

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 662**

51 Int. Cl.:

G01S 5/16 (2006.01)

G01S 11/12 (2006.01)

G01C 21/20 (2006.01)

H05B 37/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.06.2014 PCT/IB2014/062478**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.01.2015 WO15001444**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2014 E 14738903 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.10.2016 EP 2994720**

54 Título: **Determinación de distancia o posición**

30 Prioridad:

04.07.2013 EP 13175088

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

12.04.2017

73 Titular/es:

**PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (100.0%)
High Tech Campus 45
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

HOLTMAN, KOEN JOHANNA GUILLAUME

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 608 662 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

Determinación de distancia o posición

5 CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

La presente divulgación se refiere a la determinación de la distancia o la posición de una cámara en relación con una fuente de luz, en base a una imagen de esa fuente de luz capturada por la cámara. En formas de realización, esto puede combinarse con la información sobre la ubicación geográfica de la fuente de luz con el fin de determinar la ubicación de la cámara.

Antecedentes de la invención

Hay varias maneras para que un dispositivo, como un teléfono móvil o una tableta, determine su ubicación. Las técnicas convencionales incluyen el uso de un sistema de localización basado en satélites como el GPS (Sistema de Localización Global), o la trilateración en base a señales comunicadas entre el dispositivo y una pluralidad de estaciones base de una red celular.

Una técnica adicional se describe en el documento WO 2013/016439. De acuerdo a esto, una pluralidad de fuentes de luz en un lugar determinado transmiten, cada una, un identificador respectivo en forma de una señal luminosa codificada, modulada en la luz emitida desde esa fuente de luz. Un dispositivo, tal como un teléfono móvil, entonces puede utilizar su cámara integrada para leer el identificador codificado en la luz proveniente de una fuente de ese tipo, y este identificador puede ser usado para buscar coordenadas de la fuente de luz. Así, el dispositivo puede determinar que está aproximadamente en la proximidad de las coordenadas de esta fuente de luz. Cuando múltiples fuentes aparecen en el campo de visión de una cámara, con todos sus identificadores conocidos, a continuación, se puede llevar a cabo una forma de triangulación para determinar una ubicación con resolución más fina de la cámara y, de ese modo, del dispositivo.

Una técnica anterior adicional se divulga en el documento US 2013/0141554.

Sumario de la invención

A menudo, una cámara sólo puede ser capaz de ver una sola fuente de luz, por ejemplo, cuando se utiliza en el interior y mirando hacia arriba, y / o porque una típica cámara integrada en un dispositivo como un teléfono o tableta puede solamente tener un campo de visión limitado. En tales situaciones, esto significa que la triangulación entre las fuentes de luz no se puede realizar. Sería deseable proporcionar una técnica alternativa que no necesariamente dependa de múltiples fuentes de luz diferentes que estén a la vista.

Como se divulga en este documento, esto se puede conseguir mediante el uso de una señal de luz codificada, emitida por una fuente de luz para recuperar información sobre un tamaño físico y / o forma de la fuente de luz. Un cálculo de perspectiva se puede realizar luego para determinar la distancia y, en potencia, la orientación de la cámara con respecto a la fuente de luz, en base a cómo aparece la fuente de luz en la imagen capturada por una cámara con respecto a su(s) dimensión(es) real(es), según lo recuperado sobre la base de la luz codificada.

Por lo tanto, según un aspecto divulgado aquí, se proporciona un dispositivo que tiene una entrada para recibir datos de imagen capturados por una cámara, comprendiendo los datos de imagen una imagen de una fuente de luz. El dispositivo comprende un módulo de detección de luz codificada para detectar una señal de luz codificada, modulada en la luz recibida desde la fuente de luz. El módulo de detección de luz codificada está configurado para recuperar una o más dimensiones físicas de la fuente de luz en base a la señal de luz codificada proveniente de esa fuente de luz. Además, el dispositivo comprende un módulo de análisis de imágenes, configurado para determinar una distancia de la cámara desde la fuente de luz, mediante la realización de un cálculo de perspectiva geométrica para comparar las una o más dimensiones físicas recuperadas con una o más dimensiones aparentes de la imagen de la fuente de luz.

Aunque, optativamente, se podrían utilizar varias fuentes de luz, la técnica no se basa en múltiples fuentes de luz que estén dentro del campo de visión y puede determinar la información de distancia en base a cualquier número de fuentes de luz, desde uno en adelante.

En las realizaciones, las una o más dimensiones físicas de una fuente de luz pueden ser codificadas de forma explícita en la luz emitida por esa fuente de luz, en cuyo caso la recuperación comprende la lectura de las una o más dimensiones físicas directamente desde la señal de luz codificada. Alternativamente, la señal luminosa codificada puede comprender un identificador de la fuente de luz. En este caso, la recuperación comprende leer el identificador y después usar esto para buscar las una o más dimensiones físicas de la fuente de luz correspondiente, a partir de un almacén de datos tal como una base de datos accesible mediante una red a la que el dispositivo tiene acceso.

65

En realizaciones adicionales, el dispositivo puede estar configurado para determinar la orientación de la cámara. La orientación se refiere a cualquier medida de una dirección a la que la cámara está apuntando, con relación a un marco de referencia adecuado, preferiblemente, la dirección desde la que la cámara está apuntando a la fuente de luz. La dirección puede ser expresada, por ejemplo, en términos de un ángulo, dos ángulos o un vector unitario en un marco de referencia direccional adecuado. Un ejemplo de un marco de referencia direccional adecuado es un sistema tridimensional de coordenadas en el que el eje Z positivo apunta hacia arriba, y el eje X positivo apunta hacia el norte en el horizonte. Otro ejemplo de un sistema de referencia direccional adecuado es el sistema tridimensional de coordenadas que toma el centro geométrico de la lámpara, o la carcasa de la lámpara, como el origen (0,0,0) de coordenadas, y dos marcadores físicos predeterminados en el exterior de la lámpara, o la carcasa de la lámpara, como los puntos por los que apuntan, por ejemplo, un vector unitario (1,0,0) y un vector unitario (0,1,0). La distancia es una medida de la magnitud del espacio entre la cámara y la fuente de luz en un sistema de coordenadas. En combinación, la orientación y la distancia dan una medida de la posición de la cámara, por ejemplo, que puede expresarse en términos de coordenadas o de un vector en relación con un punto fijo en un marco (direccional) de referencia, ya sea en relación con la fuente de luz, o traducido a algún otro punto o marco de referencia. Así, el módulo de análisis de imágenes puede ser configurado para utilizar la distancia determinada y la orientación conjuntamente, para determinar la posición de la cámara con respecto a la fuente de luz en cuestión. Por ejemplo, la posición relativa a la fuente de luz se podría determinar como una coordenada en un sistema tridimensional de coordenadas (x, y, z), con la lámpara en la posición (0,0,0), las unidades en metros, el eje Z negativo apuntando hacia abajo, y el eje X positivo apuntando hacia el norte en el horizonte.

En otras realizaciones más, si el dispositivo también tiene conocimiento de la ubicación absoluta de la fuente de luz en un mapa o globo terráqueo, puede también determinar la ubicación absoluta de la cámara mediante la combinación de la información sobre la ubicación absoluta de la fuente de luz con la posición de la cámara en relación con la fuente de luz. Esta determinación también puede requerir el conocimiento, por ejemplo de cómo un marco de referencia direccional basado en la geometría de la lámpara está orientado con respecto al marco de referencias norte / sur / este / oeste / arriba / abajo de un mapa o globo terráqueo.

Si se utiliza la orientación, como se ha mencionado, esta puede ser la orientación relativa a la fuente de luz y, en realizaciones, también puede ser determinada en el cálculo de la perspectiva geométrica. Es posible que la fuente de luz tenga una forma simétrica, por ejemplo, simétrica en el plano de una superficie tal como un cielorraso en el que la fuente de luz se ha de montar. Por ejemplo, la forma puede tener una simetría rotacional (el orden de simetría rotacional es dos o más), o una simetría de espejo (simetría lineal). Esto introduce ambigüedad en el cálculo de la orientación basada en perspectiva, por ejemplo, un cuadrado tiene el mismo aspecto desde cuatro ángulos diferentes. Por lo tanto, en realizaciones, un efecto de luz se puede introducir en la luz emitida por la fuente de luz con el fin de romper la simetría, preferiblemente, un efecto que sea imperceptible para el ojo humano, tal como una señal de luz asimétrica codificada, modulada en la luz a alta frecuencia. Alternativamente, el procedimiento utilizado para resolver la ambigüedad en la orientación puede ser determinar la orientación absoluta de la dirección del punto de vista de la cámara con relación a un mapa o el globo terráqueo, por ejemplo, que puede ser determinada por un magnetómetro del dispositivo.

En otras realizaciones más, los datos de imagen pueden comprender además imágenes de otros objetos, y el módulo de análisis de imágenes puede estar configurado para incluir también las imágenes de los otros objetos en el cálculo de perspectiva geométrica.

En una aplicación preferida, el dispositivo comprende la cámara, estando la cámara alojada, o físicamente montada, en el dispositivo, o co-situada esencialmente de otro modo y fijada de manera que se mueva con el dispositivo. Por ejemplo, el dispositivo puede ser un terminal móvil, tal como un teléfono móvil o tableta. En tales casos se puede suponer que la posición o ubicación del dispositivo es esencialmente la de la cámara. Sin embargo, no se excluye que el dispositivo esté separado del dispositivo, por ejemplo, conectado por un cable, conexión inalámbrica o de red, y que se desee determinar la orientación de la cámara de forma remota.

De acuerdo a aspectos adicionales divulgados en este documento, se puede proporcionar un correspondiente procedimiento y / o producto de programa de ordenador para realizar las operaciones del dispositivo divulgado en el presente documento.

La figura 1 ilustra esquemáticamente un espacio tal como una habitación que comprende al menos una luminaria;

Fig. 2 is a schematic block diagram of a luminaire employing coded light transmission;

la figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo con cámara para capturar una imagen de una luminaria;

la figura 4 muestra una imagen de una luminaria instalada en un cielorraso, superpuesta con una ilustración esquemática de la forma distorsionada en perspectiva de la luminaria, tal como aparece en la imagen;

la figura 5 ilustra esquemáticamente una vista en perspectiva de una luminaria instalada en un espacio tal como una

habitación;

la figura 6 proporciona una vista esquemática desde arriba hacia abajo (o desde abajo hacia arriba) de la luminaria de la figura 5,

la figura 7 ilustra esquemáticamente una fuente de luz con secciones de ruptura de la simetría,

la figura 8 muestra una imagen de una luminaria instalada en un cielorraso, superpuesta con una ilustración esquemática de las secciones de ruptura de la simetría, similares a los de la figura 7;

la figura 9 ilustra esquemáticamente otra fuente de luz con secciones de ruptura de la simetría;

la figura 10 ilustra esquemáticamente otra fuente más de luz con secciones de ruptura de la simetría;

la figura 11 ilustra esquemáticamente una fuente de luz con medios alternativos para la creación de secciones de ruptura de la simetría; y

la figura 12 ilustra esquemáticamente una fuente de luz con otro medio alternativo para la creación de secciones de ruptura de la simetría.

Descripción detallada de los modos de realización

A continuación se describe una técnica por la cual un dispositivo con una cámara puede detectar su ubicación sobre la base de una combinación de detección de luz codificada con análisis geométrico. También se describe una luminaria habilitada para la luz codificada que es particularmente ventajosa para la localización basada en la luz codificada. La técnica comprende la descodificación de la luz codificada para obtener un identificador (ID) de la fuente, la obtención de las dimensiones físicas asociadas a la fuente de luz y el uso de cálculos de perspectiva geométrica para determinar la posición de la cámara a partir de la aparición de la fuente de luz en la imagen de la cámara. En una realización preferida, la luz codificada se utiliza para hacer que la fuente de luz aparezca asimétrica ante la cámara, mientras conserva su apariencia simétrica para el ojo humano. Como la fuente de luz es simétrica en apariencia para los usuarios humanos mientras emite luz codificada de forma asimétrica, esto puede mejorar su utilidad como una baliza de ubicación sin perturbar la experiencia de la iluminación de los usuarios. En formas de realización, las enseñanzas divulgadas en lo que sigue son aplicables incluso para el caso en el que sólo una única fuente de luz codificada con aspecto simétrico está a la vista de la cámara.

La figura 1 muestra un ejemplo de espacio o ambiente 5 en la que realizaciones divulgadas en el presente documento pueden ser desplegadas. Por ejemplo, el espacio 5 puede comprender una o más habitaciones y / o pasillos de una oficina, hogar, escuela, hospital, museo u otro espacio interior; o un espacio al aire libre como un parque, calle, estadio o similar; u otro espacio tal como un mirador o el interior de un vehículo. El espacio 5 está instalado con un sistema de iluminación que comprende uno o más dispositivos de iluminación 4 en forma de una o más luminarias. Tres luminarias 4i, 4ii y 4III se muestran con fines ilustrativos, pero se apreciará que otros números pueden estar presentes. Las luminarias 4 pueden implementarse bajo el control central o, como unidades independientes por separado. También presente en el espacio 5 está un terminal de usuario 6, preferiblemente, un dispositivo móvil, como un teléfono inteligente o tableta.

La figura 2 presenta un diagrama de bloques de una luminaria como puede usarse para implementar una de, algunas de, o todas, las una o más luminarias 4. La luminaria 4 comprende una fuente de luz 12, que comprende uno o más elementos emisores de luz tales como un LED, una formación de LED o un tubo fluorescente. La luminaria 4 comprende también un controlador 10 acoplado a la fuente de luz 12 y un controlador 8 acoplado al accionador 10. El controlador 8 está configurado para emitir una señal al accionador 10 con el fin de accionar la fuente de luz 12 para emitir una emisión de luz deseada. El controlador 8 puede ser implementado en forma de código almacenado en un medio, o medios, de almacenamiento legible(s) por ordenador, y dispuesto para ser ejecutado en un procesador que comprende una o más unidades de procesamiento. Alternativamente, no se excluye que algunos de, o todos, los controladores 8 se implementen en circuitos de hardware dedicado o circuitos reconfigurables tales como una FPGA. El controlador 8 puede ser implementado localmente en la luminaria 4 o en un controlador central que puede ser compartido con otras una o más luminarias 4, o una combinación de estas. Generalmente, los componentes 8, 10 y 12 pueden o no estar integrados en la misma carcasa.

El controlador 8 está configurado para controlar la luz emitida por la fuente luminosa 12, para que sea modulada con un componente de luz codificada. La luz codificada se refiere a técnicas mediante las cuales una señal es integrada en la luz visible emitida por una luminaria. Así pues, la luz comprende tanto una contribución visible de iluminación para iluminar un entorno de destino, tal como una habitación (habitualmente el propósito principal de la luz), como una señal integrada para proporcionar información en el medio ambiente. Para ello, la luz se modula a una cierta frecuencia de modulación o frecuencias, típicamente una frecuencia lo suficientemente alta como para que la

modulación sea imperceptible para la visión humana. Por ejemplo, la modulación puede adoptar la forma de una

onda rectangular senoide u otra forma de onda. Habitualmente, la frecuencia de modulación se refiere a la frecuencia única o fundamental de la modulación, es decir, la frecuencia del período en el que la forma de onda se repite. En algunos de los casos más simples, la señal puede comprender un único tono modulado en la luz de una luminaria dada. En otros casos, una señal que comprende datos más complejos puede ser integrada en la luz. Por ejemplo, utilizando la modulación de frecuencia, una luminaria dada es operable para emitir en dos (o más) frecuencias de modulación diferentes y transmitir bits de datos (o, más generalmente, símbolos) por conmutación entre las diferentes frecuencias de modulación. En realizaciones, cada una entre una pluralidad de luminarias 4 en el mismo espacio 5 puede estar dispuesta para emitir luz modulada con un respectivo componente diferente de luz codificada, en calidad de un identificador (ID) de la luminaria respectiva, de modo que la luminaria 4 de la cual vino la luz se pueda distinguir en base al identificador. Los identificadores son únicos, al menos entre esas luminarias en un determinado espacio 5, por ejemplo, en una determinada habitación o edificio. En el caso en el que el componente de luz codificada es un único tono, las diferentes luminarias 4 pueden estar dispuestas para emitir luz con diferentes frecuencias respectivas de modulación que actúan como los identificadores. Alternativamente, un identificador podría ser codificado en datos, por ejemplo, utilizando modulación de frecuencia. En otras realizaciones más, datos alternativos, o adicionales, pueden ser codificados en la luz.

La figura 3 presenta un diagrama de bloques del dispositivo móvil 6. El dispositivo 6 comprende una cámara 14 que tiene un elemento de captura de imagen bidimensional y un módulo de detección de luz codificada 15, acoplado a la cámara 14. El módulo de detección de luz codificada 15 está configurado para procesar señales capturadas por el elemento de captura de imagen y detectar componentes de luz codificada en la luz desde la que se capturó la imagen. El dispositivo 6 comprende también un módulo de análisis de imágenes 16 acoplado a la cámara 14, configurado para determinar una posición de la cámara 14 con relación a la fuente de luz 12 de una de las luminarias 4i, en base a una imagen de la fuente de luz capturada por esa cámara 14. Además, el dispositivo puede comprender un módulo de determinación de ubicación 17, acoplado al módulo de análisis de imagen 16, configurado para combinar la posición determinada a partir del módulo de análisis de imagen con una ubicación de la fuente de luz 4i para determinar una ubicación absoluta de la cámara 14. Esta puede ser la ubicación geográfica absoluta con respecto a la superficie de la tierra, o una ubicación absoluta en un mapa, tal como un mapa de una ciudad o un plano de un edificio. Si la cámara 14 está alojada dentro de la misma carcasa que el dispositivo, o montada físicamente en su carcasa para desplazarse con el dispositivo 6 (a diferencia de simplemente estar unida, digamos, por un cable flexible), entonces la posición o ubicación de la cámara 14 puede tomarse como la del dispositivo 6.

El módulo de detección de luz codificada 15, el módulo de análisis de imágenes 16 y / o el módulo de determinación de ubicación 17 se pueden implementar en forma de código almacenado en un medio, o medios, de almacenamiento legible por ordenador, y disponer para ser ejecutados en un procesador que comprende una o más unidades de procesamiento. Alternativamente, no se excluye que algunos de, o todos, estos componentes se implementen en circuitos de hardware dedicado o circuitos reconfigurables, tal como una FPGA. Generalmente, los componentes 14, 15, 16 y / o 17 pueden o no estar integrados en la misma carcasa. Además, no se excluye que el módulo de detección de luz codificada 15 se acople (de forma única, o adicionalmente) a un detector sensible a la luz codificada, diferente a la cámara 14, por ejemplo, una segunda cámara también disponible para el dispositivo móvil 6, o un fotodiodo a disposición del móvil dispositivo 6, y esto puede ser usado como una forma alternativa para detectar la luz codificada en lo que sigue.

Las una o más luminarias 4 están configuradas para emitir luz en el espacio 5 y, por tanto, iluminar al menos parte de ese entorno. Un usuario del dispositivo móvil 6 es capaz de apuntar la cámara 16 del dispositivo hacia la fuente de luz 12 de una de las luminarias 4, digamos, la luminaria etiquetada con 4i a modo de ilustración. La cámara 14 puede por tanto capturar una imagen de la fuente de luz 12. La fuente de luz 12, tal como se describe en el presente documento, se refiere a una parte visible de la luminaria 4 (por ejemplo, 4i) que comprende un elemento emisor de luz o elementos emisores de luz. Esto tendrá una forma determinada, por ejemplo, un cuadrado, un rectángulo o un círculo. Por ejemplo, esta podría ser la forma de un único elemento emisor de luz expuesto (por ejemplo, en forma de un tubo fluorescente), la forma de una serie de elementos emisores de luz (por ejemplo, una formación de LED) o la forma de un material de difusión detrás del cual se alojan los uno o más elementos emisores de luz. Cuando es vista por la cámara 14 desde una distancia y, por lo general, también desde un ángulo, y luego proyectada sobre el plano bidimensional del elemento de captura de imagen, la forma de la fuente de luz 12 (su tamaño y / o proporciones relativas) aparece distorsionada de acuerdo al efecto de la perspectiva. Por ejemplo, la fuente de luz puede ser vista desde abajo si está montada en un cielorraso, por ejemplo, véase la Figura 4.

El módulo de análisis de imagen 16 puede utilizar esta forma distorsionada en perspectiva para determinar la distancia de la cámara 14 desde la fuente de luz 12, sobre la base de un cálculo de perspectiva geométrica. El módulo de análisis de imagen 16 también puede realizar un cálculo de perspectiva geométrica de la forma distorsionada en perspectiva, con el fin de determinar la orientación de la cámara 14 con relación a la fuente de luz 12 (por ejemplo, como un ángulo o vector bidimensional o tridimensional de un eje central del campo de visión de la cámara). La combinación de la distancia y la orientación se puede utilizar para indicar la posición de la cámara 14 (por ejemplo, una posición bidimensional en el plano del suelo y / o cielorraso, o incluso una posición tridimensional). En realizaciones, esto puede ser tomado como la posición del dispositivo 6 en sí. Los detalles de los cálculos

adecuados para el análisis de la apariencia distorsionada en perspectiva de formas geométricas tales como

cuadrados, rectángulos y círculos serán conocidos para un experto.

Sin embargo, con el fin de realizar este cálculo, el módulo de análisis de imagen 16 requerirá alguna información sobre una o más dimensiones reales de la fuente de luz 12, a fin de comparar las dimensiones reales con las dimensiones tal como aparecen en la imagen capturada de la fuente de luz 12. De acuerdo a la divulgación en este documento, esta información puede ser obtenida sobre la base de una señal de luz codificada, integrada en la luz de la fuente de luz 12 de la luminaria 4i que está siendo vista por la cámara 14.

En realizaciones, esto se puede hacer en base al identificador de la luminaria 4 (por ejemplo, 4i), integrado en la luz desde la fuente de luz correspondiente 12. En este caso, el identificador se puede utilizar para buscar las una o más dimensiones requeridas de la respectiva fuente de luz 12 en un almacén de datos adecuado, que comprende una base de datos o tabla de consulta, que correlaciona los identificadores con información sobre la(s) correspondiente(s) dimensión(es) de la fuente de luz. Por ejemplo, el almacén de datos puede ser pre-almacenado en el almacenamiento local dentro del propio dispositivo 6, o puede ser implementado en una red tal como una red local o una red de área amplia, como Internet. El módulo de detección de luz codificada 15 del dispositivo 6 procesa las muestras de la luz capturadas por la cámara con el fin de detectar el identificador codificado en la luz, y luego accede al almacén de datos utilizando una interfaz de red adecuada, tal como una conexión inalámbrica local (por ejemplo, WiFi o Bluetooth) o una conexión inalámbrica celular (por ejemplo, 3GPP). El módulo de detección de luz codificada 15 es por tanto capaz de enviar el identificador al almacén de datos, recibir de vuelta la información sobre la(s) correspondiente(s) dimensión(es) de la fuente de luz y pasar esta información al módulo de análisis de imagen 16 para su uso en el cálculo de perspectiva.

En realizaciones alternativas o adicionales, el controlador 8 puede configurarse para codificar la información sobre las una o más dimensiones de la fuente de luz relevante 12, explícitamente en la luz emitida por la fuente de luz 12 de la respectiva luminaria 4i. En este caso, el módulo de detección de luz codificada 15 es capaz de recuperar la información directamente desde la luz emitida por la fuente de luz relevante 12, y pasar esta información al módulo de análisis de imagen 16 para su uso en el cálculo de perspectiva.

En cualquier caso, el dispositivo 6 es ventajoso para obtener la(s) dimensión(es) real(es) de la fuente de luz 12 sobre la base de la misma imagen del mismo objeto que la cámara está viendo, a fin de obtener la(s) aparente(s) dimensión(es) distorsionada(s) en perspectiva.

La información sobre las una o más dimensiones de la fuente de luz 12 puede ser suficiente para determinar una distancia de la cámara 14 desde esa fuente de luz 12. Por ejemplo, la información puede comprender una indicación de que la fuente de luz 12 es circular y una indicación de su radio, diámetro o circunferencia. Esto permitiría que el módulo de análisis de imagen 16 determine la distancia desde la fuente de luz 12. Del mismo modo, si la fuente de luz 12 es cuadrada, entonces la distancia se puede determinar a partir de una indicación de un lado del cuadrado y una indicación de que la forma es un cuadrado o, si la fuente de luz 12 es rectangular, la distancia puede determinarse a partir de una indicación de dos lados, o un lado y una razón entre los lados, y la indicación de que la forma es oblonga o rectangular. Si está prediseñado para un entorno particular, el módulo de análisis de imagen 16 podría incluso ser pre-configurado para suponer que la forma es, digamos, circular o cuadrada, o podría ser configurado para estimar el tipo de forma a partir de la imagen distorsionada en perspectiva, en cuyos casos, como un mínimo absoluto, el módulo de análisis de imágenes 16 sólo tiene que estar dotado de una única medición del radio o borde, por ejemplo.

Sin embargo, se hace constar que la forma de muchas fuentes de luz tendrá una simetría. Por ejemplo, la forma puede tener una simetría de rotación, es decir, un orden de simetría de rotación de al menos dos. El orden de simetría rotacional es el número de veces en que una forma coincidiría con, o se repetiría a, sí misma cuando se hace girar en un círculo completo de 360 grados alrededor de algún eje, o es visto equivalentemente en unos 360 grados completos alrededor de ese eje. Un orden de uno no representa simetría rotacional. Téngase en cuenta también que esto no significa que la fuente de luz 12 tenga que ser efectivamente capaz de rotar, sino solamente que la forma tendría esta propiedad si girara, o si se viera, de forma equivalente, desde diferentes ángulos. La forma de la fuente de luz también, o alternativamente, puede tener una simetría de espejo (también denominada simetría de reflejo o simetría de línea). Es decir, la forma sería idéntica a sí mismo si se reflejara o volcara alrededor de una o más líneas de simetría (téngase en cuenta de nuevo que esto no significa necesariamente que la fuente de luz tenga que ser efectivamente volcada físicamente, sino solamente que la forma tendría esta propiedad si se volcara). En una aplicación típica, la fuente de luz 12 se montará en una superficie tal como el cielorraso o tal vez una pared, y la simetría es una simetría en el plano de esta superficie. Si se desea saber la orientación de la cámara 14 respecto a la fuente de luz, tal simetría introducirá una ambigüedad en el cálculo.

Para ilustrar esto, si una luminaria oblonga, como la mostrada en la Figura 4, emite luz codificada con su identificador integrado en la misma, un detector de luz codificada, con el punto de vista mostrado en la Figura 4, será capaz de determinar (a partir del identificador) qué luminaria está cerca. Suponiendo que la luz codificada sea emitida de forma esencialmente uniforme a lo largo de la longitud de su fuente de luz, entonces, en lo que se refiere

al detector de luz codificada, la luminaria tendrá una simetría rotacional de 180 grados. De manera similar, una

luminaria cuadrada tendría simetría rotacional de 90 grados, o una luminaria circular parecería igual desde cualquier ángulo. Así que, en base a esta información, el detector podría "saber" cuál luminaria está cerca y, en potencia, cuán lejos está de la luminaria, pero no sabría a qué dirección está apuntando. Por lo general, debido a que el contorno de la fuente de luz tiene una apariencia simétrica, hay múltiples ubicaciones candidatas en la habitación, desde las cuales el contorno de la fuente de luz aparecería de esta manera. Esto se ilustra para el caso de la simetría rotacional de 90 grados, esquemáticamente, en las figuras 4, 5 y 6. Teniendo en cuenta los datos de la imagen en la figura 4 y la(s) dimensión(es) conocida(s) de la fuente de luz 12, el detector puede limitar el número de posibles ubicaciones, desde las cuales está viendo la fuente de luz, a cuatro lugares (u orientaciones) en una habitación con respecto a la fuente de luz 12, indicados por A, B, C, y D en la figura 5 (vista en perspectiva) y 6 (vista de arriba hacia abajo). Para una fuente de luz simétrica de espejo, generalmente habría dos posiciones que no pueden ser desambiguadas, por ejemplo, la posición A y B en la Figura 5.

Por lo tanto, sin más modificación, un detector de luz codificada tendría que tener al menos dos de tales luminarias en su campo de visión con el fin de conocer su orientación con respecto a la imagen o, en otro caso, la orientación tendría que ser obtenida por medios alternativos.

Para abordar esto, la presente descripción proporciona una fuente de luz que, cuando está apagada, es simétrica, pero, cuando está encendida, emite luces de forma asimétrica. Para lograr esto, la fuente de luz puede ser dividida en diferentes secciones que emiten luz de forma diferente con el fin de romper la simetría. Preferiblemente, la asimetría es perceptible a la cámara 14, pero no a la visión humana. Esto puede ser implementado como una luminaria habilitada para la luz con una distribución asimétrica de la luz codificada.

La figura 8 ilustra una luminaria habilitada para luz codificada - la luz emitida desde dentro de la sección interior (representada esquemáticamente por una línea interior, rectangular, superpuesta sobre la imagen) es distinguible del resto de la luz emitida por la luminaria.

Por ejemplo, en una luminaria con dos o más tubos, los tubos pueden estar dispuestos para emitir luz codificada de forma mutuamente diferente, o bien solamente uno de los tubos emite luz codificada. Otras numerosas realizaciones son posibles, por ejemplo, como se expone a continuación. Por tanto, el módulo de detección de luz codificada 15 puede pasar esta información al módulo de análisis de imagen 16, que puede por tanto, debido a la falta de simetría, determinar de forma inequívoca la orientación de la cámara en el cálculo de perspectiva geométrica, incluso cuando sólo una de las luminarias 4i está en su campo de visión.

Considérense las imágenes de las lámparas en la Figura 4 y la Figura 8 como capturadas por una cámara del tipo de teléfono inteligente que apunta hacia arriba. En ambas imágenes, sólo una única fuente de luz (encendida) es visible en el campo de visión. Estas fuentes de luz emiten un identificador en forma de luz codificada. La determinación de la ubicación procede de la siguiente manera.

El módulo de análisis de imagen 16 analiza la imagen para localizar la fuente de luz 12. Además, el módulo de detección de luz codificada 15 decodifica la luz codificada emitida por la fuente luminosa 12 para obtener el identificador de esa fuente de luz. El módulo de detección de luz codificada 15 utiliza el identificador para obtener datos geométricos, que pueden comprender la forma de (las partes visibles de) la fuente de luz 12 y, optativamente, la ubicación de la fuente en el edificio. En una realización alternativa, los datos geométricos se codifican directamente en la luz codificada. De cualquier manera, el módulo de detección de luz codificada 15 pasa los datos geométricos al módulo de análisis de imagen 16. El módulo de análisis de imagen 16 reconoce la forma en la imagen. Por ejemplo, el contorno puede ser reconocido con detección de bordes, por ejemplo, véase la línea exterior superpuesta a la imagen que se muestra en la Figura 8.

Al utilizar el tamaño conocido del contorno y correlacionarlo con la forma distorsionada en perspectiva, tal como aparece en la imagen, la distancia y el ángulo de la fuente de luz pueden ser determinados. Por lo general, debido a que el contorno de la fuente de luz tiene una apariencia simétrica, hay varias ubicaciones candidatas en la habitación desde las cuales el contorno de la fuente de luz aparecería de esta manera. Aquí, el contorno tiene 2 ejes de simetría, dando lugar a cuatro posibles ubicaciones en la habitación A, B, C y D. Véanse las Figuras 5 y 6.

Para eliminar la ambigüedad entre estas posiciones posibles, el módulo de análisis de imagen 16 utiliza el hecho de que la fuente de luz está equipada con un medio de generación de luz codificada que rompe la simetría. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 7 (vista inferior de la fuente de luz), la parte de emisión de luz de la fuente se divide en dos zonas o secciones, 1 y 2. La sección 1 emite luz codificada, mientras que la sección 2 no lo hace, o emite otro código de luz codificada, o el mismo código, pero codificado de manera que las dos secciones se puedan distinguir. Para eliminar la ambigüedad, se determina la ubicación o la forma de una sección de la emisión de luz codificada; por ejemplo, véase la línea interior superpuesta a la imagen que se muestra en la Figura 8. Esto se compara con otros aspectos geométricos que han sido determinados. El resultado final es que la ubicación de la cámara con respecto a la fuente de luz 12 y, por lo tanto, la ubicación del dispositivo en la habitación (y, por extensión, en el edificio) se pueden determinar de forma inequívoca.

Las figuras 9 y 10 muestran opciones alternativas para la realización de luz codificada asimétrica en una fuente de

luz con una apertura de emisión circular y, por lo tanto, simetría de rotación. La Figura 9 ilustra esquemáticamente una sección circular interior 1 desplazada desde el centro de la fuente de luz circular más amplia, es decir, con un centro diferente. La segunda sección 2 es el resto de la zona de fuente de luz circular, no ocupada por la sección 1. En la figura 10, la sección 1 es una cuña o "tajada de pastel" del círculo y la sección 2 es el resto del círculo. De manera similar al ejemplo de la figura 7, una de las dos secciones 1, 2 emite luz codificada mientras que la otra no lo hace, o las dos secciones emiten luz codificada de manera diferente.

La figura 11 muestra otro ejemplo. Aquí la parte inferior de una luminaria de LED se ilustra con el material de difusión de la luz despegado, y los elementos de LED individuales mostrados como pequeños círculos 18. Los LED se dividen en diferentes secciones asimétricas. Los LED en la zona 1 se pueden accionar con luz codificada, mientras que los LED restantes en la zona 2 se pueden accionar con luz "normal" o luz codificada en forma diferente.

En otro ejemplo, la figura 12 muestra la parte inferior de una luminaria de tubo fluorescente con un emisor adaptado de luz codificada (cuadrado pequeño) 19. Al poner el emisor en una ubicación asimétrica, esto proporciona otra manera de poner en práctica la salida de luz codificada asimétrica.

Una vez que se han determinado la distancia y la orientación de la cámara 6, el módulo de determinación de ubicación 17 puede utilizar esta información para ajustar con precisión una estimación de ubicación de la cámara 16 o del dispositivo 6. Por ejemplo, el módulo de determinación de ubicación puede estar configurado para obtener una estimación grosera de la ubicación absoluta del dispositivo, mediante la obtención de la ubicación de la luminaria 4i que se está viendo. Por ejemplo, esto se puede hacer mediante la detección del identificador de la luminaria 4i a partir de la luz codificada emitida por la fuente de luz de esa luminaria 12, y la consulta del identificador de la luminaria en un almacén de datos que correlaciona identificadores con coordenadas de luminaria, o bien las coordenadas puede ser codificadas directamente en la luz codificada, emitida por la fuente de luz de esa luminaria. La posición del dispositivo 6 con respecto a la luminaria 4i puede entonces ser combinada con la ubicación absoluta de la luminaria, por ejemplo, añadiendo un vector, para obtener la ubicación absoluta del dispositivo 6.

Alternativamente, el procedimiento utilizado para resolver la ambigüedad en la orientación, como se muestra en la Figura 5, puede ser determinar la orientación absoluta de la dirección del punto de vista de la cámara con relación a un mapa o al globo terráqueo, por ejemplo, que puede ser determinada por un magnetómetro del dispositivo. Supongamos que el análisis geométrico de los datos de imagen da cuatro posibles vectores unitarios candidato para la orientación relativa a la fuente de luz, es decir, candidatos para la dirección desde la cual la cámara está apuntando a la fuente de luz. La orientación absoluta de la dirección del punto de vista de la cámara podría ser representada como un vector unitario V en el mismo sistema de coordenadas. Para resolver la ambigüedad, los cuatro candidatos pueden ser comparados con V . El candidato que apunta (aproximadamente) en la dirección opuesta a la dirección del punto de vista V de la cámara es el candidato que representa la orientación real, la dirección real a partir de la cual la cámara está apuntando a la fuente de luz. Como refinamiento, que puede ser útil para dar soporte a las cámaras con un amplio ángulo de visión, la dirección del punto de vista V , que representa el eje de visión central de la cámara, se corrige primero hacia una dirección de punto de vista W , el vector que apunta desde la lente de la cámara directamente hacia la fuente de luz, mediante la determinación de la posición de la fuente de luz en la imagen de la cámara, y haciendo un cálculo geométrico basado en cómo está desplazada esta posición desde el centro de la imagen de la cámara. Entonces, W se compara con los candidatos.

Dichas técnicas pueden, por ejemplo, encontrar aplicaciones en sistemas de localización, tales como la publicidad basada en la ubicación, o la navegación en interiores por seres humanos o robots.

Se apreciará que las realizaciones expuestas anteriormente se han descrito sólo a modo de ejemplo.

Generalmente, la determinación de la distancia desde una luminaria y la orientación relativa a una luminaria pueden usarse independientemente entre sí, o conjuntamente. Además, la información no tiene que ser utilizada para determinar en última instancia una ubicación absoluta de la cámara 16 o del dispositivo 6. Por ejemplo, puede ser útil sólo saber cuán cerca está la cámara 16 de una fuente de luz, por ejemplo, sólo para dar una estimación "fría/caliente" de cuán cerca está el dispositivo 6 de un punto de destino, o para medir un nivel de emisión de luz de la fuente de luz 12, dadas la intensidad medida en la cámara y la distancia desde la fuente.

En otro ejemplo, la distancia podría ser determinada basándose en la imagen capturada de la fuente de luz 12 y la luz codificada, pero, en lugar de determinar la orientación relativa a la fuente de luz 12, la orientación puede ser determinada por algún otro medio absoluto, tal como un magnetómetro incorporado en el dispositivo 6. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una medida de la orientación se puede utilizar, pero no necesariamente medir en relación con la fuente de luz. Por ejemplo, en algunas formas de realización, saber qué luminaria es la más cercana a un dispositivo portátil puede dar una zona aproximada de un pasillo o edificio en el que está el dispositivo (y, por lo tanto, su usuario), y la brújula del dispositivo puede ser usada para dar la dirección a la que el dispositivo está apuntando, o con la que está alineada con respecto a un mapa. En una pantalla del dispositivo (por ejemplo,

teléfono inteligente o tableta), puede presentarse al usuario un mapa con una zona resaltada o un círculo de error

que muestra su posición aproximada en términos de una zona, y una flecha que muestra de qué manera está alineado el dispositivo con respecto al mapa.

5 En otro ejemplo más, si la fuente de luz ya es de forma asimétrica físicamente, o intrínsecamente asimétrica de otro modo, en su aspecto a simple vista, entonces el análisis de la ubicación no necesita requerir el uso específico de secciones de luz codificada, de forma o colocación asimétrica.

10 En realizaciones adicionales, el análisis también puede utilizar otros objetos que aparecen en la imagen para refinar adicionalmente el cálculo de perspectiva geométrica. Por ejemplo, podría utilizar las características geométricas de otros objetos en el cielorraso (por ejemplo, paneles de cielorraso con bordes visibles) en sus cálculos.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo que comprende:
- 5 una entrada para recibir datos de imagen capturados por una cámara (14), comprendiendo los datos de imagen una imagen de una fuente de luz (12);
un módulo de detección de luz codificada (15) para detectar una señal de luz codificada, modulada en la luz de la fuente de luz, configurado para recuperar una o más dimensiones físicas de la fuente de luz en base a la señal de luz codificada procedente de dicha fuente de luz; y
10 un módulo de análisis de imágenes (16) configurado para determinar una distancia de la cámara desde la fuente de luz, mediante la realización de un cálculo de perspectiva geométrica para comparar las una o más dimensiones físicas recuperados con una o más aparentes dimensiones de la imagen de la fuente de luz.
2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que las una o más dimensiones físicas son comunicadas desde la fuente de luz (12) en la señal de luz codificada, y el módulo de detección de luz codificada (15) está configurado para recuperar las una o más dimensiones físicas directamente desde la señal de luz codificada.
3. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la señal de luz codificada comprende un identificador de la fuente de luz (12), y el módulo de detección de luz codificada (15) está configurado para recuperar las una o más dimensiones físicas utilizando el identificador para buscar las una o más dimensiones físicas en un almacén de datos.
4. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, configurado para determinar una orientación de la cámara (14), en el que la distancia y la orientación juntas dan una posición de la cámara con respecto a la fuente de luz (12).
5. El dispositivo de la reivindicación 4, en el que el módulo de análisis de imágenes (16) está configurado para determinar la orientación de la cámara (14) con relación a la fuente de luz (12) como parte del cálculo de perspectiva geométrica.
6. El dispositivo de la reivindicación 4 o 5, en el que la fuente de luz (12) es de una forma que tiene una simetría, pero emite luz con un efecto de iluminación que rompe dicha simetría, y el módulo de análisis de imágenes (16) está configurado para resolver la ambigüedad en la orientación en base a dicho efecto de iluminación.
7. El dispositivo de la reivindicación 6, en el que dicho efecto de iluminación es imperceptible para la visión humana y perceptible para la cámara (14), teniendo dicha luz la apariencia de dicha simetría para un ser humano, mientras que el efecto de iluminación rompe la simetría cuando es detectado por la cámara.
8. El dispositivo de la reivindicación 6 o 7, en el que dicho efecto de iluminación comprende el uso de luz codificada para romper la simetría.
9. El dispositivo de la reivindicación 4, configurado para determinar la orientación absoluta de una dirección de punto de vista de la cámara (14), en el que la distancia y la orientación absoluta de la dirección del punto de vista de la cámara se utilizan para determinar la posición de la cámara.
10. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende un magnetómetro configurado para determinar la orientación absoluta de la dirección del punto de vista de la cámara del dispositivo, que se utiliza luego para resolver una ambigüedad en la orientación del dispositivo con respecto a la fuente de luz.
11. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10, que comprende un módulo de determinación de ubicación (17), configurado para obtener una ubicación geográfica de la fuente de luz (12), y para determinar una ubicación geográfica de la cámara (16) en base a la ubicación geográfica de la fuente de luz, combinada con la posición de la cámara con respecto a la fuente de luz.
12. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en el que los datos de imagen comprenden una imagen de una sola fuente de luz (12), estando el módulo de análisis de imágenes (16) configurado para determinar la distancia de la cámara (16) desde dicha fuente de luz, por la realización del cálculo de perspectiva geométrica, para comparar las una o más dimensiones físicas recuperadas de la única fuente de luz con una o más aparentes dimensiones de la imagen de la fuente de luz única.
13. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en el que los datos de imagen comprenden además imágenes de otros objetos, y el módulo de análisis de imágenes (16) está configurado para incluir también las imágenes de los otros objetos en el cálculo de perspectiva geométrica.
14. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en el que el dispositivo (6) comprende la cámara (16).

15. Un producto de programa informático realizado en un medio de almacenamiento legible por ordenador y configurado de manera que, cuando se ejecuta en un procesador, realice operaciones de:

- 5 recepción de datos de imagen capturados por una cámara (16), comprendiendo los datos de imagen una imagen de una fuente de luz (12);
- detección de una señal de luz codificada, modulada en la luz de la fuente luminosa;
- recuperación de una o más dimensiones físicas de la fuente de luz en base a la señal de luz codificada procedente de dicha fuente de luz; y
- 10 determinación de una distancia de la cámara desde la fuente de luz, mediante la realización de un cálculo de perspectiva geométrica para comparar las una o más dimensiones físicas recuperados con una o más aparentes dimensiones de la imagen de la fuente de luz.

Figura 1

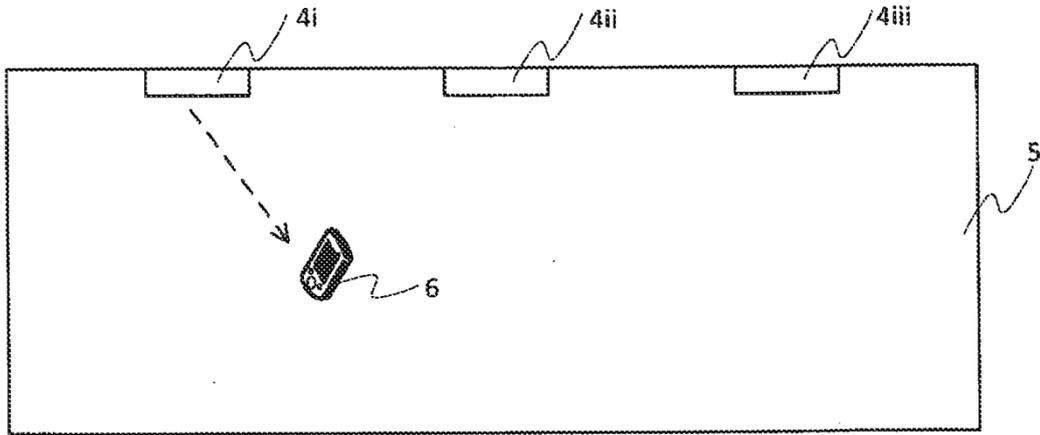


Figura 2

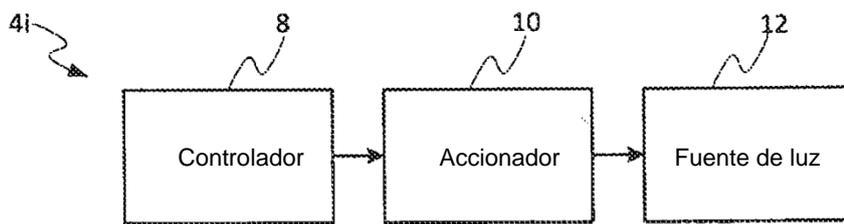


Figura 3

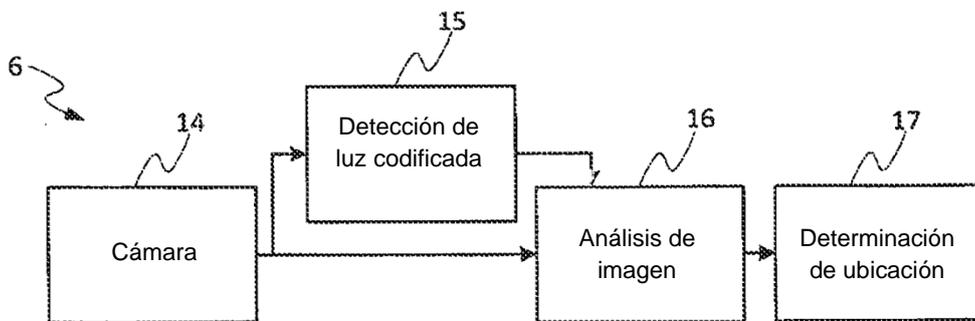


Figura 4



Figura 5

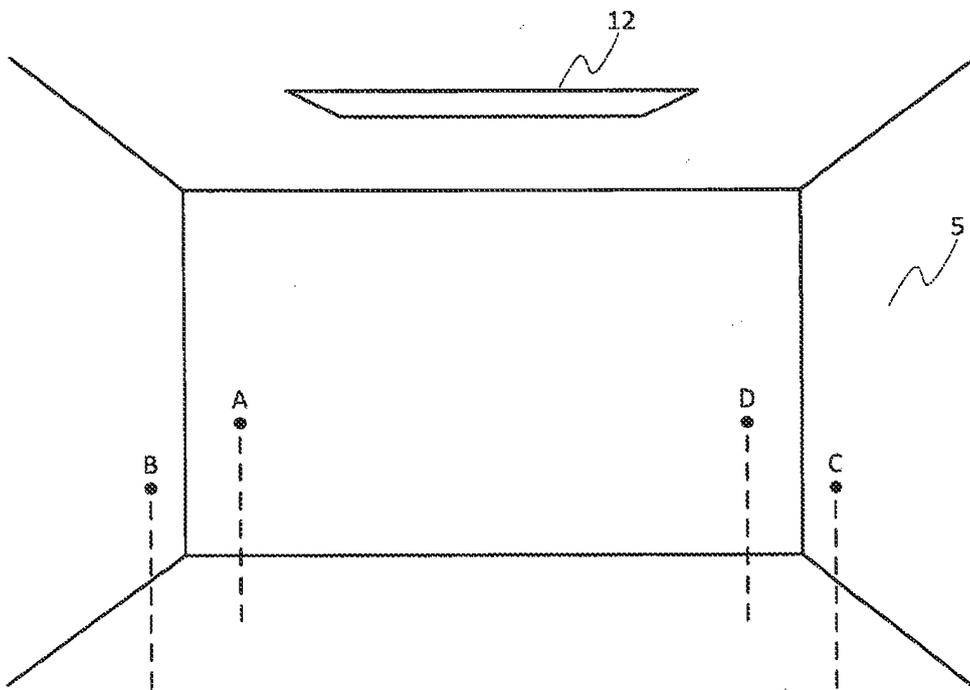


Figura 6

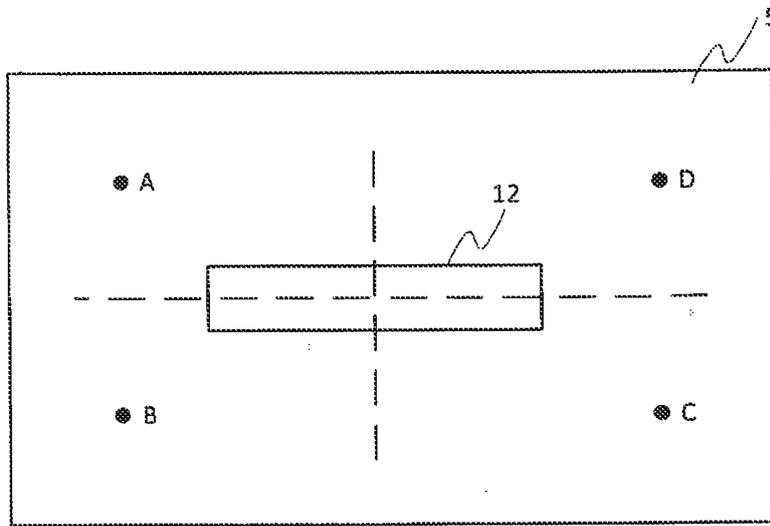


Figura 7

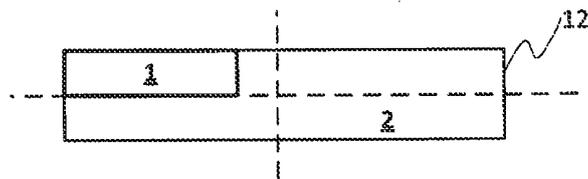


Figura 8

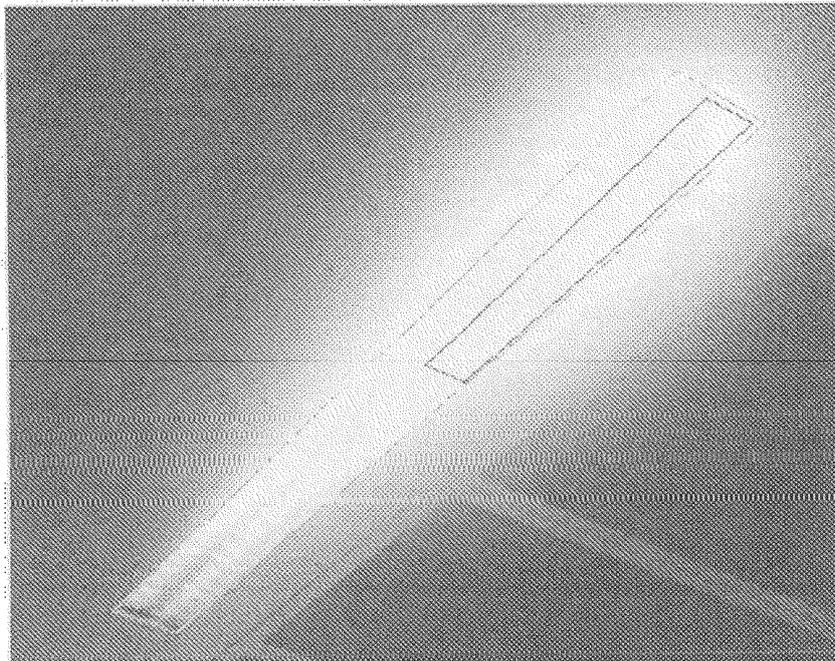


Figura 9

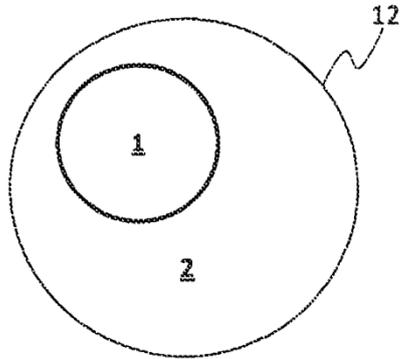


Figura 10

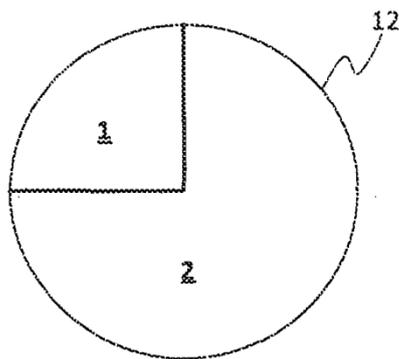


Figura 11

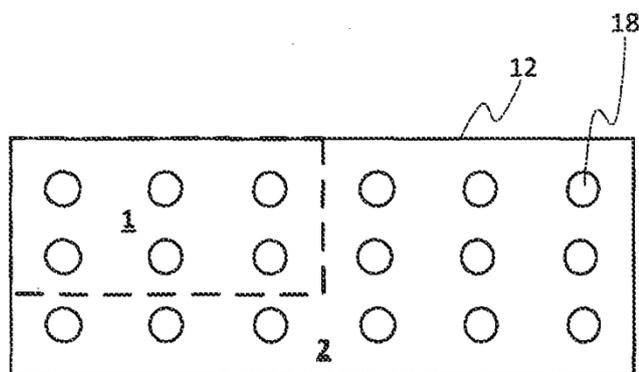


Figura 12

