

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 301**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00

(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.09.2012 PCT/EP2012/069161**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2014 WO14048481**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2012 E 12778257 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 2901414**

54 Título: **Procedimiento y equipo de procesamiento de imágenes para determinar los parámetros de una cámara**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.07.2017

73 Titular/es:
**FAYTEQ AG (100.0%)
Erich-Kästner-Strasse 1
99094 Erfurt, DE**

72 Inventor/es:
**HERLING, JAN y
BROLL, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 626 301 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

Procedimiento y equipo de procesamiento de imágenes para determinar los parámetros de una cámara

La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar los parámetros de una cámara, en particular a la denominada auto-calibración de la cámara. Se graba con la cámara una imagen de un entorno, por ejemplo, con el objetivo de crear una realidad ampliada (Realidad Aumentada), es decir, para la adaptación en perspectiva de objetos visuales sintéticos a la imagen del entorno. La invención se refiere además a un equipo de procesamiento de imágenes para determinar parámetros de una cámara.

En el artículo científico de J. Herling y W. Broll "An adaptive training-free feature tracker for mobile phones" ("Un rastreador de características adaptativo sin entrenamiento para teléfonos móviles") del acta del simposio ACM-2010 sobre VRST'10, páginas 35-42, Nueva York, se muestra un procedimiento para determinar los parámetros de la cámara de un teléfono móvil. El procedimiento puede aplicarse a secuencias de imágenes en movimiento grabadas en vivo y se basa en la determinación de los parámetros SURF.

El artículo científico de I. Gordon y D.G. Lowe: "What and where: 3D object recognition with accurate pose" ("Qué y dónde: reconocimiento de objetos tridimensionales en la posición correcta"), del libro "Toward Category-Level Object Recognition" ("Hacia el reconocimiento de objetos a nivel de categoría"), páginas 67-82, 2006, muestra un procedimiento para el reconocimiento de objetos para crear una realidad aumentada.

En el artículo científico de D. Wagner, G. Reitmayr, A. Mulloni, T. Drummond y D. Schmalstieg, "Pose tracking from natural features on mobile phones" ("Rastreo de posición a partir de características naturales en teléfonos móviles") en el acta de ISMAR'08, páginas 125-134, Washington DC, USA, 2008, se muestra un procedimiento para rastrear los movimientos de la cámara de un teléfono móvil que puede utilizarse, entre otros, para proporcionar una realidad aumentada.

El capítulo de libro de J. Herling, y W. Broll, "Markerless Tracking for Augmented Reality" ("Rastreo sin marcas para realidad aumentada") del manual de realidad aumentada Springer, ISBN 978-1-4614-0063-9, páginas 255-272, 2011, presenta un resumen de un procedimiento basado en la visión artificial para el seguimiento dentro de secuencias de imágenes para la realización de una realidad aumentada. En estos procedimientos, se detectan características visuales en las secuencias de imágenes para determinar la orientación de la cámara que está tomando las secuencias de imágenes. En el siguiente paso, se deben determinar las características correspondientes a las imágenes de la secuencia de imágenes. En particular, se describe un procedimiento en el que, utilizando el algoritmo RANSAC, se extrae un subconjunto de las coincidencias ya conocidas para obtener la orientación de la cámara apropiada.

Es tarea de la presente invención, basándose en el estado de la técnica, reducir el coste para determinar los parámetros de la cámara durante la auto-calibración. Se pretende, por ejemplo, permitir el seguimiento de los movimientos de la cámara de un teléfono inteligente mientras el usuario utiliza el teléfono inteligente para grabar un entorno, de modo que la imagen capturada del teléfono inteligente se complementa con objetos visuales sintéticos correctamente insertados en perspectiva.

La citada tarea se realiza mediante un procedimiento según la reivindicación 1 y mediante un equipo de procesamiento de imágenes según la reivindicación 14.

El procedimiento según la invención sirve para determinar los parámetros de una cámara. Los parámetros describen, por ejemplo, la ubicación, la orientación y las propiedades ópticas de la cámara. El procedimiento según la invención sirve en particular para realizar la llamada auto-calibración de la cámara, con lo que los parámetros de la cámara se determinan sobre la base de las imágenes grabadas por la cámara. Se graba una imagen de un entorno con la cámara, por ejemplo con el objetivo de obtener una realidad aumentada, concretamente para la adaptación en perspectiva de objetos visuales sintéticos a la imagen del entorno. El entorno puede ser un entorno natural, que se graba con la cámara real. En principio, este procedimiento también se puede simular mediante la grabación de un entorno sintético con una cámara virtual.

En una etapa del procedimiento según la invención, se proporciona una descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno. Esto se puede hacer de diferentes maneras. Por ejemplo, un entorno natural puede ser adquirido de forma "multiscópica" (desde diferentes ángulos) para extraer ciertas características, tales como esquinas, bordes o manchas, y para determinar su disposición tridimensional. En el caso de un entorno sintético, la descripción geométrica tridimensional puede obtenerse directamente de la modelización. La disposición tridimensional de las características visuales también puede llevarse a cabo midiendo el entorno con dispositivos de medición o sensores. En cualquier caso, como resultado de este paso del procedimiento, se conocen varias características visuales tales como esquinas o bordes y su disposición espacial en el entorno. La descripción geométrica tridimensional de las características visuales indica en cada caso la ubicación de la característica visual respectiva en el entorno circundante. Además, las características visuales se describen cada una al menos por su existencia.

En otra etapa del procedimiento, se graba una imagen del entorno con la cámara. La imagen puede ser una sola imagen o una secuencia de imágenes, por ejemplo una imagen en movimiento. La cámara puede, por ejemplo, estar integrada en un teléfono inteligente o en una tableta. La grabación de la imagen puede tener lugar en una conexión temporal con las demás etapas del procedimiento, pero también de manera independiente en el tiempo a partir de ella. Por ejemplo, este paso puede darse también por el hecho de que existe una película que comprende varias imágenes de un entorno natural grabadas con la cámara.

Además, se realiza un ajuste inicial de los parámetros de la cámara. Los parámetros de la cámara incluyen al menos un parámetro extrínseco de la cámara. Los parámetros extrínsecos de la cámara describen parámetros externos, particularmente ubicación y orientación de la cámara. Al menos un parámetro extrínseco puede, por ejemplo, estar formado por una coordenada de la posición de la cámara. En el ajuste inicial de al menos un parámetro de la cámara, se puede, por ejemplo, orientar según disposiciones típicas o previstas de la cámara. También se pueden utilizar sensores en la cámara para este propósito.

En otra etapa del procedimiento de la invención, se aplica un detector de características a la imagen capturada para extraer características visuales de la imagen capturada. Las características visuales son características que se pueden determinar en el contexto del procesamiento de imágenes, por ejemplo esquinas o bordes. Como resultado de esta etapa, se conocen varias características visuales de la imagen y su posición en la imagen. En otra etapa, la cámara se simula sobre la base de los parámetros de la cámara establecidos inicialmente. Un modelo de la cámara con los parámetros de la cámara definidos inicialmente se aplica a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno de modo que las características visuales del entorno se asignan a una imagen característica. Por lo tanto, la descripción geométrica tridimensional de las características visuales se transforma en la imagen característica bidimensional sobre la base de la cámara con los parámetros de la cámara establecidos inicialmente.

La imagen característica y las características visuales extraídas de la imagen representan básicamente la misma información sobre el entorno. Sin embargo, la disposición de las características visuales en la imagen característica diferirá de la disposición de las características visuales en la imagen capturada, puesto que los parámetros de la cámara establecidos inicialmente no describirán todavía exactamente la cámara en el momento de tomar la imagen, sino que se producirá una desviación. Además, no todas las características visuales presentes en la imagen característica tendrán una característica visual correspondiente en la imagen capturada, y viceversa. Según la invención, se compara un conjunto de las características visuales extraídas de la imagen con un conjunto de las características visuales en la imagen característica para determinar el grado de coincidencia entre ambos conjuntos. Según ello, no se comparan características directamente correspondientes entre sí, pero los conjuntos de características se comparan entre sí en su totalidad respectiva, que comprenden al menos una pluralidad de características correspondientes. El grado de coincidencia se puede determinar, por ejemplo, calculando la suma del cuadrado de las distancias.

Con el fin de aproximar los parámetros de la cámara establecidos inicialmente a los parámetros reales dados de la cámara, los parámetros de la cámara se modifican en una etapa siguiente del procedimiento según la invención, desconociéndose inicialmente si el cambio conduce a una aproximación a los parámetros reales dados de la cámara. En el siguiente paso, los parámetros de la cámara modificados se aplican ahora a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno mediante la simulación de la cámara con los parámetros de la cámara modificados. Esto mapea las características visuales del entorno en otra imagen característica. A continuación se realiza una comparación de un conjunto de las características visuales extraídas de la imagen con un conjunto de características visuales en la imagen característica adicional para determinar el grado de coincidencia entre ambos conjuntos. Según la invención, se repiten las etapas de modificar los parámetros de la cámara, aplicar los parámetros de la cámara modificados y comparar ambos conjuntos hasta que el valor medido respectivo de la coincidencia supere un umbral. Por lo tanto, los parámetros de la cámara se modifican siempre sin conocer el efecto, con el objetivo de aproximarlos a los parámetros reales dados de la cámara. Por lo tanto, los ciclos individuales representan experimentos, cuyo efecto sólo se determina por la determinación del grado de coincidencia. En el caso más simple, la modificación repetida y la aplicación de los parámetros de la cámara así como la comparación repetida de ambos conjuntos y la determinación repetida del grado de coincidencia finalizan después de que esta medida supere el umbral, de modo que los parámetros de la cámara modificados en último lugar representan los parámetros de la cámara establecidos para la imagen.

Una ventaja particular del procedimiento según la invención consiste en que los parámetros de la cámara se pueden determinar de manera particularmente eficaz para que el proceso pueda realizarse, por ejemplo, en un teléfono inteligente en tiempo real. La eficacia particular del procedimiento se basa en que sólo se comparan conjuntos de características visuales, por lo que se pueden ignorar las correspondencias individuales y también se pueden desestimar otras propiedades visuales. En definitiva, sólo se requiere una comparación de dos nubes de puntos, que representan respectivamente la disposición de las características visuales, lo cual puede ser particularmente eficaz.

Una realización particularmente preferible del procedimiento se utiliza en la grabación de entornos naturales, por ejemplo para crear una realidad aumentada. En este caso, el entorno está constituido por un entorno natural, y al mismo tiempo, la cámara está constituida por una cámara real existente. Alternativamente, el procedimiento según la invención es también aplicable a entornos sintetizados. En este caso, el entorno está formado por un entorno

5 sintetizado que es grabado por una cámara virtual. En este caso, el entorno y la grabación son simulados por la cámara. Aunque el procedimiento según la invención permite la auto-calibración de la cámara, también pueden utilizarse sensores u otros dispositivos de medición para determinar los parámetros de la cámara. Por ejemplo, pueden utilizarse sensores GPS o sensores ópticos para este propósito.

5 En realizaciones particularmente preferidas del procedimiento según la invención, las posiciones absolutas y relativas de las características visuales individuales de la imagen se comparan comparando el conjunto de características visuales extraídas de la imagen con el conjunto de características visuales de la imagen característica. Esto implica una comparación de nubes de puntos en dos dimensiones, para lo cual se pueden aplicar algoritmos eficientes. En este caso, preferiblemente no se tiene en cuenta la apariencia visual de las características y de su entorno. Por lo tanto, al comparar el conjunto de las características visuales extraídas de la imagen con el conjunto de características visuales de la imagen característica, aparte de las características visuales como tales, preferiblemente no se tienen en cuenta otras propiedades visuales. Cada una de las características visuales como tales comprende información sobre la existencia de la característica visual, por ejemplo una arista o una esquina, su ubicación en la imagen y, cuando proceda, una medida de la fiabilidad de la detección de la característica. Por otra parte, preferiblemente no se tienen en cuenta otras propiedades visuales tales como, por ejemplo, el color de la característica visual o el color del entorno de la característica visual. Una ventaja particular del procedimiento según la invención consiste precisamente en que se puede prescindir de la consideración de otras propiedades visuales ya que la aproximación al comparar los conjuntos de las características visuales y modificar repetidamente los parámetros de la cámara conduce a resultados satisfactorios.

20 Los parámetros de la cámara se modifican preferiblemente de forma aleatoria y dentro de unos límites definidos. Además, sólo se pueden modificar los parámetros individuales de la cámara, como sólo dos de las tres coordenadas de la ubicación de la cámara. También se pueden modificar todos los parámetros de la cámara, o alternativamente los parámetros individuales de la cámara. Como alternativa a la modificación aleatoria, los parámetros de la cámara también se pueden modificar paso a paso en direcciones predefinidas. En cualquier caso, la modificación de los parámetros de la cámara se realiza sin conocimiento previo de su efecto.

Los límites en los que los parámetros de la cámara se modifican aleatoriamente se reducen preferiblemente si el grado determinado de coincidencia es repetidamente mayor que el grado previamente determinado de coincidencia. Por lo tanto, los parámetros de la cámara se modifican ligeramente cuando se aproximan a los parámetros reales dados de la cámara.

30 En realizaciones simples del procedimiento según la invención, los parámetros de la cámara recientemente modificados se aplican directamente y se utilizan para aplicaciones posteriores, por ejemplo para la inserción de objetos visuales sintéticos. Sin embargo, los parámetros de la cámara determinados se ajustan preferiblemente para aumentar aún más la precisión de los parámetros de la cámara. Para este propósito, preferiblemente se realiza en primer lugar una etapa en la que se seleccionan algunas de las características visuales extraídas de la imagen, que superan al menos un umbral inferior del grado de precisión de la detección de la característica visual. Por lo tanto, sólo se seleccionan aquellas características visuales extraídas cuya detección se ha realizado con suficiente certeza. Además, se lleva a cabo una selección de dichas características visuales en la última imagen característica determinada que corresponde a las características visuales seleccionadas extraídas de la imagen. Como resultado, están presentes las coincidencias de características detectadas, que representan, con alta probabilidad, coincidencias realmente existentes. En el paso siguiente, la disposición geométrica de las características visuales seleccionadas extraídas de la imagen se compara con la disposición geométrica de las correspondientes características visuales en la imagen característica determinada más recientemente para ajustar los parámetros de la cámara previamente determinados y así aumentar su precisión. En esta etapa de adaptación, por lo tanto, ya es posible comparar no sólo conjuntos de características, sino comparar pares correspondientes de características. Como resultado, la aplicación de los parámetros de la cámara ajustados a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno da lugar a una imagen característica personalizada que mapea las características visuales del entorno. En esta imagen característica adaptada, la disposición de las correspondientes características visuales de la disposición geométrica es similar a la disposición de las características visuales seleccionadas extraídas de la imagen, de modo que los parámetros ajustados de la cámara se parecen en gran medida a los parámetros reales dados de la cámara. La adaptación de los parámetros de la cámara tiene lugar preferiblemente mediante una optimización no lineal, por ejemplo mediante una optimización no lineal por mínimos cuadrados.

55 El conjunto de características visuales extraídas de la imagen representa preferiblemente un subconjunto fiel de las características visuales extraídas de la imagen. En este caso, el subconjunto fiel de las características visuales extraídas de la imagen se determina preferiblemente seleccionando aquellas de las características visuales extraídas que no caen por debajo de un límite inferior para ofrecer un grado de fiabilidad. Como resultado, se desechan las características detectadas que no son seguras. Además, el subconjunto fiel de las características visuales extraídas de la imagen se determina preferiblemente mediante la selección de aquellas características visuales extraídas que, debido a condiciones geométricas, no pueden corresponder a características visuales en la imagen característica. Como resultado, se desechan aquellas características visuales extraídas, que debido a condiciones de contorno geométricas no pueden tener coincidencia en la imagen característica.

- El conjunto de características visuales en la imagen característica está formado preferiblemente por un subconjunto fiel de las características visuales en la imagen característica. El subconjunto fiel de las características visuales en la imagen característica se determina preferiblemente seleccionando aquellas de las características visuales en la imagen característica que no caen por debajo de un límite inferior para una medida de fiabilidad. De esta manera, tales parámetros, que no se han determinado con precisión, se desechan en la imagen característica. Además, el subconjunto fiel de las características visuales en la imagen característica se determina preferiblemente porque se desechan aquellas características visuales en la imagen característica que, debido a condiciones geométricas, no pueden coincidir con las características visuales extraídas de la imagen. Por lo tanto, se desechan aquellas de las características visuales en la imagen característica, que no se pueden mostrar en la imagen capturada.
- La descripción realizada de las características visuales del entorno describe preferiblemente características visuales tales que son detectables con el detector de características seleccionado. Por tanto, las características de la imagen característica y las características extraídas de la imagen capturada son del mismo tipo, por ejemplo, básicamente un borde. La homogeneidad de las características de la imagen característica y de las características extraídas de la imagen permite que éstas se puedan comparar entre sí.
- La descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno puede proporcionarse, por ejemplo, tomando varias imágenes del entorno desde diferentes perspectivas y aplicando posteriormente el detector de características a estas imágenes. Dado que las imágenes del entorno han sido tomadas desde diferentes perspectivas, las características pueden ser asociadas espacialmente. Las imágenes del entorno grabadas desde diferentes perspectivas pueden ser grabadas simultáneamente o en sucesión cronológica.
- El procedimiento según la invención se caracteriza porque los parámetros de la cámara determinados inicialmente se modifican repetidamente hasta que se asemejan o se igualan a los parámetros reales dados de la cámara en una proporción suficiente. En las realizaciones preferidas del procedimiento según la invención, este ciclo se repite varias veces de modo que se obtienen varias veces los parámetros de la cámara determinados y los parámetros de la cámara que están más próximos a los parámetros de la cámara reales pueden ser seleccionados como parámetros de la cámara determinados. Para ello, se llevan a cabo repetidamente los pasos de modificar los parámetros de la cámara comenzando con los parámetros de la cámara determinados inicialmente, aplicando repetidamente los parámetros de la cámara modificados a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno y comparando repetidamente un conjunto de características visuales extraídas de la imagen con un conjunto de características visuales características en otra imagen característica adicional hasta la superación de un valor límite según el grado de coincidencia determinado. En este caso, se seleccionan los parámetros de la cámara modificados en último lugar como parámetros de la cámara determinados para la imagen, para los cuales el grado de coincidencia determinado supera ampliamente el valor límite. Los pasos que se repiten, es decir, los ciclos individuales, se ejecutan preferiblemente en paralelo, por ejemplo en un sistema multiprocesador.
- El detector de características puede ser sustancialmente cualquier detector de características conocido para procesamiento de imágenes. El detector de características está diseñado preferiblemente para detectar esquinas, bordes, patrones de texturas y/o manchas. En particular, estas pueden ser parámetros FAST, esquinas de Harris, parámetros SURF, o parámetros SIFT.
- El procedimiento según la invención se aplica preferiblemente a una imagen en movimiento. En este caso, dicha imagen grabada forma una primera imagen de la secuencia de imágenes en movimiento. Además, se graba al menos una segunda imagen del entorno con la cámara. El detector de características se aplica a la segunda imagen para extraer características visuales de la segunda imagen. Los parámetros de la cámara determinados para la primera imagen se aplican ahora a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno con el fin de correlacionar las características visuales del entorno con una imagen característica. En consecuencia, los parámetros de la cámara determinados para la primera imagen forman los parámetros de la cámara a determinar inicialmente para la segunda imagen. En la mayoría de los casos, los parámetros de la cámara determinados para la primera imagen serán mucho más parecidos a los parámetros reales dados de la cámara durante la grabación de la segunda imagen que los parámetros de la cámara determinados inicialmente que corresponden a los parámetros de la cámara dados durante la grabación de la primera imagen. Además, se realiza la comparación de un conjunto de las características visuales extraídas de la segunda imagen con un conjunto de las características visuales en la última imagen característica determinada para determinar el grado de coincidencia entre estos dos conjuntos. De la misma manera que con la primera imagen, se modifican los parámetros de la cámara y se aplican los parámetros modificados de la cámara a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno para mapear las características visuales del entorno sobre otra imagen característica. Un conjunto de las características visuales extraídas de la segunda imagen se compara con un conjunto de las características en la imagen característica adicional para determinar el grado de coincidencia entre ambos conjuntos. De la misma manera que en la primera imagen, se repiten los pasos de modificar los parámetros de la cámara, aplicar los parámetros de la cámara modificados y comparar los conjuntos hasta que el grado de coincidencia determinado supere un umbral. Los parámetros de la cámara modificados en último lugar representan los parámetros de la cámara determinados para la segunda imagen.
- En realizaciones preferidas de la invención, la imagen en movimiento, además de la primera imagen y la segunda imagen, comprende una pluralidad de imágenes adicionales siguientes, para las cuales las etapas indicadas para la

segunda imagen se llevan a cabo respectivamente bajo la condición de que la primera imagen esté formada por la imagen anterior. Por lo tanto, los parámetros de la cámara determinados para la imagen anterior se utilizan siempre para la inicialización.

5 Las etapas del procedimiento que se llevan a cabo preferiblemente para la imagen tomada se llevan a cabo también para la segunda imagen y para las imágenes adicionales.

10 En el caso de una secuencia de imágenes en movimiento, los parámetros de la cámara pueden cambiar en el tiempo, en particular cuando se mueve la cámara o, por ejemplo, se modifica la distancia focal. Básicamente, esto da lugar a que el entorno se capte desde diferentes perspectivas, de modo que la descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno se pueda proporcionar sobre la base de las imágenes capturadas. Esto permite continuar con la descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno, por ejemplo para describir otras características visuales del entorno o para aumentar la precisión de la descripción. Básicamente, los pasos de proporcionar la descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno y los pasos para capturar la primera imagen, la segunda imagen y las otras imágenes se pueden intercalar entre sí.

15 A partir de la segunda imagen, se puede utilizar la información determinada en cada caso para la imagen precedente; por lo menos para inicializar los parámetros de la cámara. Además, también se puede utilizar información sobre las características visuales extraídas de la imagen anterior. Preferiblemente, aquellas de las características visuales extraídas que se han determinado con una alta fiabilidad también se usan para la imagen siguiente consecutiva. Por lo tanto, cuando las características visuales extraídas de la primera imagen tienen al menos un primer límite inferior del grado de fiabilidad, el conjunto de las características visuales extraídas de la segunda imagen es preferiblemente igual al conjunto de las características visuales extraídas de la primera imagen. Sin embargo, puede ocurrir que algunas de las características visuales extraídas no tengan la fiabilidad requerida. Entonces, el conjunto de las características visuales extraídas de la segunda imagen para realizar la comparación comprende preferiblemente sólo una parte del conjunto de las características visuales extraídas de la primera imagen, si las características visuales extraídas en la primera imagen tienen al menos un segundo límite inferior del grado de fiabilidad. El segundo valor límite inferior es menor que el primer valor límite inferior.

El procedimiento según la invención aplicado a una secuencia de imágenes en movimiento se ejecuta preferiblemente en tiempo real, de modo que es adecuado para producir una realidad aumentada.

30 Los parámetros de la cámara preferiblemente comprenden varios parámetros extrínsecos para describir la orientación de la cámara. Por ejemplo, los parámetros extrínsecos pueden estar formados por dos ángulos, que describen movimientos de pivote y movimientos de inclinación de la cámara. Preferiblemente, los parámetros de la cámara comprenden además otros parámetros extrínsecos para describir la posición espacial de la cámara. Por ejemplo, los parámetros de la cámara pueden comprender tres coordenadas como parámetros extrínsecos para una descripción completa de la posición espacial de la cámara.

35 En realizaciones preferidas del procedimiento según la invención, los parámetros de la cámara incluyen también parámetros intrínsecos de la cámara, además de los parámetros extrínsecos. Los parámetros intrínsecos de la cámara, es decir, los parámetros internos de la cámara, describen, en particular, la imagen óptica en la cámara. Preferiblemente, los parámetros intrínsecos de la cámara comprenden al menos la distancia focal de la cámara.

40 La selección de los parámetros de la cámara se adapta preferiblemente al tipo de cámara y a la aplicación particular. En la medida en que, por ejemplo, se utiliza la cámara de un teléfono inteligente o de una tableta, los parámetros de la cámara comprenden preferiblemente los seis parámetros extrínsecos de la cámara, mientras que se puede prescindir de parámetros intrínsecos.

45 El equipo de tratamiento de imágenes según la invención está diseñado para realizar el procedimiento según la invención. Realizaciones preferidas del equipo de procesamiento de imágenes según la invención están diseñadas para realizar las realizaciones preferidas del procedimiento según la invención.

El equipo de procesamiento de imágenes está formado preferiblemente por un ordenador, por una tableta o por un teléfono inteligente.

A partir de la siguiente descripción de varias ilustraciones de principio en los dibujos, se muestran más detalles de la invención. Muestran:

50 - Figura 1: características visuales extraídas de una imagen capturada y de una imagen característica en una representación superpuesta;

- Figura 2: la representación mostrada en la Figura 1, después de que se han modificado los parámetros de la cámara;

55 - Figura 3 muestra la representación mostrada en la Fig. 2, después de que los parámetros de la cámara han sido modificados de nuevo; y

- Figura 4: la representación mostrada en la Figura 3, después de haber modificado nuevamente los parámetros de la cámara.

5 La figura 1 muestra una representación bidimensional de las características visuales 01 que se han extraído de una imagen que se ha grabado previamente con una cámara. Las características visuales extraídas 01 se simbolizan con círculos. Las características visuales extraídas 01 pueden, por ejemplo, ser esquinas o bordes, que se han extraído en la imagen capturada.

10 La representación bidimensional de las características visuales extraídas 01 se superpone, a efectos de ilustración, a una imagen característica que comprende elementos visuales ilustrados 02. La imagen característica es el resultado de la aplicación de parámetros de la cámara determinados inicialmente a una descripción geométrica tridimensional de las características visuales del entorno tomadas con la cámara. Las características visuales 01 extraídas de la imagen capturada y las características visuales 02 de la imagen característica son del mismo tipo, por ejemplo, siempre bordes. En la medida en que los parámetros de la cámara inicialmente determinados sean ya iguales a los parámetros reales de la cámara que se dieron durante la grabación de la imagen, las características visuales extraídas 01 y las características visuales 02 de la imagen característica se representarían superpuestas una encima de otra.

15 La determinación de las características visuales en una imagen capturada tiene lugar sólo con una fiabilidad limitada. Por lo tanto, siempre hay también características erróneamente determinadas 03, que se simbolizan con círculos rellenos.

20 La figura 2 muestra la representación mostrada en la figura 1 después de modificar los parámetros de la cámara determinados inicialmente y de mapear otra imagen característica. Varios de los parámetros de la cámara, como la alineación o la posición, se han modificado al azar. Como resultado del cambio, la alineación según los parámetros de la cámara modificados se ha aproximado a la orientación real de la cámara durante la grabación de la imagen, mientras que los parámetros de posición difieren notablemente de la posición de la cámara durante la grabación de la primera imagen.

25 La figura 3 muestra la representación mostrada en la figura 2 después de modificar de nuevo los parámetros de la cámara y de determinar otra imagen característica. En particular, se han modificado los parámetros de posición para que se acerquen a la posición de la cámara utilizada durante la grabación de la imagen. Como puede verse en la figura 3, varias de las características 02 de la imagen característica ya están en proximidad a varias de las características visuales 01 extraídas de la imagen.

30 La figura 4 muestra la representación mostrada en la figura 3, después de modificar nuevamente los parámetros de la cámara, de modo que los parámetros 02 de la imagen característica adicional se han hecho coincidir predominantemente con las características visuales 01 extraídas de la imagen. Los parámetros de la cámara modificados nuevamente representan así una aproximación suficiente a los parámetros reales dados por la cámara durante la grabación de la imagen, de manera que representan el resultado del procedimiento según la invención.

35 **Lista de símbolos de referencia**

01 - características visuales extraídas de la imagen capturada

02 - características visuales representadas en la imagen característica

03 - características visuales extraídas incorrectamente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de los parámetros de una cámara, con el que se graba una imagen de un entorno, donde el procedimiento comprende las siguientes etapas:
- suministro de una descripción geométrica tridimensional de las características visuales (02) del entorno;
 - 5 - determinación inicial de los parámetros de la cámara, que incluyen al menos un parámetro extrínseco de la cámara;
 - grabación de una imagen del entorno con la cámara;
 - aplicación de un detector de características a la imagen para extraer características visuales (01);
 - 10 - aplicación de los parámetros de la cámara determinados inicialmente a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales (02) del entorno para mapear las características visuales (02) del entorno en una imagen característica;
 - comparación, por medio de las posiciones de las características de la imagen, de un conjunto de características visuales (01) extraídas de la imagen con un conjunto de características visuales (02) de la imagen característica para determinar el grado de coincidencia entre ambos conjuntos;
 - 15 - modificación de los parámetros de la cámara y aplicación de los parámetros de la cámara modificados a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales (02) del entorno para mapear las características visuales (02) del entorno en una imagen característica adicional; y
 - comparación nuevamente, por medio de las posiciones de las características de la imagen, de un conjunto de características visuales (01) extraídas de la imagen con un conjunto de características visuales (02) de la imagen característica adicional para determinar el grado de coincidencia entre ambos conjuntos, donde se repiten los pasos del procedimiento de modificación de los parámetros de la cámara, aplicación de los parámetros de la cámara modificados y comparación de ambos conjuntos hasta que el grado de coincidencia determinado supere un umbral, de modo que los parámetros de la cámara modificados constituyan entonces los parámetros determinados de la cámara para la imagen.
 - 20
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el entorno está formado por un entorno natural y la cámara está formada por una cámara real.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó según la reivindicación 2, **caracterizado por que**, al comparar el conjunto de características visuales (01) extraídas de la imagen con el conjunto de características visuales (02) de la imagen característica, se comparan las posiciones absolutas y relativas de las características visuales individuales (01, 02).
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado por que**, al comparar el conjunto de características visuales (01) extraídas de la imagen con el conjunto de características visuales (02) de la imagen característica, otras propiedades visuales que no coincidan con las características visuales (01, 02) permanecen opacas.
- 35 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la modificación de los parámetros de la cámara se realiza aleatoriamente y dentro de unos límites.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado por que** los límites para la modificación de los parámetros de la cámara se estrechan cuando el grado de concordancia determinado es repetidamente mayor que el grado de concordancia previamente determinado.
- 40 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** el conjunto de las características visuales (01) extraídas de la imagen es un subconjunto fiel de las características visuales (01) extraídas de la imagen, y el subconjunto fiel de las características visuales (01) extraídas de la imagen se determina seleccionando aquellas características visuales de las características visuales extraídas (01) que quedan por debajo de un umbral inferior según su grado de fiabilidad.
- 45 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la descripción suministrada de las características visuales (02) del entorno describe aquellas características visuales que son detectables con el detector de características.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado por que** la preparación de la descripción geométrica tridimensional de las características visuales (02) del entorno se realiza aplicando el detector de características a varias imágenes del entorno grabadas desde diferentes perspectivas.
- 50 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** las etapas de la modificación reiterada de los parámetros de la cámara comenzando con los parámetros de la cámara determinados inicialmente,

- la aplicación reiterada de los parámetros de la cámara modificados a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales (02) del entorno y la comparación reiterada de un conjunto de características visuales (01) extraídas de la imagen con un conjunto de características visuales (02) de la imagen característica adicional hasta que se supera un umbral según el grado de coincidencia establecido, se realizan varias veces, de modo que se seleccionan aquéllos parámetros de la cámara modificados en último lugar para que se conviertan en los parámetros de la cámara determinados para la imagen, cuando el grado de coincidencia establecido supere ampliamente el umbral.
- 5
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** se aplica a una imagen en movimiento, en el que la imagen grabada forma una primera imagen y en el que el procedimiento comprende las siguientes etapas adicionales:
- 10
- grabación de una segunda imagen del entorno con la cámara;
 - aplicación del detector de características a la segunda imagen para extraer las características visuales (01);
 - aplicación de los parámetros de la cámara determinados para la primera imagen a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales (02) del entorno con el fin de mostrar las características visuales (02) del entorno en una imagen característica;
- 15
- comparación de un conjunto de características visuales (01) extraídas de la segunda imagen con un conjunto de características visuales (02) de la imagen característica para determinar el grado de coincidencia entre ambos conjuntos;
 - modificación de los parámetros de la cámara y aplicación de los parámetros de la cámara modificados a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales (02) del entorno para mostrar las características visuales (02) del entorno en una imagen característica adicional; y
- 20
- comparación de un conjunto de características visuales (01) extraídas de la segunda imagen con un conjunto de características visuales (02) de la imagen característica adicional para determinar el grado de coincidencia entre ambos conjuntos, en el que las etapas de modificación de los parámetros de la cámara, aplicación de los parámetros de la cámara modificados y comparación entre ambos conjuntos se repiten hasta que el grado de coincidencia determinado supere un umbral, de manera que los parámetros de la cámara modificados en último lugar constituyen entonces los parámetros de la cámara determinados para la segunda imagen.
- 25
12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado por que** la imagen en movimiento comprende, además de la primera imagen y la segunda imagen, una pluralidad de otras imágenes sucesivas, para lo cual cada vez se realizan las etapas indicadas para la segunda imagen, estando siempre la primera imagen formada cada vez por la imagen anterior.
- 30
13. Procedimiento según la reivindicación 12, que a su vez depende de la reivindicación 9, **caracterizado por que** las imágenes del entorno grabadas desde diferentes perspectivas están formadas por varias de las imágenes de la imagen en movimiento.
- 35
14. Equipo de procesamiento de imágenes diseñado para realizar el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, donde el equipo comprende los siguientes medios:
- medios para proporcionar una descripción geométrica tridimensional de las características visuales (02) del entorno;
 - cámara para grabar una imagen del entorno;
- 40
- medios para el establecimiento inicial de los parámetros de la cámara, que comprenden al menos un parámetro extrínseco de la cámara;
 - detector de características para extraer características visuales (01) de la imagen;
 - medios para aplicar los parámetros de la cámara determinados inicialmente a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales (02) del entorno, con el fin de mostrar las características visuales (02) del entorno en una imagen característica;
- 45
- medios para comparar, por medio de las posiciones de las características de la imagen, un conjunto de características visuales (01) extraídas de la imagen con un conjunto de características visuales (02) de la imagen característica, con el fin de determinar un grado de coincidencia entre ambos conjuntos;
 - medios para modificar los parámetros de la cámara y para aplicar los parámetros de la cámara modificados a la descripción geométrica tridimensional de las características visuales (02) del entorno, con el fin de mostrar las características visuales (02) del entorno de una imagen característica adicional; y
- 50

- 5 - medios para comparar nuevamente por medio de las posiciones de las características de la imagen un conjunto de características visuales (01) extraídas de la imagen con un conjunto de características visuales (02) de la imagen característica adicional, con el fin de determinar el grado de coincidencia entre ambos conjuntos, donde se repiten los pasos de modificar los parámetros de la cámara, aplicar los parámetros de la cámara modificados y comparar ambos conjuntos hasta que el grado de coincidencia determinado supere un umbral, de manera que los parámetros de la cámara modificados constituyan entonces los nuevos parámetros de la cámara determinados para la imagen.
15. Equipo de procesamiento de imágenes según la reivindicación 14, **caracterizado por que** está formado por un ordenador, por una tableta o por un teléfono inteligente.

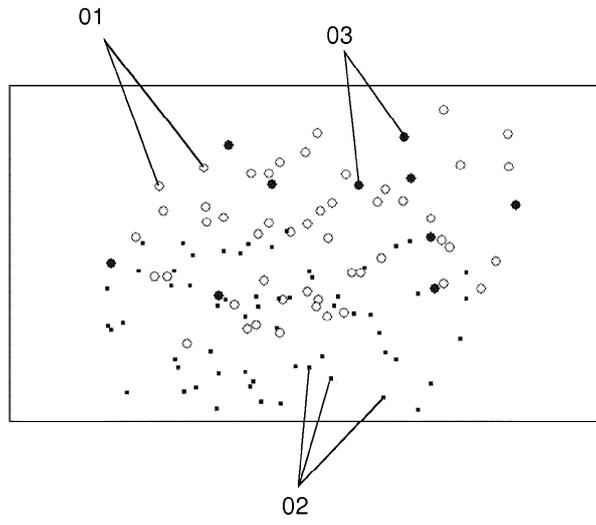


Fig. 1

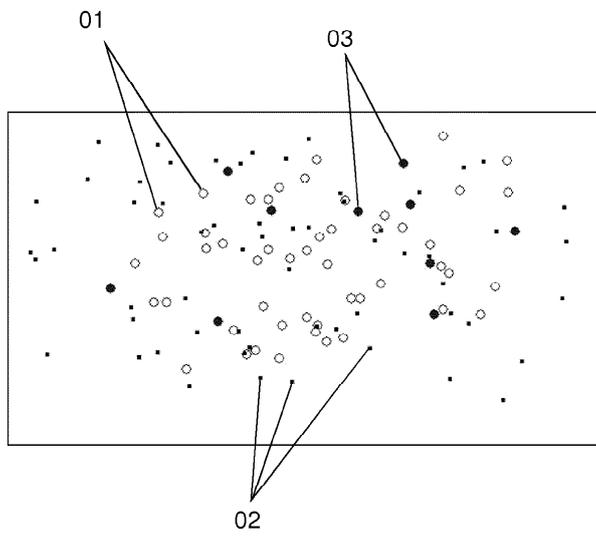


Fig. 2

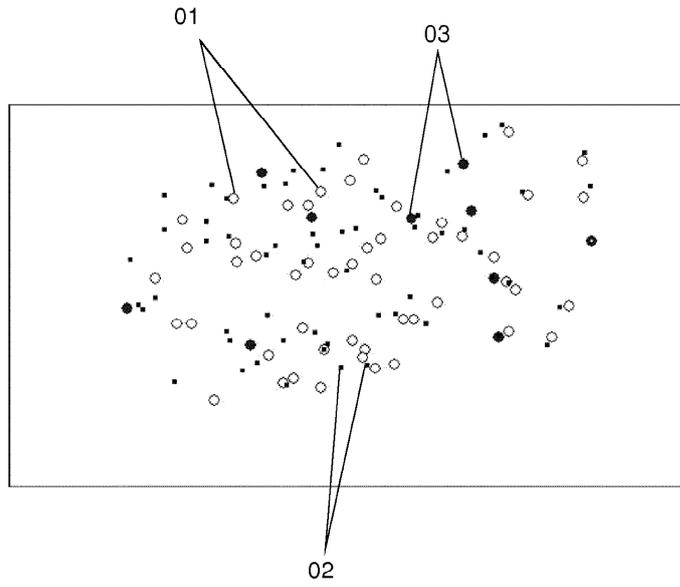


Fig. 3

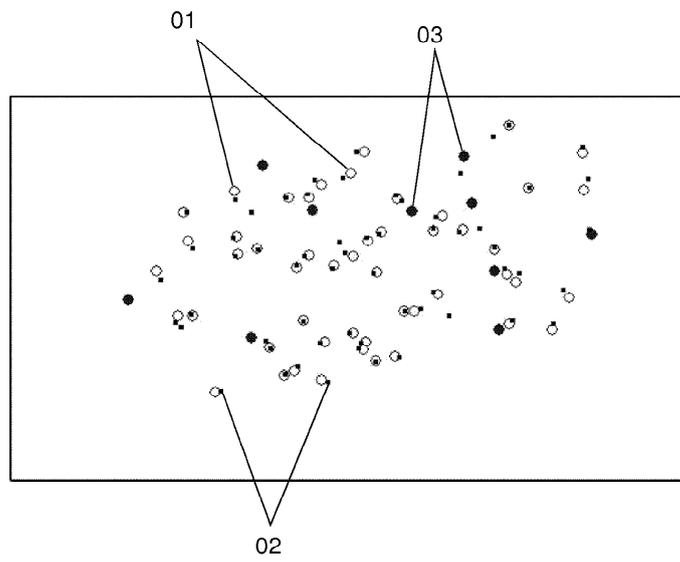


Fig. 4