orientación de la sonda de ultrasonido 1 depende de las distancias características de la porción del elemento de identificación visual visible para las dos cámaras. Si se usan marcadores discretos como se muestra en la Figura 10a, la distancia característica en una dirección determinada se determina por la distancia máxima proyectada entre dos de los marcadores visibles. Por ejemplo, en la situación que se muestra en la Figura 10a, la distancia característica  $d_1$  a lo largo de un primer eje se define por la distancia entre los dos marcadores 4a y 4b, mientras que la distancia característica  $d_2$  a lo largo de un segundo eje perpendicular se define por la distancia entre los dos marcadores 4c y 4d. Si se usa un patrón de plano continuo como se muestra en la Figura 10b, las distancias características son las distancias proyectadas más largas para cada ángulo de la porción reconocible del patrón, por ejemplo,  $d_1$  a lo largo de un primer eje y  $d_2$  a lo



largo de un segundo eje perpendicular en caso de que la porción ampliada del patrón mostrado en la Figura 10b sea visible para las cámaras.

En cualquier caso, la exactitud angular aumenta a medida que aumenta la distancia característica. La Figura 11 ilustra la relación entre la distancia característica, el error posicional y el error angular. Si  $d$  representa la distancia característica y  $\delta x \ll d$  representa el error posicional, entonces el error angular máximo  $\delta\theta$  se da por  $\tan(\delta\theta) = 2\delta x/d$ . Para distancias características significativamente mayores que el error posicional,  $\tan(\delta\theta) = \delta\theta$  usando la aproximación de ángulo pequeño, por lo tanto, el error angular disminuye a medida que  $d$  aumenta, o, en otras palabras, la exactitud de rotación aumenta a medida que  $d$  aumenta. La exactitud rotacional determinada por la distancia característica  $d$  se aplica a las rotaciones cuyos ejes se encuentran en el plano perpendicular a  $d$ . En la

Figura 11, el plano se indica con  $P$  y el eje de rotación se indica con  $\vec{u}$ . Cada uno de  $d_1$  y  $d_2$  definen la exactitud de rotación en las dos dimensiones perpendiculares al eje  $d_1$  y al eje  $d_2$ , respectivamente. En consecuencia, un elemento de identificación visual como se muestra en las Figuras 10a y 10b en un plano único con dos grandes distancias perpendiculares características  $d_1$  y  $d_2$  en este plano es suficiente para la determinación exacta de la orientación en tres dimensiones. La Figura 12 muestra cuatro marcadores coplanares, pero no colineales, con distancias características  $d_1$  y  $d_2$ . La exactitud angular total en tres dimensiones puede estar dada por la exactitud angular mínima alcanzable en cualquier dimensión, que incluye aquellas diferentes del eje  $d_1$  y el eje  $d_2$ . El eje de rotación  $\vec{u}$  representado es uno alrededor del cual la exactitud angular es la menor. En general, de acuerdo con la definición de exactitud, la exactitud angular alrededor de un eje de rotación arbitrario en tres dimensiones es aproximadamente proporcional a la distancia máxima alcanzable entre el eje y, por ejemplo, uno de los marcadores

ópticos discretos. Si  $A_{\vec{u}}^\circ$  representa la exactitud angular sobre el eje  $\vec{u}$ , entonces  $A_{\vec{u}}^\circ \sim \max_{\vec{d} \perp \vec{u}} \vec{d}$ . Si  $A^\circ$  representa la exactitud angular total en el espacio tridimensional, entonces  $A^\circ = \min_{\vec{u}} A_{\vec{u}}^\circ$ .

Con patrones continuos, se observa pérdida o ganancia continua de exactitud con la distancia de característica decreciente o creciente. Si se usan marcadores esféricos, la exactitud también depende de la distancia, pero no es continua con la cobertura (se enciende y se apaga), pero por supuesto es continua con la perspectiva. Con un patrón continuo, la diferencia entre la información del elemento de identificación visual suficiente y parcial se puede definir mediante un umbral para una exactitud rotacional mínima aceptable. Este concepto se ilustra en la Figura 13. La Figura 13a representa la clasificación de la cantidad de información del elemento de identificación visual (VI) en las tres categorías suficiente (S), parcial (P) e inadecuada (I) para el caso de marcadores discretos. El número de marcadores discretos visibles para la cámara ( $\#M$ ) determina la cantidad de información. Tres o más marcadores no colineales corresponden al estado de información suficiente para determinar la postura completa. Uno o dos marcadores corresponden al estado de la información parcial en el que se puede determinar la posición de la porción visible, pero no la orientación completa. Los marcadores cero visibles corresponden al estado de información inadecuada para determinar los datos de postura. La Figura 13b representa la relación entre las dos direcciones características  $d_1$  y  $d_2$ , y la exactitud angular total  $A^\circ$  en las tres direcciones espaciales. Se determina una exactitud de umbral  $a_{th}$  y está directamente relacionada con el umbral de distancia característica mínimo  $d_{th}$ . Esta exactitud de este umbral determina la transición en el estado de información de elemento de identificación visual parcial a suficiente en el caso de un patrón 2D, como se muestra en la Figura 13c. El corte entre la información del elemento de identificación visual parcial e inadecuada en el caso de un patrón 2D ocurre cuando el patrón ya no es visible o distinguible para ambas cámaras y la exactitud llega a cero.

De acuerdo con una realización preferente, el peso del uso de datos de rotación proporcionados, por ejemplo, por el sensor del giroscopio y los datos de imagen (seguimiento óptico), se puede cambiar continuamente dependiendo de la exactitud. Alternativamente, se pueden proporcionar puntos de corte para la exactitud. Cualquiera de estas realizaciones preferentes se puede combinar con la determinación de la exactitud del sensor del giroscopio que depende de su tasa de deriva y la orientación y exactitud deseadas. Además, se prefiere que las dimensiones de rotación con sus diferentes precisiones (véase arriba) se traten de forma independiente.

Como se discutió anteriormente, una información suficiente del elemento de identificación visual no necesariamente requiere que el elemento de identificación visual completo sea visible para ambas cámaras. Más bien, la porción visible del elemento de identificación visual debe ser suficiente para determinar la postura completa con una exactitud aceptable. Si se usan marcadores esféricos o de disco, se requieren al menos tres marcadores identificados de forma única para obtener suficiente información del elemento de identificación visual. Si se usa un código QR o un patrón aleatorio o estructurado, una porción del código o patrón de tamaño mínimo para la exactitud de rotación es necesaria para una información suficiente de elemento de identificación visual. La información parcial del elemento de identificación visual, por otro lado, se puede referir a uno o más marcadores esféricos o de disco identificados de forma única o una porción identificable de un código o patrón. La información inadecuada del elemento de identificación visual corresponde a que no hay marcadores visibles o a que los marcadores están tan lejos que todos los marcadores excitan el mismo elemento, por ejemplo, de la matriz CCD, lo que hace imposible distinguirlos.

Los elementos de identificación visual de la presente invención pueden ser activos (por ejemplo, diodos infrarrojos) o pasivos (por ejemplo, retrorreflectantes). Pueden ser marcadores individuales o modelados. Pueden tener formas

específicas (disco, esfera y similares), o tener el aspecto del propio objeto seguido.

5 En el caso de que solo una porción del elemento de identificación visual sea visible para las cámaras, es decir, que proporciona información de seguimiento parcial, es decir, que proporciona la posición de la parte visible pero ni la posición ni la orientación del elemento de identificación visual en sí, la posición y la orientación del objeto que se sigue puede determinarse, por ejemplo, de la siguiente manera.

10 Se admite que  $p_1$  representa el vector de posición de la porción del elemento de identificación visual visible para las cámaras en las coordenadas mundiales o de cámara (W), y que  $p_2$  representa el vector de posición de la porción del elemento de identificación visual visible para las cámaras en las coordenadas del elemento de identificación visual (V). Cabe señalar que  $p_1$  cambia a medida que el objeto se mueve, pero que  $p_2$  es constante dado que el elemento de identificación visual en sí mismo es rígido y cualquier porción del mismo permanece en una posición y orientación constante con respecto a su propio sistema de coordenadas, es decir, el sistema de coordenadas determinado por el elemento de identificación visual. La transformación rígida entre el sistema de coordenadas del elemento de identificación visual y el sistema de coordenadas del objeto (O) representada en la Figura 3 se determina mediante el procedimiento de calibración de elemento de identificación visual a objeto y se realiza preferentemente en el momento en que el elemento de identificación visual está firmemente unido al objeto. Esta transformación rígida representa la postura del sistema de coordenadas del objeto con respecto al sistema de coordenadas del elemento de identificación visual,

$${}^O T^V = ({}^O R^V, p_{OV})$$

20 en la que  $p_{OV}$  es la traslación del sistema de coordenadas de objeto al sistema de coordenadas de identificación visual y  ${}^O R^V$  es la matriz de rotación que convierte los vectores de posición en coordenadas de elementos de identificación visual en coordenadas de objeto. Esta información de postura se puede usar para determinar  $p_3$  la posición de la porción del elemento de identificación visual para las cámaras en coordenadas del objeto:

$$p_3 = p_{OV} + {}^O R^V \cdot p_2.$$

25 En la Figura 6a,  $p_1$  está representado por la flecha desde el origen del sistema de coordenadas mundiales (W) hasta el punto negro que representa la porción del elemento de identificación visual visible para las cámaras, y  $p_3$  está representado por la flecha desde el origen del sistema de coordenadas del objeto (O) con el punto negro que representa la parte del elemento de identificación visual visible para las cámaras.

30 Para determinar la posición del objeto en coordenadas mundiales  $p_{WO}$ , se necesita la matriz de rotación  ${}^W R^O$  que convierte los vectores de posición en coordenadas de objeto en vectores de posición en coordenadas mundiales. Entonces

$$p_{WO} = p_1 + {}^W R^O \cdot p_3.$$

35 Pero la matriz de rotación  ${}^W R^O$  es exactamente la orientación del objeto en coordenadas mundiales, y esta se obtiene desde de la orientación  ${}^W R^G$  del sensor del giroscopio (G) en coordenadas mundiales y la orientación relativa predeterminada entre el sensor del giroscopio y el objeto  ${}^G R^O$ , representada en la Figura 2. Es decir,

$${}^W R^O = {}^W R^G \cdot {}^G R^O.$$

En consecuencia, se obtiene la postura completa del objeto en las coordenadas mundiales.

$${}^W T^O = ({}^W R^O, p_{WO}).$$

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de determinación de la postura de un objeto, preferentemente de un dispositivo médico, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:
  - 5 a) proporcionar un objeto (1), preferentemente un dispositivo médico, que comprende al menos un elemento de identificación visual (4a, 4b, 4c) y un sensor de orientación (5) para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular del objeto;
  - b) proporcionar al menos dos cámaras (7a, 7b) adaptadas para rastrear visualmente el al menos un elemento de identificación visual, cada cámara tiene un campo de visión y permanece estacionaria durante el procedimiento, las cámaras definen un sistema de coordenadas de cámara;
  - 10 c) adquirir datos de imagen del campo de visión de las al menos dos cámaras mientras se mueve el objeto;
  - d) adquirir datos de orientación proporcionados por el sensor de orientación mientras se mueve el objeto;
  - e) calibrar el sensor de orientación con respecto al sistema de coordenadas de la cámara; y
  - 15 f) analizar los datos de imagen y los datos de orientación para determinar la postura del objeto durante su movimiento; en el que:
    - f1) la orientación del objeto se determina sobre la base de los datos de orientación y/o los datos de imagen cuando al menos una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la orientación del objeto;
    - 20 f2) la orientación del objeto se determina sobre la base de los datos de orientación solos cuando el elemento de identificación visual no es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la orientación del objeto;
    - f3) la posición del objeto se determina sobre la base de los datos de imagen solos cuando al menos una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir determinar la posición del objeto; y
    - 25 f4) la posición del objeto se determina sobre la base de una combinación de los datos de imagen y los datos de orientación determinados de acuerdo con la etapa f1) o f2) cuando al menos una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir para identificar dicha porción y para determinar la posición de dicha porción.
- 30 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa f1) además comprende la etapa de estimar la exactitud de la determinación de la orientación del objeto sobre la base de los datos de orientación solos y de la determinación de la orientación del objeto sobre la base de los datos de imagen solos y usando el procedimiento que proporciona mayor exactitud en la etapa f1).
- 35 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la posición del objeto se determina sobre la base de una interpolación si, durante un primer intervalo de tiempo, ni siquiera una porción del elemento de identificación visual es suficientemente visible para ambas cámaras como para permitir identificar dicha porción y para determinar la posición de dicha porción.
- 40 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la interpolación se basa en la posición del objeto determinada inmediatamente antes del primer intervalo de tiempo y/o la posición del objeto determinada directamente después del primer intervalo de tiempo.
- 45 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, que además comprende determinar la velocidad y/o aceleración del objeto inmediatamente antes del primer intervalo de tiempo y/o directamente después del primer intervalo de tiempo, en el que la interpolación se basa en la velocidad y/o aceleración del objeto determinada inmediatamente antes del primer intervalo de tiempo y/o la velocidad y/o aceleración del objeto determinada directamente después del primer intervalo de tiempo.
6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende determinar la posición y/u orientación del elemento de identificación visual con respecto al objeto y/o determinar la orientación del sensor de orientación con respecto al objeto.
- 50 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el elemento de identificación visual comprende varios subelementos y/o porciones, que se pueden distinguir entre sí e identificar mediante las cámaras, y en el que la determinación de la posición y/u orientación del elemento de identificación visual con respecto al objeto comprende identificar cada uno de los subelementos y/o porciones y determinar la posición de cada

subelemento y/o porción con respecto al objeto.

- 5
8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de identificación visual comprende uno o una combinación de: tres o más elementos marcadores discretos, dos o más códigos de barras, uno o más códigos de barras 2D, un patrón regular, un patrón irregular, un patrón arbitrario, una forma geométrica, la superficie bidimensional o tridimensional de una porción del objeto o el objeto completo, marcadores activos y/o pasivos, marcadores retrorreflectantes, marcadores activos adaptados para cambiar su aspecto en el tiempo de manera periódica o no periódica predeterminada.
- 10
9. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sensor de orientación comprende un giroscopio y/o una brújula.
- 15
10. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la calibración del sensor de orientación con respecto al sistema de coordenadas de la cámara comprende i) adquirir datos de imagen del campo de visión de las al menos dos cámaras en un primer momento y determinar la orientación del objeto en dicho primer momento sobre la base de dichos datos de imagen, ii) adquirir datos de orientación proporcionados por el sensor de orientación en dicho primer momento y determinar la orientación del objeto en dicho primer momento sobre la base de dichos datos de orientación, y iii) calibrar el sensor de orientación con respecto al sistema de coordenadas de la cámara mediante la relación de las orientaciones del objeto determinadas de acuerdo con las etapas i) y ii) entre sí.
- 20
11. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la calibración del sensor de orientación con respecto al sistema de coordenadas de la cámara se realiza en varios momentos, mientras se mueve el objeto y en el que se determina la postura para un momento dado sobre la base de la calibración del objeto que es más cercana en el tiempo a dicho momento dado.
- 25
12. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se proporciona retroalimentación a un usuario, la retroalimentación comprende una o una combinación de las siguientes: indicación de una calibración realizada con éxito de acuerdo con la etapa e), exactitud actual de la determinación de orientación a partir de los datos de imagen, exactitud actual de la determinación de la orientación a partir de los datos de orientación, indicación, cuando se debe realizar una próxima calibración para obtener un nivel predefinido de exactitud.
- 30
13. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el objeto es un dispositivo médico portátil, preferentemente una sonda de ultrasonido.
- 35
14. Dispositivo ultrasónico para obtención de imágenes ultrasónicas que comprende una sonda de ultrasonido (1), al menos dos cámaras (7a, 7b) y un procesador, en el que la sonda de ultrasonido comprende al menos un elemento de identificación visual (4a, 4b, 4c) y un sensor de orientación (5) para determinar una orientación absoluta y/o velocidad angular de la sonda de ultrasonido y en el que el procesador está adaptado para realizar las etapas del procedimiento c) a f) de la reivindicación 1 y opcionalmente las etapas del procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 2-7 y 9-11.
- 40
15. Dispositivo ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el elemento de identificación visual comprende una o una combinación de: tres o más elementos marcadores discretos, dos o más códigos de barras, uno o más códigos de barras 2D, un patrón regular, un patrón irregular, un patrón arbitrario, una forma geométrica, la superficie bidimensional o tridimensional de una porción del objeto o el objeto completo, marcadores activos y/o pasivos, marcadores retrorreflectantes, marcadores activos adaptados para cambiar su aspecto en el tiempo de manera periódica o no periódica predeterminada.

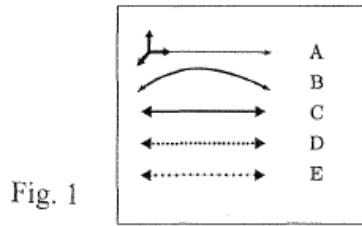


Fig. 1



Fig. 2

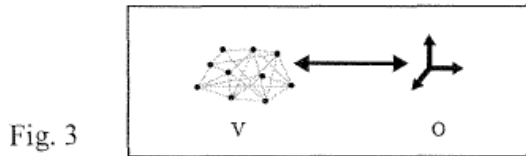


Fig. 3

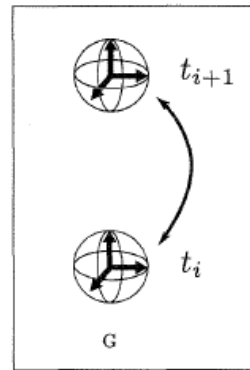


Fig. 4

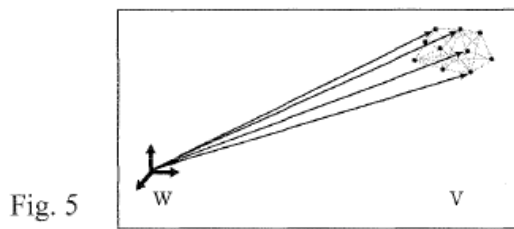


Fig. 5

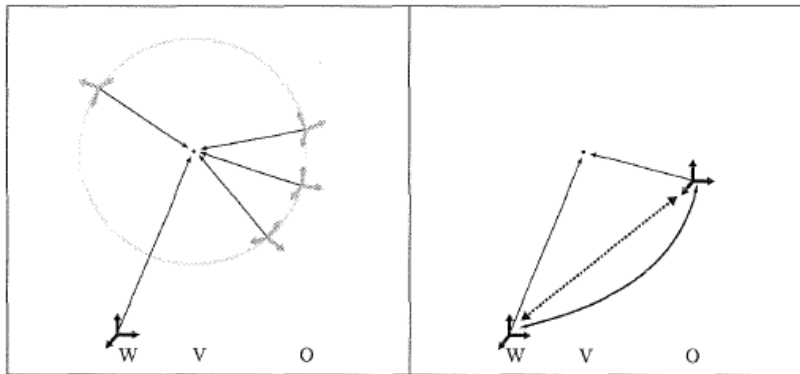


Fig. 6a

Fig. 6b

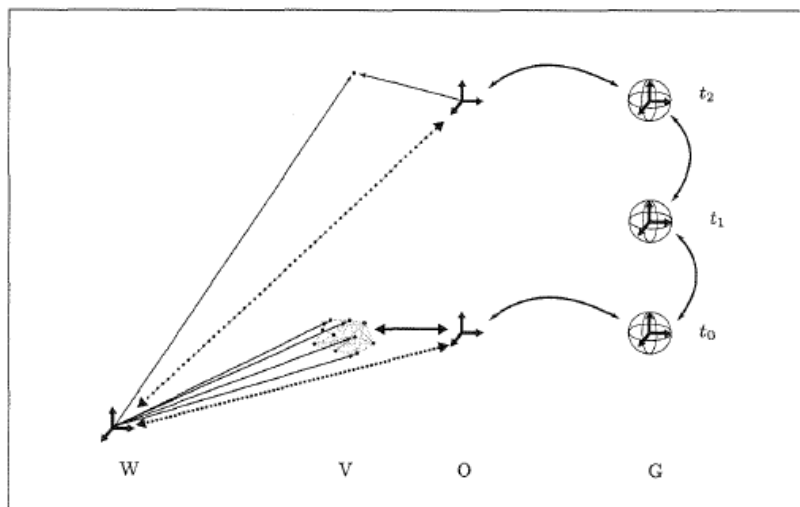


Fig. 7

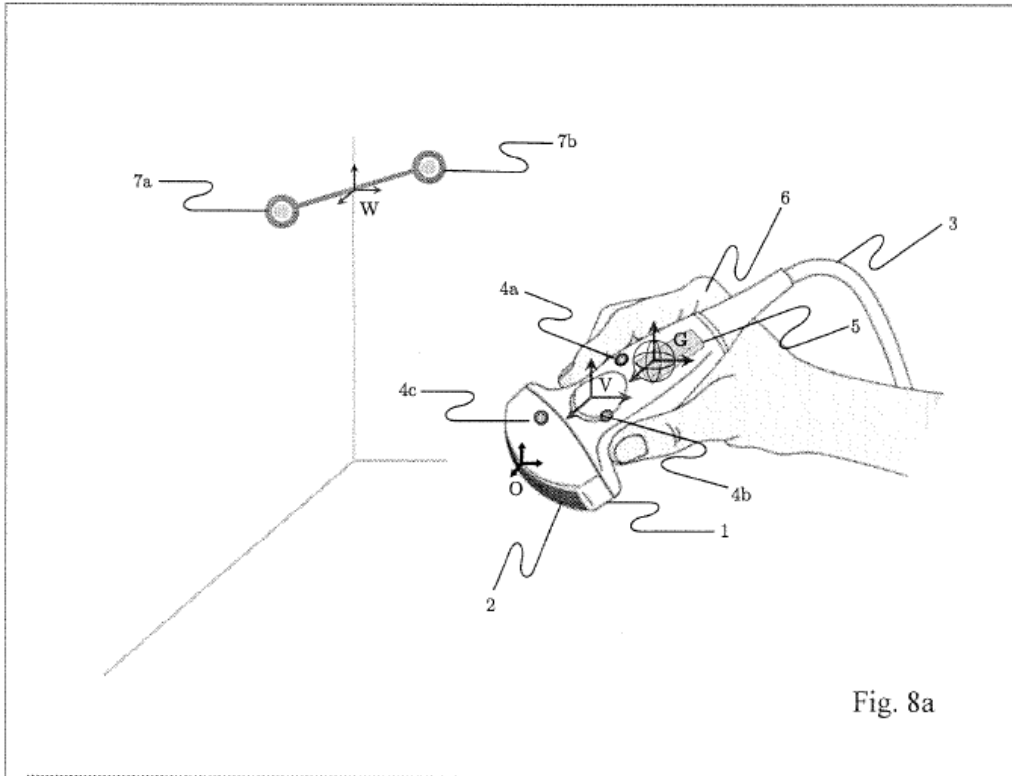


Fig. 8a

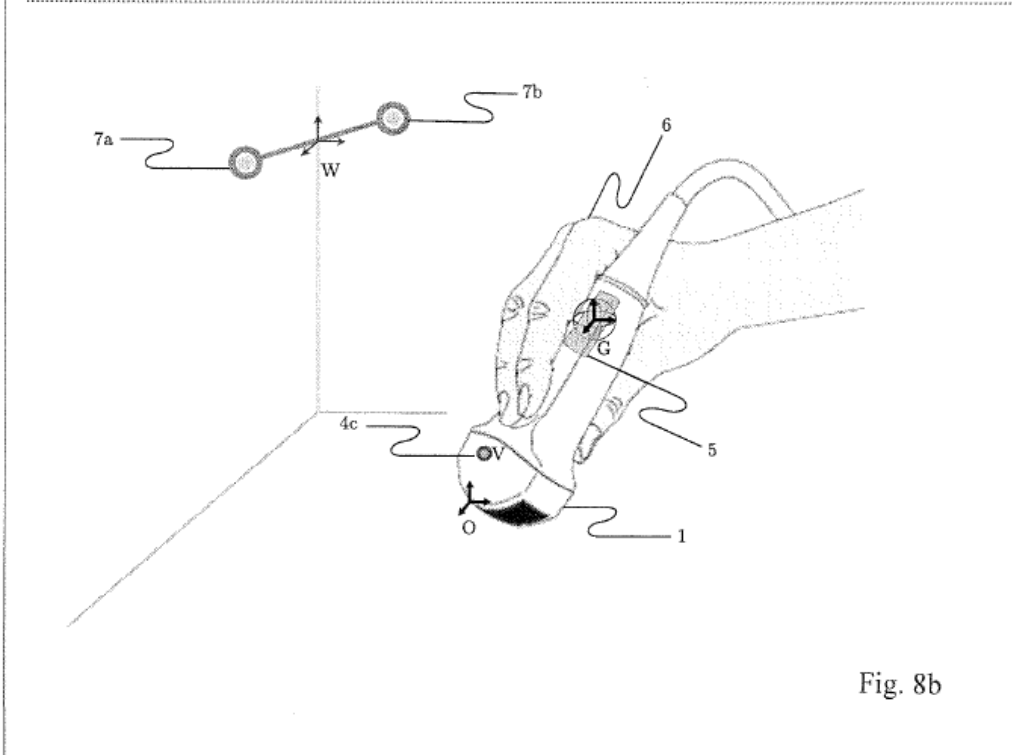


Fig. 8b

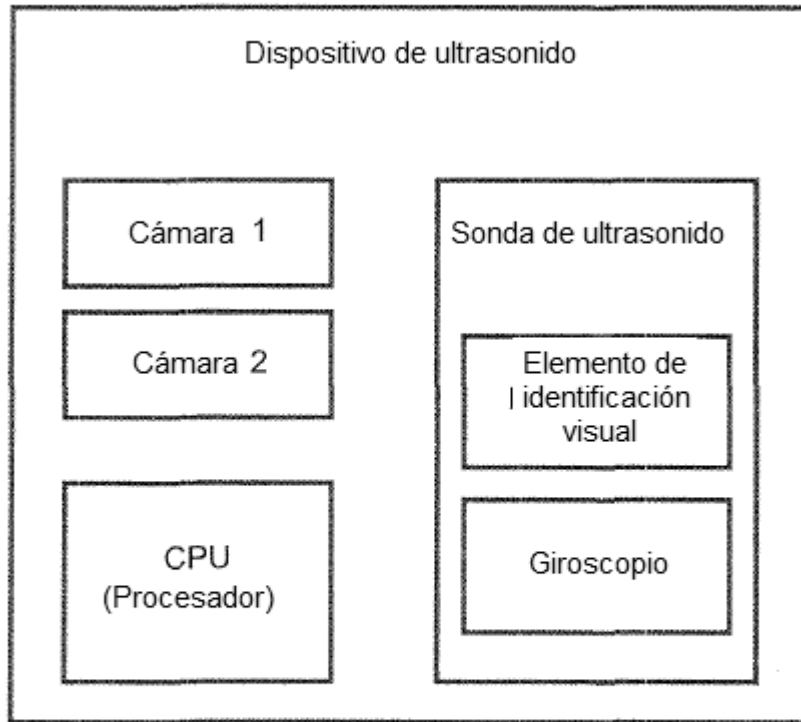


Fig. 9

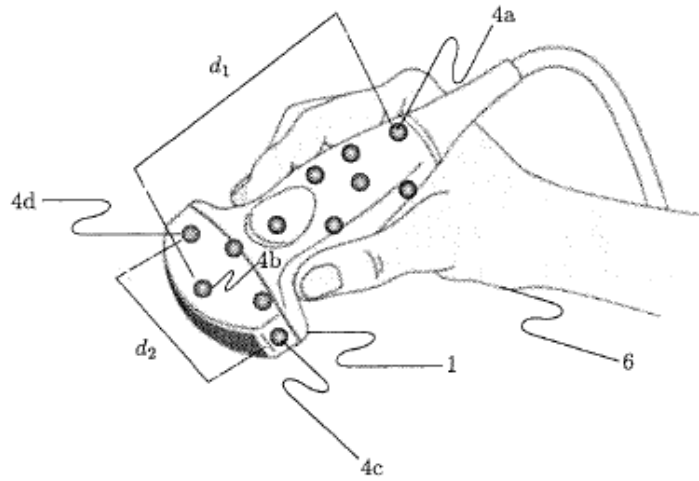


Fig. 10a

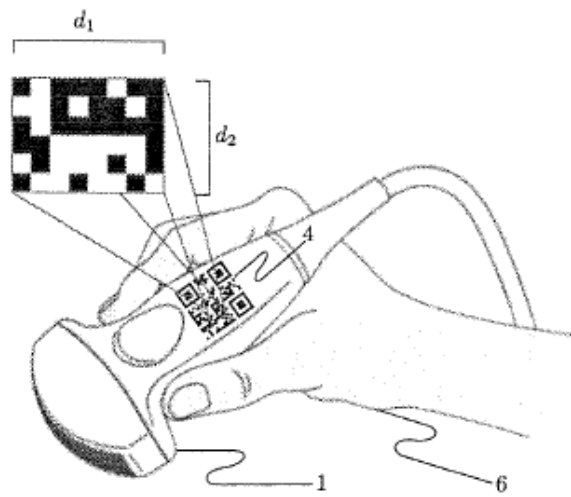


Fig. 10b



