

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 831**

51 Int. Cl.:

G06T 5/50 (2006.01)

G01B 11/25 (2006.01)

G06T 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2013 PCT/US2013/065931**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2014 WO2014078015**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2013 E 13789092 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 2920546**

54 Título: **Sistemas de detección de profundidad activos de luz estructurada que combinan múltiples imágenes para compensar las diferencias de reflectividad y/o absorción**

30 Prioridad:

14.11.2012 US 201261726387 P
21.12.2012 US 201213723873

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.06.2017

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121-1714, US

72 Inventor/es:

BAUZA, JUDIT, MARTINEZ;
ATANASSOV, KALIN, MITKOV y
GOMA, SERGIU, RADU

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 617 831 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

Sistemas de detección de profundidad activos de luz estructurada que combinan múltiples imágenes para compensar las diferencias de reflectividad y/o absorción

5

ANTECEDENTES

CAMPO

10 Varias características se refieren a la detección de profundidad activa y, más específicamente, a técnicas para compensar los diferentes coeficientes de reflectividad/absorción de los objetos en una escena cuando se realiza un sistema de detección de profundidad activo utilizando luz estructurada.

ANTECEDENTES

15 En la detección activa, un patrón conocido (por ejemplo, una máscara de código) se utiliza para iluminar una escena u objeto en un proceso a menudo mencionado como "luz estructurada". La estructura del patrón proyectado sobre la escena u objeto codifica la información de profundidad de la escena u objeto. Una vez que el patrón se encuentra en una imagen recibida, la escena o el objeto tridimensional pueden ser reconstruidos. La relación entre el patrón proyectado conocido y el decodificado se puede utilizar para obtener información de profundidad sobre la escena capturada.

20 Un sensor de receptor/cámara puede capturar una imagen de una escena a partir de la luz incidente procedente de un reflejo de una fuente de luz sobre la escena (por ejemplo, persona, objeto, lugar, etc.). La intensidad de la luz incidente puede depender de: (a) las propiedades de reflectancia de las superficies en la escena, (b) la potencia de la luz que genera el patrón proyectado y/o (c) la luz ambiental. Si la luz incidente sobre el sensor de la cámara es demasiado fuerte, satura el sensor. Si es demasiado débil, el sensor de la cámara no captura las variaciones en la reflectividad de la escena. Incluso dentro de una escena, en función del tipo de superficies capturadas en una imagen, ambas situaciones (por ejemplo, luz capturada demasiado fuerte y demasiado débil) pueden ocurrir al mismo tiempo. Si no se incluye ningún ajuste para la potencia de la luz incidente en el sistema, es imposible capturar las variaciones en la iluminación de patrón proyectado (por ejemplo, la máscara de código) para una amplia gama de situaciones (diferentes luces ambientales, diferente potencia pre-establecida de la fuente de luz, diferentes tipos de superficie).

25 En consecuencia, se necesita una solución para compensar las variaciones en la intensidad de la luz incidente cuando se realiza la detección de profundidad de una escena usando un sistema de luz estructurada.

30 En el documento US 2009/022367 A1 de Sasaki se describe un dispositivo de detección de formas tridimensionales que puede detectar una forma tridimensional de un objeto a captar, incluso en el caso en que se utiliza una parte de captación de imágenes con un rango dinámico estrecho. Una imagen de un objeto a captar es captada en una pluralidad de diferentes condiciones de exposición, en un estado en que cada uno entre una pluralidad de tipos de luces modeladas, disponiendo alternativamente partes claras y oscuras, es proyectado secuencialmente en el tiempo sobre el objeto a captar y sobre el cual se genera una pluralidad de imágenes de brillo para respectivas condiciones de exposición. Además, en base a tal pluralidad de imágenes de brillo, se forma una imagen codificada en cada condición de exposición y se obtiene una posición de borde de código para un código de espacio, para cada condición de exposición. En base a una pluralidad de posiciones de borde de código para cada condición de exposición obtenida de esta manera, se determina una posición de borde de código para el cálculo de una forma tridimensional del objeto a captar, de tal manera que se calcule la forma tridimensional del objeto a captar.

SUMARIO

35 A continuación se ofrece un resumen simplificado de uno o más aspectos de la presente divulgación, con el fin de proporcionar un entendimiento básico de tales aspectos. Este resumen no es una visión global extensa de todas las características contempladas de la divulgación, y no pretende ni identificar elementos clave o críticos de todos los aspectos de la divulgación ni delimitar el alcance de algunos de, o todos, los aspectos de la divulgación. Su única finalidad es presentar algunos conceptos de uno o más aspectos de la divulgación de manera simplificada, como un preludio de la descripción más detallada que se presentará posteriormente.

40 Un dispositivo está adaptado para compensar las diferencias de reflectividad superficial en un sistema de detección de profundidad activo, utilizando luz estructurada. El dispositivo puede incluir un sensor receptor y un circuito de procesamiento. El sensor receptor sirve para capturar una pluralidad de imágenes de una escena sobre la que se proyecta una máscara de código que comprende una pluralidad de partes de código espacial único, donde el sensor receptor captura la pluralidad de imágenes en dos o más tiempos de exposición diferentes. El circuito de procesamiento está adaptado para combinar las dos o más, entre la pluralidad de imágenes, mediante la extracción de partes decodificables de la máscara de código de cada imagen, para generar una imagen combinada. Además, el circuito de procesamiento está adicionalmente adaptado para determinar la información de profundidad de la escena

65

en base a la imagen combinada y al uso de la máscara de código.

En un ejemplo, el circuito de procesamiento puede estar adaptado además para: (a) determinar uno o más parámetros a partir de la pluralidad de imágenes capturada; y/o (b) ajustar dinámicamente el tiempo de exposición para el sensor receptor de acuerdo con los uno o más parámetros, para mejorar la decodificación de la máscara de código en una pluralidad de imágenes capturadas posteriormente.

El sensor receptor puede estar adaptado para: (a) capturar, usando un primer tiempo de exposición, una primera imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código que comprende una pluralidad de partes únicas de código espacial; y/o (b) capturar, usando un segundo tiempo de exposición, una segunda imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código, donde se selecciona el segundo tiempo de exposición, para reducir, ya sea la sobre-exposición o la sub-exposición, en la primera imagen.

De manera similar, también se proporciona un procedimiento para compensar las diferencias en la reflectividad superficial en un sistema de detección de profundidad activo utilizando luz estructurada. Se captura una pluralidad de imágenes de una escena sobre la que se proyecta una máscara de código que comprende una pluralidad de partes únicas de código espacial, donde el sensor receptor captura la pluralidad de imágenes en dos o más tiempos de exposición. Las dos o más, entre la pluralidad de imágenes, se combinan mediante la extracción de partes decodificables de la máscara de código de cada imagen, para generar una imagen combinada. La información de profundidad para la escena se determina en base a la imagen combinada y al uso de la máscara de código.

En una realización, uno o más parámetros se pueden determinar a partir de la pluralidad de imágenes capturada. Entonces, el tiempo de exposición para el sensor receptor se puede ajustar de forma dinámica de acuerdo con los uno o más parámetros, para mejorar la decodificación de la máscara de código en una pluralidad de imágenes capturadas posteriormente.

Otra característica puede incluir: (a) la captura, utilizando un primer tiempo de exposición, de una primera imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código; y/o (b) la captura, utilizando un segundo tiempo de exposición, de una segunda imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código que comprende una pluralidad de partes únicas de código espacial, donde el segundo tiempo de exposición se selecciona para reducir, ya sea la sobre-exposición o la sub-exposición, en la primera imagen.

Otra implementación proporciona un dispositivo adaptado para compensar las diferencias de reflectividad superficial en un sistema de detección de profundidad activo utilizando luz estructurada, en donde dicho dispositivo incluye un primer receptor, un segundo receptor y un circuito de procesamiento. El primer sensor receptor sirve para capturar una primera imagen de una escena sobre la que se proyecta una máscara de código que comprende una pluralidad de partes únicas de código espacial, donde el primer sensor receptor captura la primera imagen en un primer tiempo de exposición. El segundo sensor receptor sirve para capturar una segunda imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código, donde el segundo sensor receptor captura la segunda imagen en un segundo tiempo de exposición. El circuito de procesamiento está adaptado para combinar la primera y segunda imágenes mediante la extracción de partes decodificables de la máscara de código de cada imagen, para generar una imagen combinada.

El circuito de procesamiento también puede estar adaptado para determinar la información de profundidad de la escena, en base a la imagen combinada y al uso de la máscara de código.

En diversas implementaciones, la primera y segunda imágenes pueden ser capturadas simultáneamente y/o al mismo nivel de iluminación de la máscara de código.

También se proporciona un procedimiento para compensar las diferencias en la reflectividad superficial en un sistema de detección de profundidad activo utilizando luz estructurada. El procedimiento puede (a) capturar, usando un primer sensor receptor, una primera imagen de una escena sobre la que se proyecta una máscara de código que comprende una pluralidad de partes únicas de código espacial, donde el primer sensor receptor captura la primera imagen en un primer tiempo de exposición; (b) capturar, usando un segundo sensor receptor, una segunda imagen de la escena sobre la que se proyecta una máscara de código, donde el segundo sensor receptor captura la segunda imagen en un segundo tiempo de exposición; (c) combinar la primera y segunda imágenes mediante la extracción de partes decodificables de la máscara de código de cada imagen, para generar una imagen combinada; y/o (d) determinar información de profundidad para la escena, en base a la imagen combinada y al uso de la máscara de código.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Estos y otros aspectos de ejemplo de la divulgación se describirán en la siguiente descripción detallada, y en los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra un sistema de detección activa donde una escena tridimensional (3D) se construye a partir de

imágenes o información bidimensionales (2D).

La figura 2 ilustra la detección activa donde un patrón conocido se utiliza para iluminar una escena u objeto y obtener información de profundidad, con la cual generar información tridimensional a partir de las imágenes y/o información bidimensionales.

La figura 3 ilustra cómo se puede detectar la profundidad de un objeto o escena.

La figura 4 ilustra una máscara de código ejemplar 400 que utiliza tres niveles de escala de grises (por ejemplo, negro, blanco y un gris).

La figura 5 ilustra al menos dos procedimientos para el ajuste de energía lumínica recibida por un sensor receptor en un sistema de detección de profundidad activo utilizando luz estructurada.

La figura 6 ilustra al menos dos procedimientos para el ajuste de energía lumínica recibida por un sensor receptor en un sistema de detección de profundidad activo utilizando luz estructurada.

La figura 7 ilustra otro procedimiento para ajustar la energía lumínica recibida por un sensor receptor en un sistema de detección de profundidad activo utilizando luz estructurada.

La figura 8 ilustra un sistema ejemplar sensor de profundidad que utiliza luz estructurada, que se ajusta dinámicamente para diferentes coeficientes de reflectividad/absorción de las superficies de los objetos en una escena capturada.

La figura 9 ilustra cómo una palabra de código binaria se puede representar dentro de un portador modulado en su forma.

La figura 10 ilustra detalles adicionales de la micro-estructura del código utilizando una capa portadora y una capa de código.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la siguiente descripción, se dan detalles específicos para proporcionar una comprensión exhaustiva de los modos de realización. Sin embargo, se entenderá por un experto en la técnica que pueden llevarse a la práctica los modos de realización sin estos detalles específicos. Por ejemplo, pueden mostrarse circuitos en diagramas de bloques para evitar oscurecer los modos de realización con detalles innecesarios. En otros casos, pueden no mostrarse en detalle circuitos, estructuras y técnicas ya conocidos, para no oscurecer los modos de realización.

La expresión "ejemplar" se usa en el presente documento en el sentido de "que sirve como ejemplo, instancia o ilustración". No debe interpretarse necesariamente que cualquier implementación o realización descrita en el presente documento como "ejemplar" sea preferida o ventajosa con respecto a otras realizaciones. Asimismo, la expresión "modos de realización" no requiere que todas las realizaciones incluyan la característica, ventaja o modalidad de funcionamiento expuesta.

PANORAMA GENERAL

Se proporcionan técnicas para compensar los diferentes coeficientes de reflectividad/absorción de los objetos en una escena al realizar detección de profundidad activa utilizando luz estructurada. Se proporcionan varias características que se ajustan a, y compensan, dinámicamente, las variaciones en la reflectividad/absorción de los objetos en una escena capturada.

Una primera característica proporciona un sensor receptor que captura una imagen de una escena sobre la que se proyecta una máscara de código. Uno o más parámetros se determinan a partir de la imagen capturada. A continuación, una potencia de una fuente de luz, para una fuente de luz proyectada, se ajusta dinámicamente de acuerdo con los uno o más parámetros, para mejorar la decodificación de la máscara de código en una imagen capturada posteriormente. La información de profundidad para la escena puede entonces determinarse en base a la imagen capturada, en base a la máscara de código. En un ejemplo, la potencia de la fuente de luz se fija en una iluminación particular, mientras se ajusta un tiempo de exposición para el sensor receptor. En otro ejemplo, un tiempo de exposición para el sensor receptor se mantiene/conserva en un valor fijo mientras se ajusta la potencia de la fuente de luz.

Una segunda característica proporciona un sensor receptor que captura una pluralidad de imágenes, en dos o más tiempos (diferentes) de exposición, de una escena sobre la que se proyecta una máscara de código. Las dos o más, entre la pluralidad de imágenes, se combinan mediante la extracción de partes decodificables de la máscara de código de cada imagen, para generar una imagen combinada. La información de profundidad para la escena puede entonces determinarse en base a la imagen combinada y el uso de la máscara de código.

Una tercera característica provee el uso de dos sensores receptores, cada uno en un tiempo de exposición diferente, para capturar una escena u objeto. Un primer sensor receptor captura una primera imagen, en un primer tiempo de exposición, de una escena sobre la que se proyecta una máscara de código. Un segundo sensor receptor captura una segunda imagen, en un segundo tiempo de exposición, de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código. La primera y segunda imágenes se combinan entonces mediante la extracción de partes decodificables de la máscara de código de cada imagen, para generar una imagen combinada. La información de profundidad para la escena puede entonces determinarse en base a la imagen combinada y el uso de la máscara de código.

DETECCIÓN DE PROFUNDIDAD ACTIVA

La figura 1 ilustra un sistema de detección activa donde una escena tridimensional (3D) se construye a partir de imágenes o información bidimensionales (2D). Una o más opciones para compensar los diferentes coeficientes de reflectividad/absorción de los objetos en una escena cuando se realiza un sistema de detección de profundidad activo utilizando luz estructurada. Un codificador/modulador de forma 100 puede servir para generar una máscara de código que después es proyectada por un dispositivo transmisor 102 por un canal de transmisión 104. La máscara de código puede ser proyectada sobre un objetivo (por ejemplo, una escena u objeto) y la luz reflejada es capturada por un sensor receptor 105 como una imagen (por ejemplo, la imagen de la máscara de código). Esta imagen recibida puede ser decodificada 106 y utilizada para presentar, generar y/o proporcionar una versión tridimensional 110a a 100e del objetivo. La detección activa se basa en ser capaz de reconocer todos los códigos espaciales (es decir, palabras de código) de la máscara de código que se proyecta sobre el objetivo. Varias características y aspectos descritos en este documento pueden implementarse como parte del sistema y el(los) dispositivo(s) que se ilustran en el presente documento.

La figura 2 ilustra la detección activa, donde un patrón conocido se utiliza para iluminar una escena u objeto y obtener información de profundidad, con la cual generar información tridimensional a partir de imágenes y/o información bidimensionales. Aquí, un transmisor 202 proyecta un campo luminoso a través de una máscara de código 204 (por ejemplo, una imagen con códigos) para proyectar palabras de código sobre un objeto o escena 206. Un receptor 208 (por ejemplo, un sensor de cámara) captura la máscara de código proyectada 210 y las palabras de código en la misma. Este ejemplo ilustra cómo se proyecta una sección/parte/ventana 212 de la máscara de código 204 (como la sección/parte/ventana 214) sobre la superficie (por ejemplo, la sección/parte/ventana proyectada 216) del objeto o escena 206. La sección/parte/ventana proyectada 216 puede entonces ser capturada por el receptor 108 como un segmento capturado 218. La sección/parte/ventana 212 se puede utilizar como una palabra de código que puede ser identificada unívocamente. Por lo tanto, cubriendo la escena o el objeto 206 con palabras de código únicas de este modo, las secciones/partes de la escena o el objeto 206 pueden ser identificadas/etiquetadas y esta información se puede utilizar para la detección de la profundidad.

A partir de la imagen capturada por el receptor 208 (sensor de cámara), múltiples segmentos pueden ser identificados sobre la escena o el objeto 206. Cada segmento 218 puede ser identificado de forma unívoca en el receptor 108, y determinada su ubicación con respecto a otros segmentos, a partir del patrón conocido de la máscara codificada 204. La identificación de un código a partir de cada segmento/parte/ventana puede implicar la segmentación de patrones (por ejemplo, para hacer frente a la distorsión) y la decodificación del segmento/parte/ventana percibidos en un(os) código(s) correspondiente(s). Además, la triangulación se puede aplicar sobre cada segmento/parte/ventana capturados para determinar una orientación y/o una profundidad. Múltiples segmentos/partes/ventanas de ese tipo se pueden combinar para hilvanar conjuntamente un patrón de imagen capturada. De esta manera, un mapa de profundidad 207 se puede generar para la escena, objetivo u objeto 206.

La figura 3 ilustra cómo se puede detectar la profundidad de un objeto o escena. Aquí, un transmisor 302 está en el mismo plano de referencia de línea de base que el receptor 304. El transmisor proyecta una máscara de código 310 sobre una escena u objeto a través de una abertura o lente. Aquí, con fines de ilustración, un segmento/parte/ventana proyectados 312 (que representan una palabra de código) se muestran como parte de la máscara de código transmitida 310. Este segmento/parte/ventana de código 312 puede ser proyectado sobre una escena u objeto 306 a una primera distancia o a una segunda distancia. El receptor 304 captura la máscara de código proyectada 310 a través de una abertura del receptor. Se puede apreciar que, cuando la escena u objeto 306 está situado más cerca (por ejemplo, a una primera distancia desde el transmisor), el segmento proyectado 312 aparece a una distancia d_1 desde su ubicación inicial. Mientras tanto, cuando la escena u objeto 308 está situado más lejos (por ejemplo, a una segunda distancia desde el transmisor), el segmento/parte/ventana proyectado 312 aparece a una distancia d_2 desde su ubicación inicial (donde $d_2 < d_1$). Es decir, cuanto más lejos está un objeto del transmisor/receptor (por ejemplo, del transmisor 302 a la escena o el objeto 308), más cerca está el segmento/parte/ventana proyectado y recibido de su posición original en el receptor (por ejemplo, la proyección saliente y la proyección entrante son más paralelas). Por el contrario, cuanto más cerca está un objeto del transmisor/receptor (por ejemplo, del transmisor 302 a la escena u objeto 306), más alejado está el segmento/parte/ventana proyectado y recibido de su posición original en el receptor. Por lo tanto, la diferencia entre la posición de palabra de código recibida y la transmitida da la profundidad de la escena o del objeto. En un ejemplo, tal profundidad (por ejemplo, la profundidad relativa) puede proporcionar una profundidad para cada píxel o

subconjunto de píxeles agrupados (por ejemplo, las regiones de dos o más píxeles).

Varios tipos de esquemas de modulación y codificación han sido concebidos para generar una máscara de código. Estos esquemas de modulación y codificación incluyen la codificación temporal, la codificación espacial y la codificación directa.

La figura 4 ilustra una máscara de código ejemplar 400 que utiliza tres niveles de escala de grises (por ejemplo, negro, blanco y un gris). En este ejemplo, el negro se utiliza para un intervalo de guardia y el blanco/gris se utilizan para las franjas de código/referencia.

La imagen obtenida con un sensor receptor 208 (por ejemplo, una cámara) está formada por la luz incidente procedente de la reflexión de la fuente de luz en la escena. La intensidad de la luz incidente puede depender de: (a) las propiedades de reflectancia de las superficies en la escena, (b) la potencia de la luz que genera el patrón proyectado y/o (c) la luz ambiental. Si la luz incidente sobre el sensor de la cámara es demasiado fuerte, satura el sensor. Si es demasiado débil, el receptor 208 (por ejemplo, el sensor de la cámara) no captura las variaciones en la reflectividad de la escena. Incluso dentro de una escena, en función del tipo de superficies capturadas en una imagen, ambas situaciones (por ejemplo, luz capturada demasiado fuerte y demasiado débil) pueden ocurrir al mismo tiempo. Si no se incluye ningún ajuste para la potencia de la luz incidente en el sistema, es difícil capturar las variaciones en la iluminación del patrón proyectado (por ejemplo, la máscara de código) para una amplia gama de situaciones (diferentes luces ambientales, diferente potencia prefijada de la fuente de luz, diferentes tipos de superficie).

Se proporcionan varias soluciones en las que la energía lumínica recibida puede ser ajustada en base a (a) el tiempo de exposición del sensor de la cámara y/o (b) la potencia de la fuente de luz proyectada. Se miden uno o más parámetros (por ejemplo, la saturación de píxeles, los píxeles no decodificables, la media, la varianza y/o la entropía de la iluminación de píxeles, etc.) a partir de las una o más imágenes capturadas, obtenidas en un valor preestablecido, o un rango, de tiempos de exposición (por ejemplo, tiempos de obturador) y/o las potencias de fuentes de luz proyectadas (por ejemplo, intensidad de iluminación). El tiempo de exposición y/o la potencia de la fuente de luz proyectada entonces se ajustan en base a los uno o más parámetros, para capturar una imagen adicional para la escena.

PRIMERA SOLUCIÓN EJEMPLAR - AJUSTE DE LA ENERGÍA LUMÍNICA RECIBIDA

De acuerdo con una primera solución ejemplar, la energía lumínica recibida por un sensor de receptor/cámara se controla de acuerdo con ciertos parámetros medidos a partir de una imagen adquirida.

La figura 5 ilustra al menos dos procedimientos para el ajuste de la energía lumínica recibida por un sensor receptor en un sistema de detección de profundidad activo, utilizando luz estructurada. Estos procedimientos pueden ser implementados, por ejemplo, en uno o más componentes de los sistemas de detección activa de las figuras 2 y/u 8.

De acuerdo con un primer procedimiento (Procedimiento A), el tiempo de exposición de un sensor receptor (cámara) se ajusta para compensar la sobre-exposición y/o la sub-exposición de una imagen utilizada para la detección de profundidad activa. En este enfoque, el tiempo de exposición para el sensor receptor se ajusta mientras se mantiene fija la potencia de la fuente de luz.

Se obtiene un tiempo de exposición predefinido para el sensor receptor 502a. Una fuente de luz de proyección proyecta entonces al menos una parte de una máscara de código sobre una escena (por ejemplo, un objetivo) a capturar 504a. El sensor receptor, en el tiempo de exposición predefinido, a continuación, captura una imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código 506a.

Uno o más parámetros pueden entonces ser determinados a partir de la imagen capturada 508. Por ejemplo, los parámetros pueden incluir: (a) estadísticas relacionadas con la información, es decir, media, varianza y entropía de la iluminación de píxeles, (b) un número de píxeles saturados en el sensor receptor y/o (c) un número de píxeles en donde la máscara de código proyectado no pudo ser decodificada.

El tiempo de exposición para el receptor sensor puede entonces ser aumentado o disminuido de acuerdo con los uno o más parámetros 510a. Es decir, si los uno o más parámetros indican sobre-saturación de los píxeles del sensor receptor, a continuación, se disminuye la potencia de la fuente de luz. De lo contrario, si los uno o más parámetros indican sub-exposición de los píxeles del sensor receptor, entonces se aumenta la potencia de la fuente de luz.

La fuente de luz de proyección proyecta de nuevo, o sigue proyectando (por ejemplo, con su potencia original de la fuente de luz), al menos una parte de la máscara de código sobre la escena a capturar 512a. El sensor receptor captura ahora, en el tiempo de exposición ajustado, una nueva imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código 514a. La información de profundidad para la escena puede entonces determinarse a partir de la máscara de código en la nueva imagen 516.

De acuerdo con un segundo procedimiento (Procedimiento B), la potencia de la fuente de luz para un proyector (de la máscara de código) se ajusta para compensar la sub-iluminación y/o la sobre-iluminación en una imagen utilizada para la detección de profundidad activa. En este enfoque, el tiempo de exposición para el sensor receptor se mantiene fijo mientras se ajusta la potencia de la fuente de luz.

Se obtiene una potencia predefinida de fuente de luz para una fuente de luz 502b. La fuente de luz de proyección proyecta entonces al menos una parte de una máscara de código sobre una escena a capturar 504b. Un sensor receptor captura después una imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código 506b.

Uno o más parámetros pueden entonces ser determinados a partir de la imagen capturada 508. Por ejemplo, los parámetros pueden incluir: (a) estadísticas relacionadas con la información, es decir, media, varianza y entropía, (b) un número de píxeles saturados en el sensor receptor y/o (c) un número de píxeles donde la máscara de código proyectada no pudo ser decodificada.

La potencia de la fuente de luz se puede ajustar entonces (por ejemplo, aumentarse o disminuirse) de acuerdo con los uno o más parámetros 510b. Es decir, si los uno o más parámetros indican sobre-saturación de los píxeles del sensor receptor, entonces se disminuye la potencia de la fuente de luz. De lo contrario, si los uno o más parámetros indican sub-exposición de los píxeles del sensor receptor, entonces se aumenta la potencia de la fuente de luz.

La fuente de luz de proyección puede proyectar al menos una parte de la máscara de código sobre la escena a capturar 512b. El sensor receptor después captura una nueva imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código 514b. La información de profundidad de la escena puede entonces determinarse a partir de la máscara de código en la nueva imagen 516.

De acuerdo con diversas implementaciones, el tiempo de exposición del sensor receptor y/o la potencia de la fuente luminosa pueden ser ajustados, solos o en combinación. Por ejemplo, si el número de píxeles saturados del sensor receptor está por encima de un cierto umbral, el tiempo de exposición del sensor receptor se disminuye, o se reduce la potencia de la fuente de luz. En otro ejemplo, si el número de códigos negros medidos en la máscara de código en la imagen capturada está por encima de un cierto umbral, el tiempo de exposición del sensor receptor se aumenta y/o se aumenta la potencia de la fuente de luz.

De acuerdo con un enfoque alternativo, los uno o más parámetros se pueden obtener para más de una imagen (por ejemplo, adquiridos al mismo tiempo por múltiples sensores receptores o adquiridos en varios casos por el mismo sensor receptor). En un ejemplo, diferentes tiempos de exposición pueden ser usados en una pluralidad de diferentes sensores receptores (por ejemplo, cámaras).

De acuerdo con otro enfoque alternativo, las "regiones saturadas" o "regiones negras" pueden ser rastreadas entre las imágenes capturadas, y utilizar estas regiones solamente para la medición de los uno o más parámetros. Esta variación puede proporcionar algunas ventajas de cálculo en cuanto a que reduce las regiones de las que se obtienen parámetros.

En algunas implementaciones, un dispositivo receptor puede estar acoplado al sensor receptor y a una fuente de luz de proyección, para realizar el(los) procedimiento(s) ilustrado(s) en la figura 5. En tales implementaciones, el dispositivo receptor puede determinar los uno o más parámetros a partir de la imagen capturada. Después, puede hacer que la potencia de la fuente de luz, para la fuente de luz que se proyecta, se ajuste dinámicamente para mejorar la decodificación de la máscara de código en una imagen capturada posteriormente.

SEGUNDA SOLUCIÓN EJEMPLAR - AJUSTE DE RANGO DINÁMICO DEL RECEPTOR

De acuerdo con una segunda solución ejemplar, la energía lumínica recibida por un sensor de receptor/cámara se controla en base a ciertos parámetros, medidos a partir de una imagen adquirida en diferentes tiempos de exposición y combinados.

La figura 6 ilustra al menos dos procedimientos para el ajuste de energía lumínica recibida por un sensor receptor en un sistema de detección de profundidad activo utilizando luz estructurada. Estos procedimientos pueden ser implementados, por ejemplo, en uno o más componentes de los sistemas de detección activa de las figuras 2 y/u 8. Estos procedimientos son similares a los ilustrados en la figura 5, pero una pluralidad de imágenes es capturada inicialmente en diferentes tiempos de exposición y/o potencias de la fuente de luz. Las partes de dos o más entre la pluralidad de imágenes se pueden combinar de acuerdo con un algoritmo de alto rango dinámico (HDR). La imagen combinada puede extraer las partes de dos o más entre la pluralidad de imágenes, de las cuales pueden percibirse las palabras de código en la máscara de código proyectada (por ejemplo, de las cuales pueden reconocerse patrones en la máscara de código).

Según un tercer procedimiento (Procedimiento C), los tiempos de exposición de uno o más sensores receptores (cámara) se ajustan para compensar la sobre-exposición y/o la sub-exposición en una imagen utilizada para la

detección de profundidad activa. En este enfoque, los tiempos de exposición para el(los) sensor(es) receptor(es) se ajustan mientras se mantiene fija la potencia de la fuente de luz.

5 Se obtiene una pluralidad de tiempos de exposición predefinidos para el(los) sensor(es) receptor(es) 602a. Una fuente de luz de proyección proyecta entonces al menos una parte de una máscara de código sobre una escena a capturar 604a. El sensor receptor, en el tiempo de exposición predefinido, captura entonces una pluralidad de imágenes (por ejemplo, una para cada tiempo de exposición predefinido) de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código 606a.

10 Uno o más parámetros pueden entonces ser determinados para cada una de las imágenes capturadas 608. Por ejemplo, los parámetros pueden incluir: (a) estadísticas relacionadas con la información, es decir, media, varianza y entropía, (b) un número de píxeles saturados en el sensor receptor y/o (c) un número de píxeles donde la máscara de código proyectada no pudo ser decodificada.

15 Los ajustes del sensor receptor para la adquisición del conjunto de imágenes que participan en el algoritmo de alto rango dinámico (HDR) pueden ser cambiados dinámicamente en base a los uno o más parámetros. Por ejemplo, los tiempos de exposición de uno o más de los sensores receptores que se utilizan para cada adquisición de la imagen pueden, optativamente, ser ajustados de acuerdo con los parámetros medidos 612a. Dos o más de las imágenes capturadas pueden entonces ser combinadas (por ejemplo, de acuerdo con un algoritmo de HDR) mediante la extracción de partes decodificables de la máscara de código de cada imagen 614. La información de profundidad de la escena puede determinarse a partir de la máscara de código en la imagen combinada 616.

25 En una escena que incluye superficies de objetos de diferentes coeficientes de reflectividad/absorción, la combinación de imágenes tomadas en diferentes tiempos de exposición puede servir para capturar adecuadamente estos objetos, pero en diferentes tiempos de exposición para el sensor receptor. Por ejemplo, una primera imagen tomada con un primer tiempo de exposición puede capturar correctamente la máscara de código proyectada en algunos objetos de una escena, pero no lograr capturar correctamente la máscara de código proyectada sobre otros objetos de la misma escena. Una segunda imagen tomada por el sensor receptor (o un sensor receptor diferente) en un segundo tiempo de exposición puede capturar correctamente la máscara de código proyectada sobre los otros objetos de la misma escena. Por lo tanto, mediante la combinación de partes de dos o más imágenes tomadas en diferentes tiempos de exposición, puede obtenerse una imagen combinada formada por las partes decodificables de la máscara de código tomada desde las dos o más imágenes.

35 De acuerdo con un cuarto procedimiento (Procedimiento D), el control de potencia de la fuente de luz de uno o más sensores receptores (cámara) se ajusta para compensar la sobre-exposición y/o la sub-exposición de una imagen utilizada para la detección de profundidad activa. Este enfoque es en gran parte el mismo que el Procedimiento C, pero, en el paso 612b, se ajusta la potencia de la fuente de luz (en vez de los tiempos de exposición) de acuerdo con los uno o más parámetros.

40 **TERCERA SOLUCIÓN EJEMPLAR - AJUSTE SELECTIVO DE POTENCIA DE LA FUENTE DE LUZ**

45 De acuerdo con una tercera solución ejemplar, la potencia de la fuente de luz es controlada localmente/selectivamente entre diferentes regiones para adaptarse a los diferentes coeficientes de reflectividad/absorción de las superficies en la escena. Es decir, la fuente de luz puede incluir una pluralidad de elementos lumínicos que pueden ser controlados de forma independiente de manera que diferentes regiones de la escena puedan ser iluminadas de manera diferente en función de la reflectividad/absorción de las superficies en la escena. En consecuencia, la intensidad de la luz en cada región de la escena se puede ajustar de acuerdo con los coeficientes de reflectividad/absorción de las superficies de los objetos en cada una de tales regiones de la escena.

50 La figura 7 ilustra otro procedimiento para ajustar la energía lumínica recibida por un sensor receptor en un sistema de detección de profundidad activo utilizando luz estructurada. Este procedimiento puede ser implementado, por ejemplo, en uno o más componentes de los sistemas de detección activa de las figuras 2 y/u 8. Un primer ejemplo (Procedimiento E) supone que la fuente de luz de proyección se compone de una pluralidad de elementos de luz (por ejemplo, diodos emisores de luz dispuestos en una configuración matricial, etc.) cuya intensidad puede ser controlada individualmente. Un segundo ejemplo (Procedimiento F) supone que una pluralidad de obturadores de sensores receptores puede controlarse individualmente para ajustar la cantidad de luz que recibe cada sensor receptor correspondiente.

60 Se obtiene una potencia uniforme (predefinida) de fuente de luz para la fuente de luz de proyección 702. Según el primer procedimiento ejemplar (Procedimiento E), la fuente de luz de proyección comprende una pluralidad de elementos de luz y proyecta al menos una parte de una máscara de código, usando la potencia uniforme de la fuente de luz, sobre una escena a capturar 704a. De acuerdo con el segundo procedimiento (Procedimiento F), la fuente de luz de proyección proyecta por lo menos una parte de una máscara de código, utilizando la potencia uniforme de la fuente de luz, sobre una escena a capturar 704b. Un sensor receptor captura después una imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código 706.

Uno o más parámetros pueden entonces ser determinados para cada una entre la pluralidad de regiones dentro de la imagen capturada 708. Tales regiones pueden corresponder a un área cubierta por un único elemento de luz o un sub-conjunto de elementos de luz. Tales elementos de luz pueden proporcionar haces de luz sumamente paralelizados, por ejemplo, de tal manera que haya un mínimo cruce entre los elementos de luz. Los parámetros obtenidos pueden incluir: (a) estadísticas relacionadas con la información, es decir, media, varianza y entropía, (b) un número de píxeles saturados en el sensor receptor y/o (c) un número de píxeles donde la máscara de código proyectada no pudo ser decodificada.

De acuerdo con el primer ejemplo (Procedimiento E), cada elemento de la potencia de la fuente de luz puede entonces ser ajustado/controlado individualmente (por ejemplo, aumentado o disminuido) en base a los correspondientes uno o más parámetros 710a. Es decir, si los uno o más parámetros indican sobre-saturación de los píxeles del sensor receptor, correspondientes a una primera región, entonces la potencia de la fuente de luz para el elemento de luz correspondiente se reduce. Del mismo modo, si los uno o más parámetros indican la sub-exposición de los píxeles del sensor receptor para una segunda región, se aumenta la potencia de la fuente de luz para el elemento de luz correspondiente. Después de ajustar/controlar individualmente cada potencia de elemento de luz, la máscara de código puede ser proyectada nuevamente por la fuente de luz de proyección 712a.

De acuerdo con el segundo ejemplo alternativo (Procedimiento F), al menos una parte de la máscara de código puede ser proyectada sobre una pluralidad de diferentes regiones de la escena a capturar, utilizando la fuente de luz de proyección en la potencia uniforme de la fuente de luz 710b.

Una pluralidad de obturadores de sensores receptores puede ser controlada de forma individual en base a los correspondientes uno o más parámetros para ajustar la luz capturada por el sensor receptor 712b. Esto puede permitir la variación de la cantidad de luz capturada por el(los) sensor(es) receptor(es) para cada una entre la pluralidad de regiones.

El sensor receptor puede entonces capturar una nueva imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código 714. La información de profundidad puede entonces determinarse para la escena a partir de la máscara de código en la nueva imagen 716.

Estos enfoques se adaptan a variaciones en la intensidad de la luz incidente, para el caso donde materiales de reflectancia muy diferente son parte de la misma escena. En el Procedimiento E, ya que la intensidad/potencia de cada elemento de luz de la fuente de luz de proyección se controla individualmente, las regiones individuales de una escena pueden ser iluminadas con diferentes intensidades de luz al mismo tiempo. Esto proporciona una mejor granularidad en el ajuste de la luz proyectada (y el consumo de energía) para los requisitos particulares de la escena. El HDR puede lograrse sin necesidad de combinar varias imágenes; en consecuencia, son posibles mayores velocidades de fotogramas. De manera similar, en lugar de ajustar la potencia/intensidad de la luz proyectada, en el Procedimiento F la cantidad de luz recibida por el(los) sensor(es) receptor(es) se puede ajustar mediante el control individual de una pluralidad de obturadores receptores. Esto permite reducir la cantidad de luz recibida en algunas regiones y/o aumentar la cantidad de luz recibida en otras regiones.

SISTEMA EJEMPLAR DE DETECCIÓN DE PROFUNDIDAD

La figura 8 ilustra un sistema ejemplar de detección de profundidad 800 que utiliza luz estructurada que se ajusta dinámicamente para diferentes coeficientes de reflectividad/absorción de las superficies de objetos en una escena capturada. Un dispositivo de proyección de máscaras de código 808 puede servir para proyectar una máscara de código (por ejemplo, utilizando una fuente de luz) sobre una escena 802 de interés. Un sensor receptor 806 (por ejemplo, una cámara) captura la luz incidente procedente del reflejo de la fuente de luz sobre la escena 802, para obtener una imagen que incluye al menos una parte de la máscara de código, tal como es reflejada por la escena 802. Un dispositivo de detección activa de profundidad 804 puede estar acoplado al dispositivo de proyección de la luz (fuente de luz) 808 y/o al receptor sensor 806, y puede estar configurado para ajustar dinámicamente el tiempo de exposición para el sensor receptor 806 y/o la potencia de la fuente de luz para el dispositivo de proyección 808. El dispositivo sensor de profundidad activo 804 puede incluir un circuito de procesamiento 805 y/o un dispositivo de almacenamiento 809. El circuito de procesamiento 805 puede incluir o implementar un módulo/circuito de cálculo de parámetros 810, un módulo/circuito de ajuste del tiempo de exposición 812, un módulo/circuito de ajuste de potencia de la luz 814 y/o un módulo/circuito de cálculo de profundidad 816. Estos módulos/circuitos pueden estar adaptados para realizar una o más funciones descritas y/o ilustradas en las figuras 3, 5, 6 y/o 7. El dispositivo de almacenamiento 809 puede servir, por ejemplo, para almacenar uno o más parámetros de ajuste para el sensor receptor 806 y/o el dispositivo de proyección de máscaras de código 808.

El módulo/circuito de cálculo de parámetros 810 puede incluir una interfaz de entrada a través de la cual puede recibir una o más imágenes capturadas (por ejemplo, imágenes de una escena o un objeto con una máscara de código proyectada sobre el mismo) desde el sensor receptor 806. El módulo/circuito de cálculo de parámetros 810 también puede incluir uno o más circuitos de procesamiento de imágenes que determinan la saturación absoluta o relativa de píxeles, los píxeles no decodificables, la media, varianza y/o entropía de la iluminación de píxeles, etc., para cada una de las una o más imágenes capturadas recibidas. Estos uno o más parámetros se pueden calcular

para toda la imagen y/o para las regiones (por ejemplo, sectores, píxeles) de cada imagen. Estos uno o más parámetros pueden servir como entradas para el módulo/circuito de ajuste de tiempo de exposición 812 y/o el módulo/circuito de ajuste de potencia de la luz 814.

5 El módulo/circuito de ajuste del tiempo de exposición 812 puede utilizar los uno o más parámetros para determinar si debería o no ser ajustado un tiempo de exposición para el sensor receptor 806, y cómo debería ser ajustado. Por ejemplo, si los uno o más parámetros indican que un porcentaje de píxeles mayor que un porcentaje de umbral están sobre-saturados (es decir, demasiada iluminación), entonces el módulo/circuito de ajuste del tiempo de exposición 812 reduce el tiempo de obturación para el sensor receptor 806. A la inversa, si los uno o más parámetros indican que un porcentaje de píxeles mayor que un porcentaje de umbral están sub-expuestos (es decir, demasiado poca iluminación), entonces el módulo/circuito de ajuste del tiempo de exposición 812 aumenta el tiempo de obturación para el sensor receptor 806. De manera similar, otros umbrales para píxeles no decodificables, la media, varianza y/o entropía de iluminación de píxeles, etc., pueden ser utilizados para determinar si y/o cómo debería ajustarse el sensor receptor. El módulo/circuito de ajuste del tiempo de exposición 812 puede incluir una interfaz de salida que le permita comunicar tales ajustes al sensor receptor 806.

El módulo/circuito de ajuste de potencia de la luz 814 puede utilizar los uno o más parámetros para determinar si una potencia de iluminación para el dispositivo de proyección de máscaras de código 808 debería o no ser ajustada, y cómo debería ser ajustada. Por ejemplo, si los uno o más parámetros indican que un porcentaje de píxeles mayor que un porcentaje de umbral están sobre-saturados (es decir, demasiada iluminación), entonces el módulo/circuito de ajuste de potencia de la luz 814 reduce la potencia (de iluminación) de la fuente de luz para el dispositivo de proyección 808. Por el contrario, si los uno o más parámetros indican que un porcentaje de píxeles mayor que un porcentaje de umbral están sub-expuestos (es decir, demasiado poca iluminación), entonces el módulo/circuito de ajuste de potencia de la luz 814 aumenta la potencia (de iluminación) de la fuente de luz para el dispositivo de proyección 808. De manera similar, otros umbrales de los píxeles no decodificables, la media, varianza y/o entropía de iluminación de píxeles, etc., pueden ser utilizados para determinar si y/o cómo se debería ajustar el sensor receptor. El módulo/circuito de ajuste de potencia de la luz 814 puede incluir una interfaz de salida que le permita comunicar tales ajustes al sensor receptor 806.

30 El módulo/circuito de cálculo de profundidad 816 puede usar una máscara de código que se proyecta sobre una escena u objeto en una o más imágenes capturadas (por ejemplo, imágenes de una escena u objeto con una máscara de código proyectada sobre el mismo) desde el sensor receptor 806 para determinar una profundidad. El módulo/circuito de cálculo de profundidad 816 puede realizar uno o más cálculos, como se ilustra en las figuras 2 y 3, por ejemplo, para determinar una profundidad para diferentes regiones o grupos de píxeles de una imagen. Esta información de profundidad de la imagen puede entonces ser almacenada junto con la imagen.

Según otra característica alternativa, un primer dispositivo receptor puede ser usado para controlar la potencia de la luz y un segundo dispositivo receptor independiente se puede utilizar para capturar la imagen desde la que se obtiene un mapa de profundidad. Por ejemplo, el primer dispositivo receptor puede ser un sensor de resolución más baja (con respecto al segundo dispositivo receptor) que funciona a una velocidad de fotogramas aumentada/superior.

En algunas implementaciones, el dispositivo de proyección de máscaras de código 808 puede proyectar la máscara de código en un espectro de luz no visible por los seres humanos (por ejemplo, infrarrojos). Por ejemplo, un primer receptor se puede utilizar para capturar la máscara de código proyectada sobre una escena o un objeto, mientras que un segundo receptor puede ser usado para capturar una imagen de la escena u objeto sin la máscara de código.

En algunas implementaciones, el sistema de detección de profundidad 800 puede ser considerado un sistema de retroalimentación donde, tras la proyección de la máscara de código, el reflejo de la máscara de código (o parte de la misma) es capturado como una imagen por el sensor receptor 806, que puede ajustar la potencia de la fuente de luz de proyección para el dispositivo de proyección 808. Por lo tanto, una proyección inicial de la máscara de código puede servir como retroalimentación para ajustar el sistema de detección de profundidad 800, de modo que las palabras de código en la máscara de código proyectada y reflejada puedan determinarse correctamente. Si la imagen inicial capturada por el sensor receptor 806 tiene parámetros que indican saturación (por ejemplo, potencia de la luz demasiado fuerte para el sensor receptor), entonces el módulo/circuito de ajuste de potencia de la luz 814 puede reducir la potencia de la fuente de luz de proyección del dispositivo de proyección 808. De manera similar, si la imagen inicial capturada por el sensor receptor 806 tiene parámetros que indican sub-exposición (por ejemplo, potencia de la luz demasiado débil para el sensor receptor), entonces el módulo/circuito de ajuste de potencia de la luz 814 puede aumentar la potencia de la fuente de luz de proyección del dispositivo de proyección 808. Este proceso puede repetirse varias veces hasta que se consiga una potencia de luz de proyección aceptable, que dé como resultado que los parámetros de una imagen capturada estén dentro de un rango o umbral. En un ejemplo, el proceso de retroalimentación puede ser iterativo, utilizando pasos incrementales (por ejemplo, etapas de ajuste fijas o variables) para aumentar/disminuir la potencia de luz de proyección del dispositivo de proyección 808. En otro ejemplo, los parámetros obtenidos para una imagen inicial (anterior) capturada pueden servir para calcular o estimar un ajuste de potencia particular, que después se utiliza para ajustar el dispositivo de proyección 808.

En implementaciones alternativas, este sistema de retroalimentación puede servir para ajustar un tiempo de exposición para el sensor receptor 806. Es decir, en lugar de ajustar la potencia de la luz de proyección, el sensor receptor 806 puede ajustar su propio tiempo de exposición de obturador, aumentando el tiempo de disparo si se determina una sub-exposición a partir de una imagen capturada inicial, o disminuyendo un tiempo de obturación si se determina una sobre-exposición (saturación) a partir de una imagen capturada inicial. Esto puede ser un proceso iterativo en el que el tiempo de exposición del obturador se puede ajustar incrementalmente en un tamaño de paso fijo/variable, o en base a una estimación determinada a partir de los parámetros de una imagen capturada.

Determinación de parámetros para imágenes capturadas

En las figuras 5, 6 y/o 7, con el fin de ajustar el sensor receptor y/o la fuente de luz de proyección, la(s) imagen(es) capturada(s) se procesa(n) para determinar si la máscara de código (y las palabras de código en la misma) son o no decodificables en la imagen capturada. Un ejemplo de una máscara de código se ilustra en la figura 4. Las figuras 9 y 10 ilustran adicionalmente cómo las palabras de código se definen dentro de máscaras de código.

La figura 9 ilustra cómo una palabra de código binaria 902 puede estar representada dentro de un portador modulado en su forma 904. La portadora modulada 904 puede incluir franjas de código/referencia 906 (por ejemplo, franjas activas) e intervalos de guardia 908. La capa portadora 902 puede estar definida por una anchura w_1 de franja activa y un intervalo de guardia w_2 . La anchura de franja activa w_1 puede ser determinada por requisitos de potencia en el transmisor. El intervalo de guardia w_2 puede ser determinado por la Función de Dispersión de Puntos (PSF) del transmisor/receptor. En este caso, se utiliza un sistema de escala de grises de tres estados para representar la guardia, "0" y "1", donde la razón entre los niveles "0" y "1" puede ser del 50 %.

La figura 10 ilustra detalles adicionales de la micro-estructura de código 1002 usando una capa portadora y una capa de código. En este ejemplo, el tamaño de la máscara de código puede ser $n_1 \times n_2$, donde $n_1 = 7$ (vertical), $n_2 = 585$ (horizontal), de manera que sea posible un total de 4.095 palabras de código únicas. Son posibles libros de códigos más pequeños mediante el uso de un subconjunto de estas palabras de código. Pueden ser deseables libros de códigos más pequeños, en cuanto a que reducen el número de comparaciones que se deben realizar para determinar si se encuentra o no una coincidencia de palabra de código. Esto es, una máscara de código recibida/capturada puede ser comparada con el libro de códigos utilizado para determinar cada palabra de código en el mismo. Tal comparación puede implicar aparear una región de la máscara de código recibida/capturada con cada palabra de código definida en el libro de códigos, para determinar una coincidencia (por ejemplo, o la coincidencia más cercana). En consecuencia, la reducción del tamaño del libro de códigos (por ejemplo, usando un pequeño número de palabras de código) reduce el número de comparaciones necesarias para encontrar una coincidencia de palabra de código y reduce los recursos de procesamiento y/o el tiempo para encontrar coincidencias de palabras de código para la máscara de código recibida/capturada.

El tamaño de una ventana de máscara de código (por ejemplo, una ventana de tamaño $k_1 \times k_2$), utilizada para una palabra de código, puede ser dependiente del mínimo objeto detectable buscado. Por ejemplo, la ventana de máscara de código puede ser una ventana de símbolos de tamaño $k_1 \times k_2 = 3 \times 4$. Por lo tanto, el tamaño de la ventana está definido por el tamaño mínimo de objeto detectable (por ejemplo, objeto o característica detectable) y la distancia a la que ocurre tal detección de objetos. Además, la resolución de profundidad puede ser igual a la separación de portadoras. El intervalo de guardia es una contramedida contra la propagación desconocida. Los parámetros seleccionados pueden proporcionar un equilibrio entre la resolución y la detección.

Dado que se conoce la máscara de código proyectada sobre una escena para generar una imagen en particular, esto se puede utilizar para obtener un error cuadrático medio, la distancia de Hamming, y/u otras métricas/parámetros que puedan servir para indicar cómo ajustar el tiempo de exposición y/o la potencia de la fuente de luz.

En algunas implementaciones, la cuidadosa selección de palabras de código también puede servir para llevar a cabo la corrección de errores de palabras de código capturadas en una imagen.

Uno o más de los componentes, etapas, características y/o funciones que se ilustran en las figuras pueden reorganizarse y/o combinarse en un único componente, etapa, característica o función, o constituirse en varios componentes, etapas o funciones. También pueden añadirse elementos, componentes, etapas y/o funciones adicionales sin apartarse de las características novedosas divulgadas en el presente documento. Los aparatos, dispositivos y/o componentes ilustrados en las figuras pueden configurarse para realizar uno o más de los procedimientos, características o etapas que se describen en las figuras. Los novedosos algoritmos descritos en el presente documento también pueden implementarse eficazmente en software y/o integrarse en hardware.

Además, debe observarse que los modos de realización pueden describirse como un proceso que se representa como un gráfico de flujo, un diagrama de flujo, un diagrama estructural o un diagrama de bloques. Aunque un gráfico de flujo puede describir las operaciones como un proceso secuencial, muchas de las operaciones pueden realizarse en paralelo o simultáneamente. Además, el orden de las operaciones puede reorganizarse. Un proceso se termina

cuando sus operaciones se completan. Un proceso puede corresponder a un procedimiento, una función, un procedimiento, una subrutina, un subprograma, etc. Cuando un proceso corresponde a una función, su finalización corresponde al retorno de la función a la función de llamada o a la función principal.

5 Además, un medio de almacenamiento puede representar uno o más dispositivos para almacenar datos, incluyendo memoria de sólo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), medios de almacenamiento de disco magnético, medios de almacenamiento óptico, dispositivos de memoria flash y/u otros medios legibles a máquina, medios legibles por procesador, y/o medios legibles por ordenador para almacenar información. Las expresiones "medio legible a máquina", "medio legible por ordenador", y/o "medio legible por procesador" pueden incluir, pero sin limitación, medios no transitorios, tales como dispositivos de almacenamiento fijos y extraíbles, dispositivos de almacenamiento ópticos, y diversos medios diferentes capaces de almacenar, contener o portar instrucciones y/o datos. Por lo tanto, los diversos procedimientos descritos en el presente documento pueden ser implementados, parcial o completamente, por instrucciones y/o datos que pueden almacenarse en un "medio legible a máquina", un "medio legible por ordenador" y/o un "medio legible por procesador" y ejecutarse mediante uno o más procesadores, máquinas y/o dispositivos.

Además, los modos de realización pueden implementarse en hardware, software, firmware, middleware, micro-código o cualquier combinación de los mismos. Al implementarse en software, firmware, middleware o micro-código, el código de programa o los segmentos de código para realizar las tareas necesarias pueden almacenarse en un medio legible por máquina, tal como un medio de almacenamiento u otro(s) almacenamiento(s). Un procesador puede realizar las tareas necesarias. Un segmento de código puede representar un procedimiento, una función, un subprograma, un programa, una rutina, una subrutina, un módulo, un paquete de software, una clase o cualquier combinación de instrucciones, estructuras de datos o sentencias de programa. Un segmento de código puede acoplarse a otro segmento de código o a un circuito de hardware pasando y/o recibiendo información, datos, argumentos, parámetros o contenidos de memoria. La información, los argumentos, los parámetros, los datos, etc. se puede pasar, remitir o transmitir mediante cualquier medio adecuado, incluyendo la compartición de memoria, el paso de mensajes, el paso de testigos, la transmisión por red, etc.

Los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos, elementos y/o componentes ilustrativos descritos en relación con los ejemplos divulgados en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador de propósito general, con un procesador de señales digitales (DSP), con un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), con una formación de compuertas programables en el terreno (FPGA) o con otro componente de lógica programable, lógica de transistor o de compuertas discretas, componentes de hardware discretos, o con cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, micro-controlador o máquina de estados convencional. Un procesador también puede implementarse como una combinación de componentes informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, varios microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

Los procedimientos o algoritmos descritos en relación con los ejemplos divulgados en el presente documento pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutable por un procesador, o en una combinación de ambos, en forma de unidad de procesamiento, instrucciones de programación, u otras instrucciones, y pueden estar contenidos en un único dispositivo o distribuirse entre múltiples dispositivos. Un módulo de software puede residir en memoria RAM, memoria flash, memoria ROM, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocida en la técnica. Un medio de almacenamiento puede estar acoplado al procesador de manera que el procesador pueda leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador.

Los expertos en la técnica apreciarán además que los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y etapas de algoritmo ilustrativos descritos en relación con las realizaciones divulgadas en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, anteriormente se han descrito diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y etapas ilustrativos en lo que respecta generalmente a su funcionalidad. Si tal funcionalidad se implementa como hardware o software depende de la aplicación particular y de las limitaciones de diseño impuestas sobre todo el sistema.

Las diversas características de la invención descritas en el presente documento pueden implementarse en diferentes sistemas sin apartarse de la invención. Cabe apreciarse que las realizaciones anteriores son simplemente ejemplos y no han de interpretarse como limitantes de la invención. La descripción de las realizaciones pretende ser ilustrativa, y no limitar el alcance de las reivindicaciones. Como tal, las presentes enseñanzas pueden aplicarse fácilmente a otros tipos de aparatos, y muchas alternativas, modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica.

65

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para compensar las diferencias en la reflectividad superficial en un sistema de detección de profundidad activo mediante luz estructurada, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 obtener (506a, 514a, 606a), a partir de uno o más sensores receptores (105, 208, 304, 806), una pluralidad de imágenes de una escena (206, 308, 802) sobre la que una máscara de código (204, 310, 400) se proyecta (504a, 604a) utilizando una fuente de luz (102, 202, 302, 808), comprendiendo la máscara de código una pluralidad de partes únicas de código espacial, en el que la pluralidad de
 - 10 imágenes es capturada por los uno o más sensores receptores utilizando dos o más tiempos de exposición; y
 - combinar (614) la pluralidad de imágenes mediante la extracción de partes decodificables de la máscara de código de cada imagen entre la pluralidad de imágenes, para generar una imagen combinada.
- 15 2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
 - determinar (516, 616) información de profundidad (207) para la escena en base a la imagen combinada y al uso de la máscara de código.
- 20 3. El procedimiento de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la pluralidad de imágenes es capturada por un sensor receptor utilizando dos o más tiempos de exposición.
4. El procedimiento de la reivindicación 3, que comprende:
 - 25 la determinación (508, 608) de uno o más parámetros a partir de la pluralidad de imágenes;
 - la reducción (510a, 612a) del tiempo de exposición para el sensor receptor, en base a un primer parámetro, de los uno o más parámetros, que supera un primer umbral; y
 - el aumento (510a, 612a) del tiempo de exposición para el sensor receptor, en base a un segundo parámetro, de los uno o más parámetros, que supera un segundo umbral.
- 30 5. El procedimiento de la reivindicación 3, que comprende:
 - obtener, desde el sensor receptor, una primera imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código, utilizando la primera imagen capturada un primer tiempo de exposición; y
 - 35 obtener, desde el sensor receptor, una segunda imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código, utilizando la segunda imagen capturada un segundo tiempo de exposición,

en el que el segundo tiempo de exposición se selecciona para reducir la sobre-exposición detectada en la primera imagen, o para reducir la sub-exposición detectada en la primera imagen.
- 40 6. El procedimiento de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que una primera imagen, entre la pluralidad de imágenes de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código, se obtiene de un primer sensor receptor, capturada utilizando un primer tiempo de exposición,
 - 45 en el que una segunda imagen, entre la pluralidad de imágenes de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código, se obtiene de un segundo sensor receptor, capturada utilizando un segundo tiempo de exposición,
 - en el que la combinación de la pluralidad de imágenes para generar una imagen combinada comprende combinar la primera imagen y la segunda imagen, mediante la extracción de partes decodificables de la máscara de código de la primera imagen y de la segunda imagen.
- 50 7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la primera imagen y la segunda imagen son capturadas simultáneamente.
- 55 8. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que un nivel de iluminación de la máscara de código es el mismo durante la captura de la primera imagen y de la segunda imagen.
9. Un dispositivo (804) adaptado para compensar las diferencias de reflectividad superficial en un sistema de detección de profundidad activa, utilizando luz estructurada, comprendiendo el dispositivo:
 - 60 medios para proyectar una máscara de código (204, 310, 400) que comprende una pluralidad de partes únicas de código espacial, por lo que dichos medios para proyectar comprenden una fuente de luz (102, 202, 302, 808); y
 - 65 medios para capturar (506a, 514a, 606a) una pluralidad de imágenes de una escena (206, 308, 802) sobre la que se proyecta (504a, 604a) dicha máscara de código (204, 310, 400), estando dichos medios para la captura dispuestos para capturar dicha pluralidad de imágenes usando dos o más tiempos de

- exposición diferentes;
y
medios para combinar (614) dicha pluralidad de imágenes mediante la extracción de partes decodificables de dicha máscara de código de cada imagen entre dicha pluralidad de imágenes, para generar una imagen combinada;
medios (816) para determinar la información de profundidad.
- 5
10. El dispositivo de la reivindicación 9, que comprende:
- 10 medios (816) para determinar (516, 616) la información de profundidad de la escena en base a la imagen combinada y al uso de la máscara de código.
11. El dispositivo de la reivindicación 9, que comprende:
- 15 medios (810) para determinar (508, 608) uno o más parámetros a partir de la pluralidad de imágenes, en el que los uno o más parámetros incluyen la media de la iluminación de píxeles, la varianza de la iluminación de píxeles, entropía de iluminación de píxeles, un número de píxeles saturados, un número de píxeles sobre-saturados, un número de píxeles sub-expuestos, un número de píxeles en los que la máscara de código no es decodificable, o una combinación de los mismos; y
20 medios (812) para ajustar dinámicamente (510a, 612a) el tiempo de exposición para los medios, para la captura en base a los uno o más parámetros.
12. El dispositivo de la reivindicación 9, que comprende medios para la captura:
- 25 utilizando un primer tiempo de exposición, de una primera imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código; y
- 30 utilizando un segundo tiempo de exposición, de una segunda imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código,
- en el que el segundo tiempo de exposición se selecciona para reducir la sobre-exposición detectada en la primera imagen, o para reducir la sub-exposición detectada en la primera imagen.
13. El dispositivo de la reivindicación 9 o la reivindicación 10, que comprende:
- 35 medios para capturar una primera imagen de una escena sobre la que se proyecta la máscara de código usando la fuente de luz, en el que la primera imagen se captura usando un primer tiempo de exposición; y
- 40 medios para capturar una segunda imagen de la escena sobre la que se proyecta la máscara de código usando la fuente de luz, en el que la segunda imagen se captura usando un segundo tiempo de exposición,
- 45 en el que la combinación de la pluralidad de imágenes para generar una imagen combinada comprende combinar la primera imagen y la segunda imagen mediante la extracción de partes decodificables de la máscara de código de la primera imagen y de la segunda imagen.
14. El dispositivo de la reivindicación 13, en el que:
- 50 la primera imagen y la segunda imagen son capturadas simultáneamente, o un nivel de iluminación de la máscara de código es el mismo durante la captura de la primera imagen y de la segunda imagen.
15. Un medio de almacenamiento legible por procesador que tiene una o más instrucciones para compensar las diferencias en la reflectividad superficial en un sistema de detección de profundidad activo, utilizando luz estructurada, en el que las una o más instrucciones, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores, hacen que los uno o más procesadores lleven a cabo un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
- 55

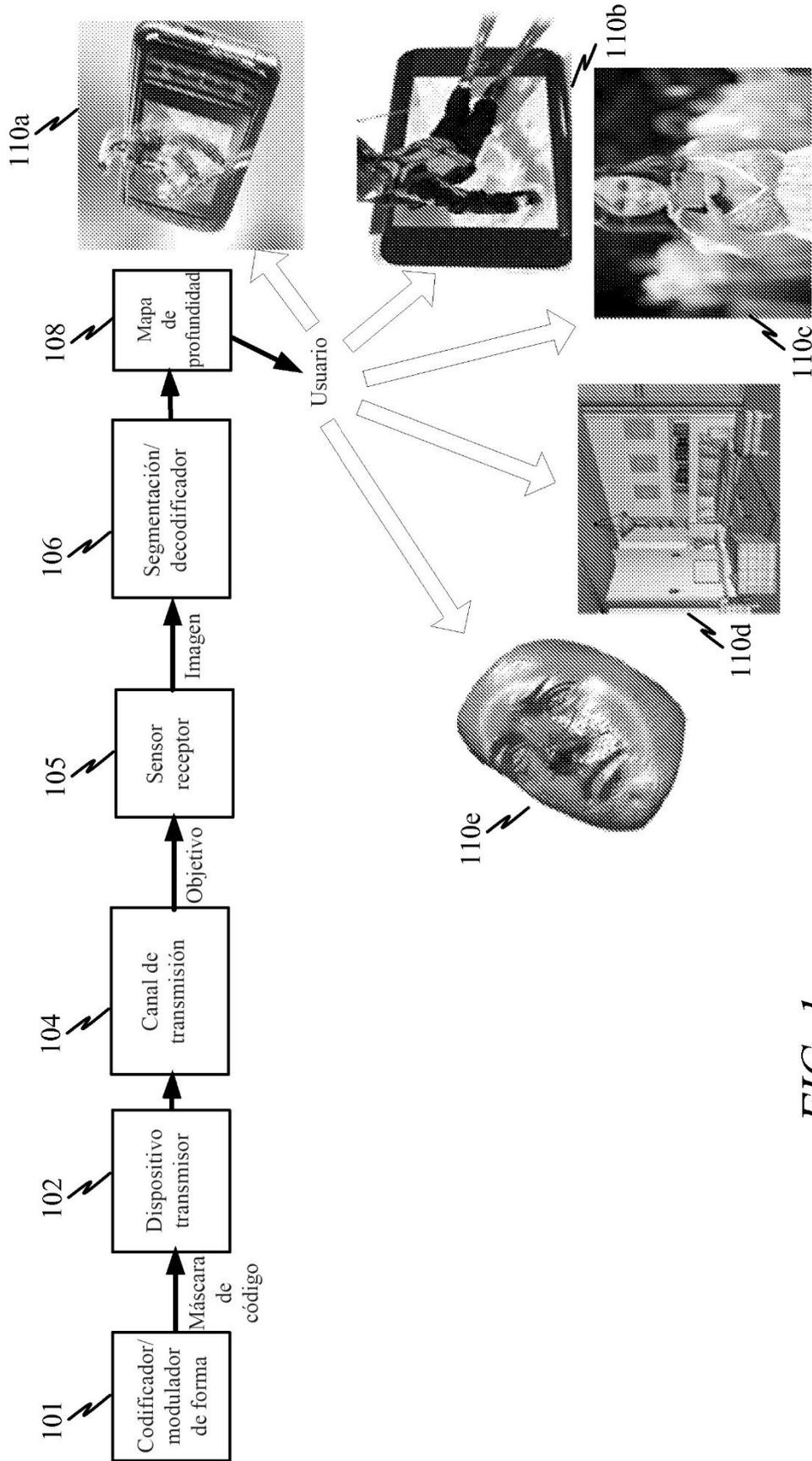


FIG. 1

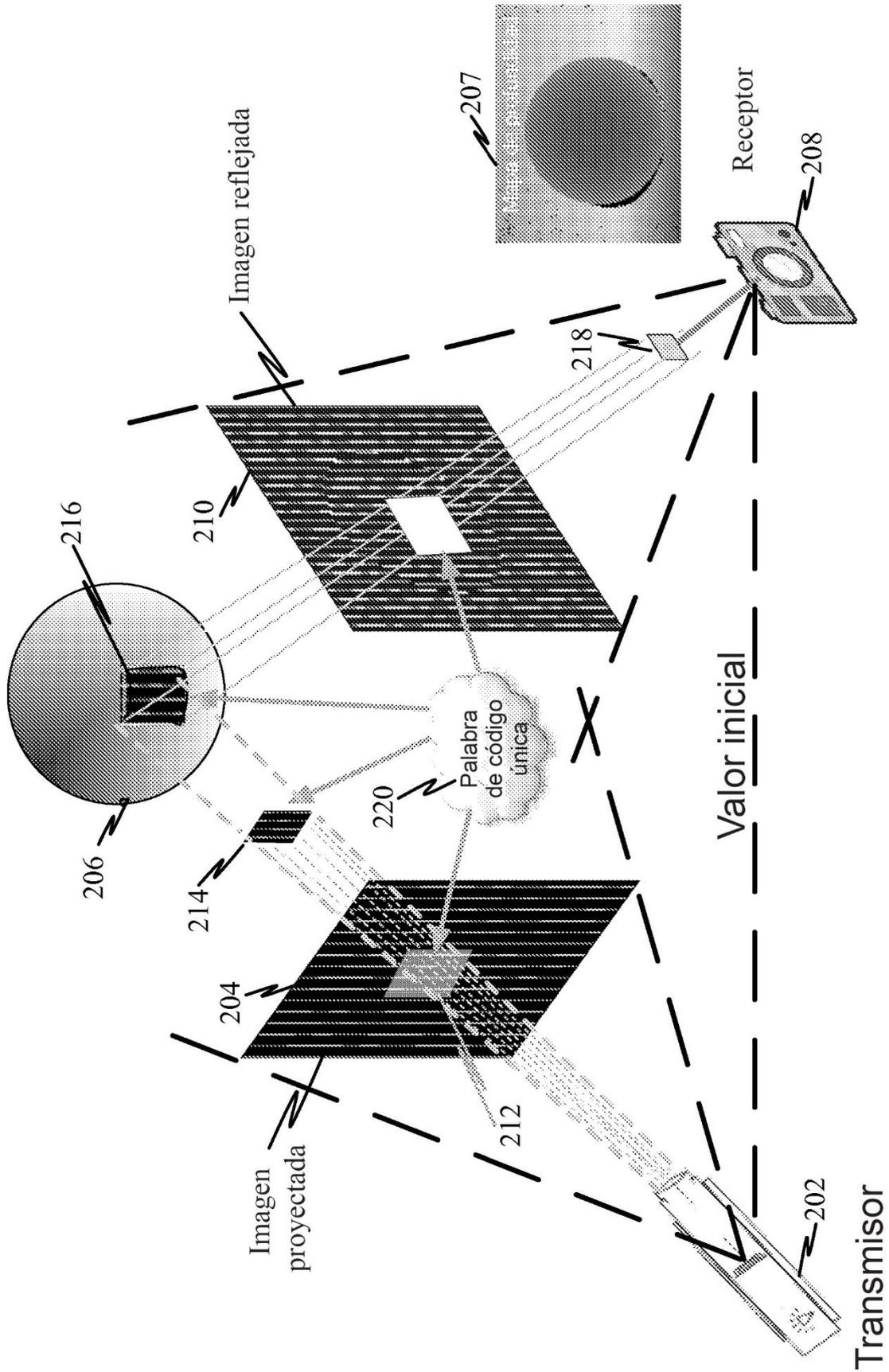


FIG. 2

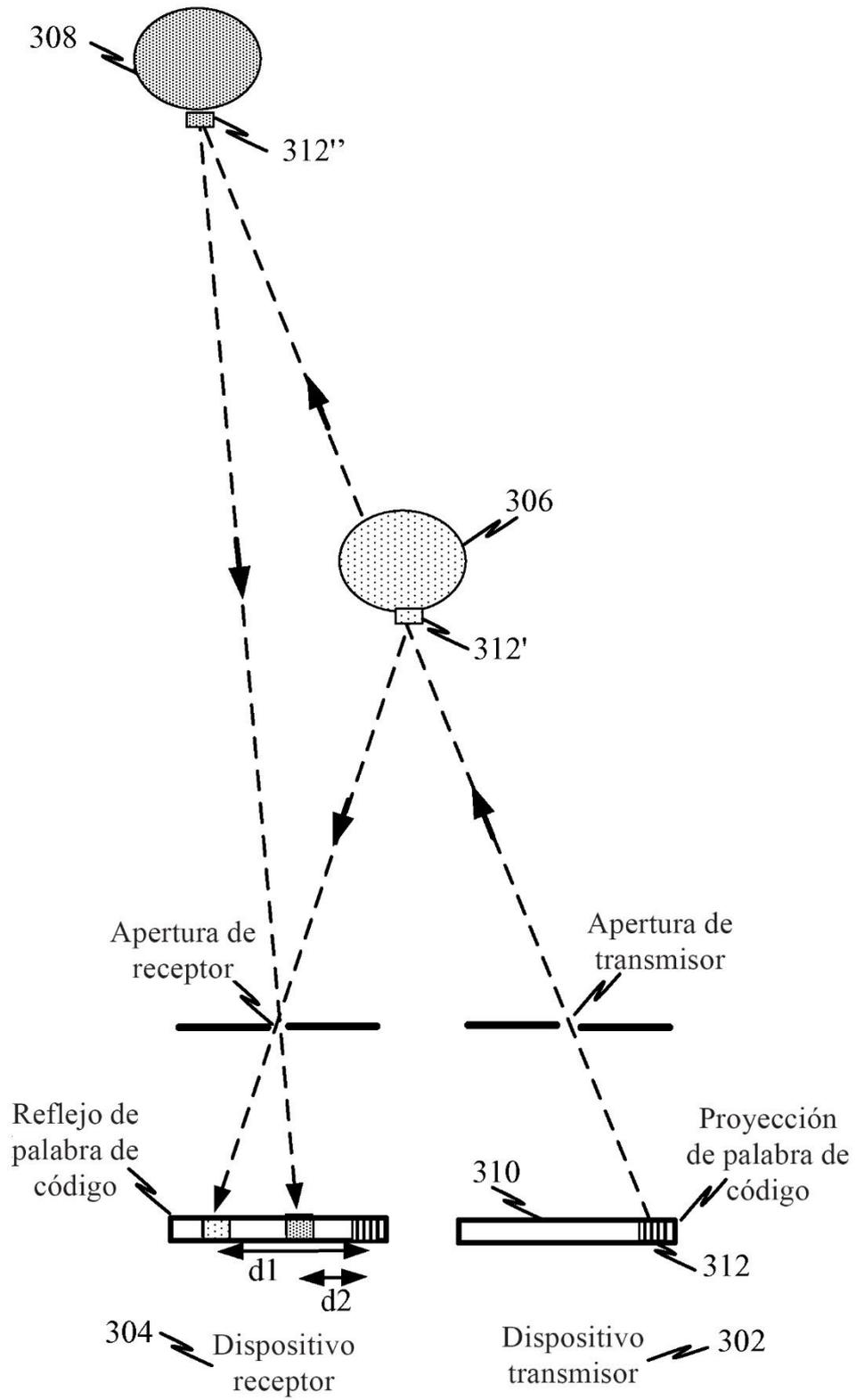


FIG. 3

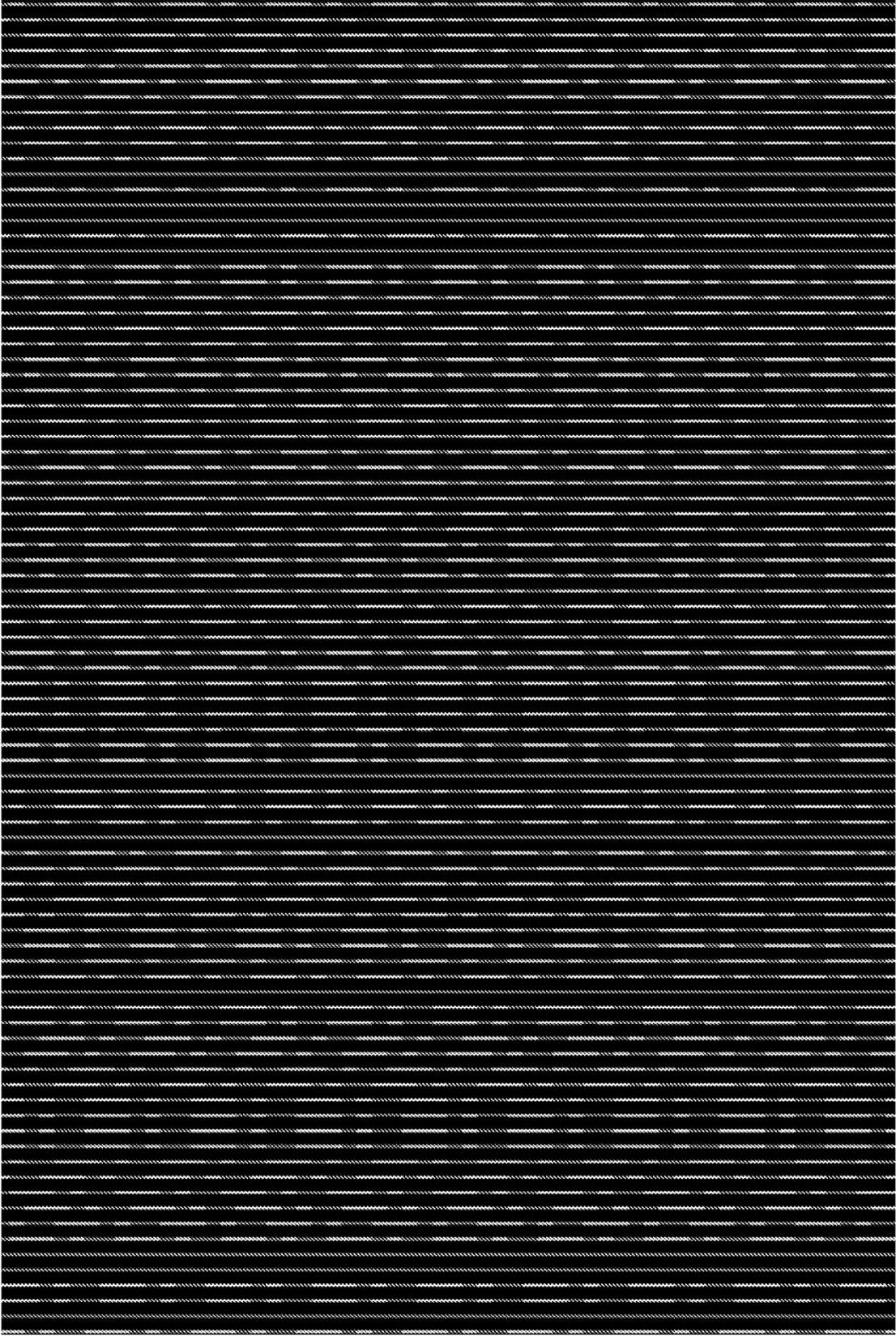


FIG. 4

400 ↗

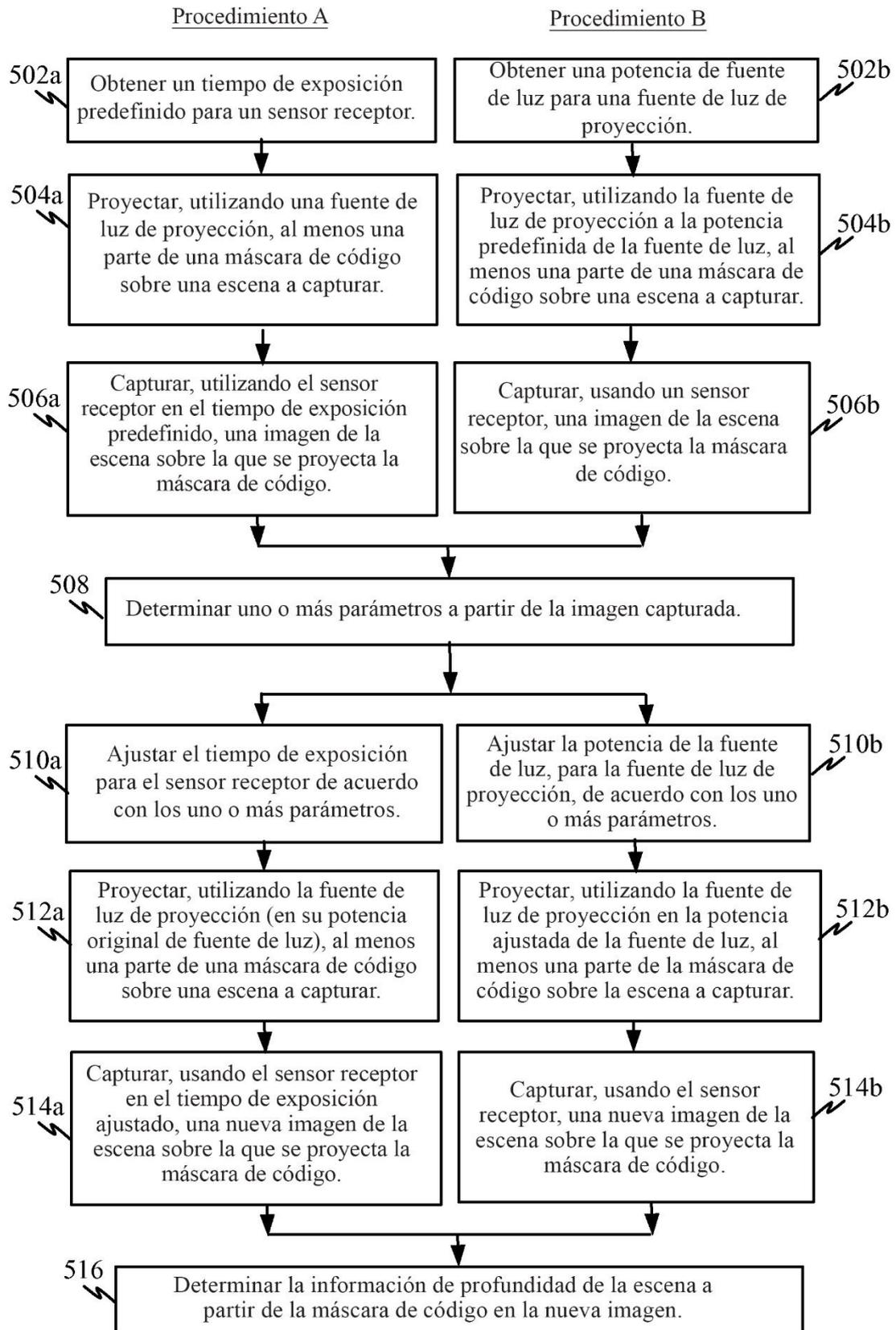


FIG. 5

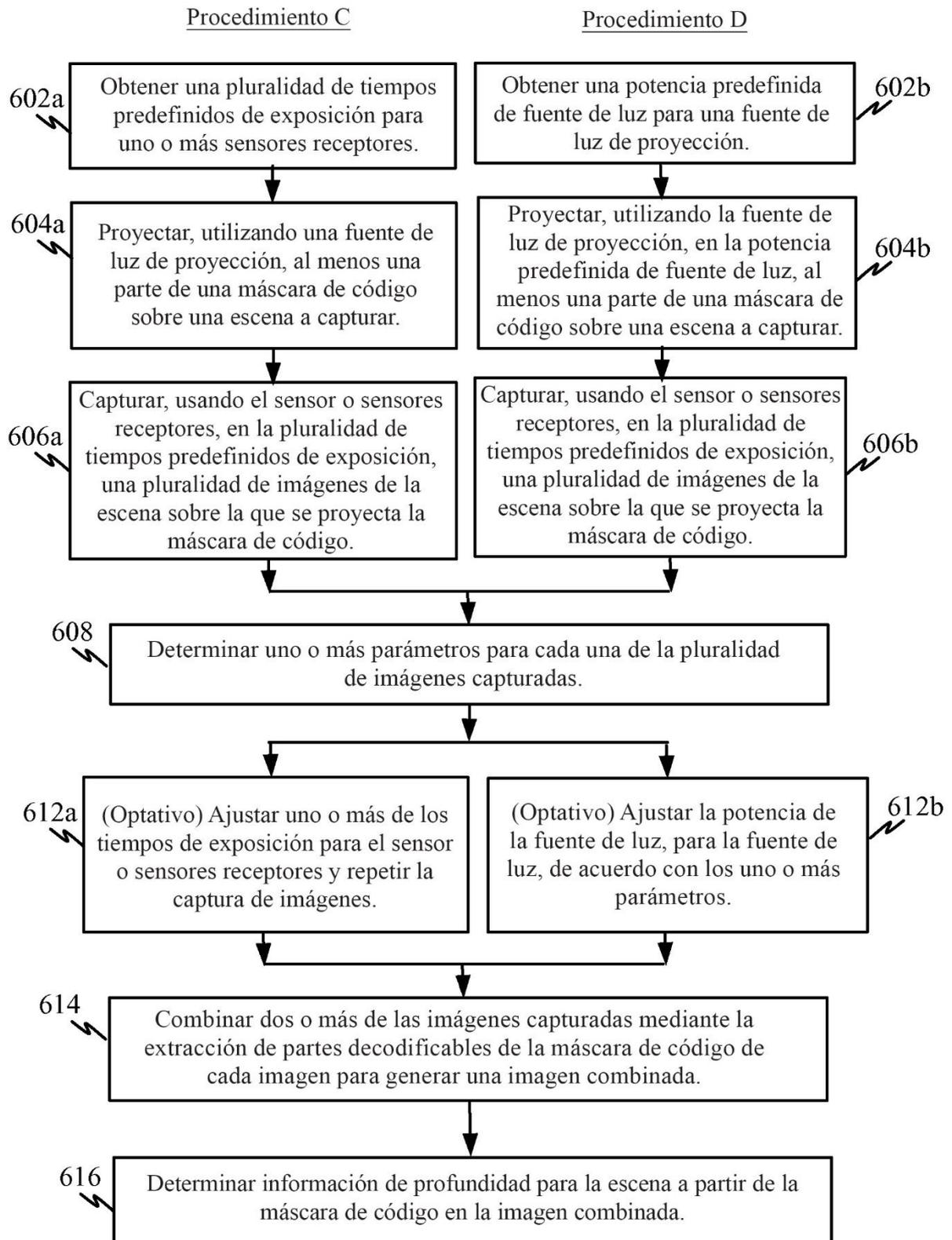


FIG. 6

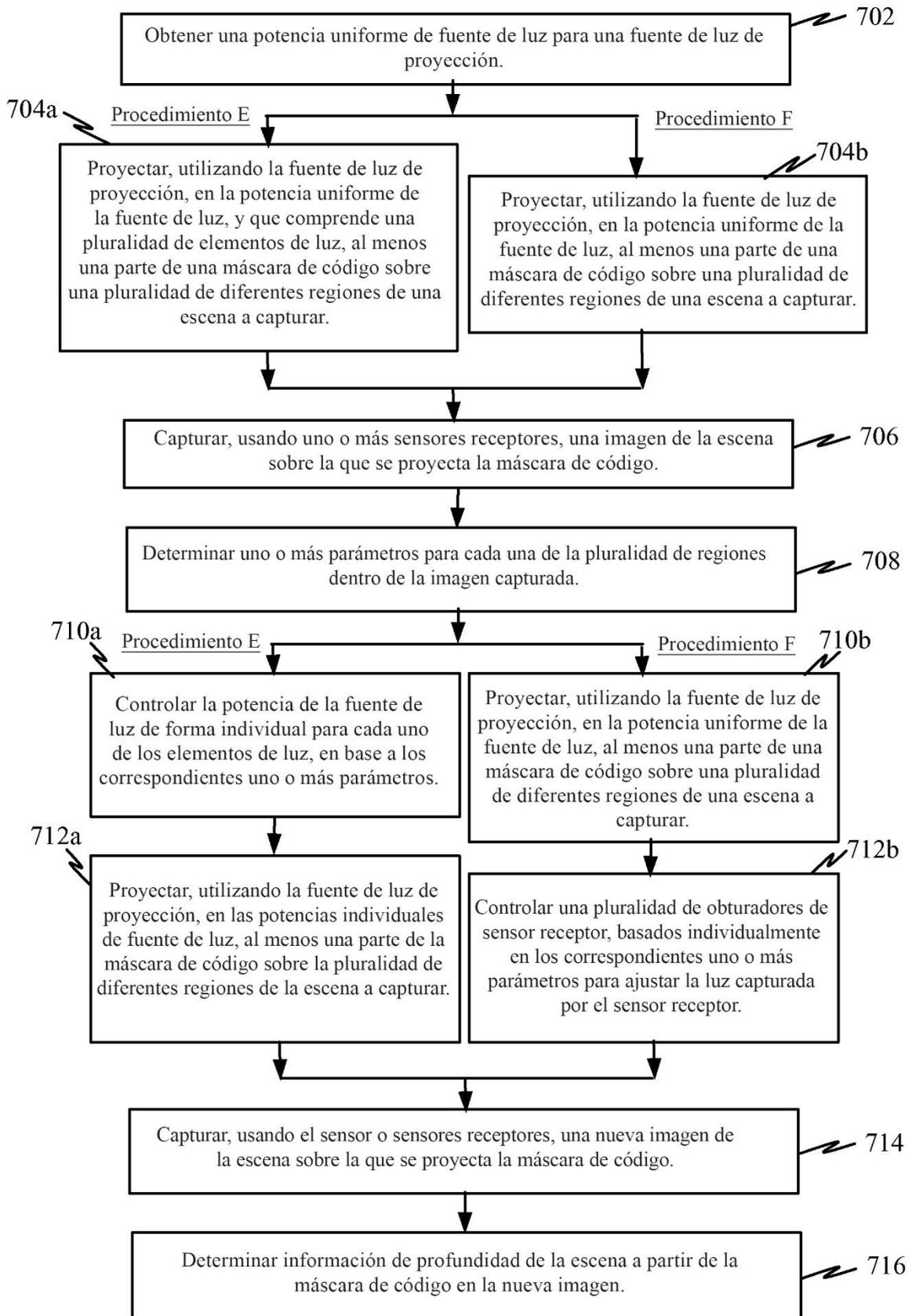


FIG. 7

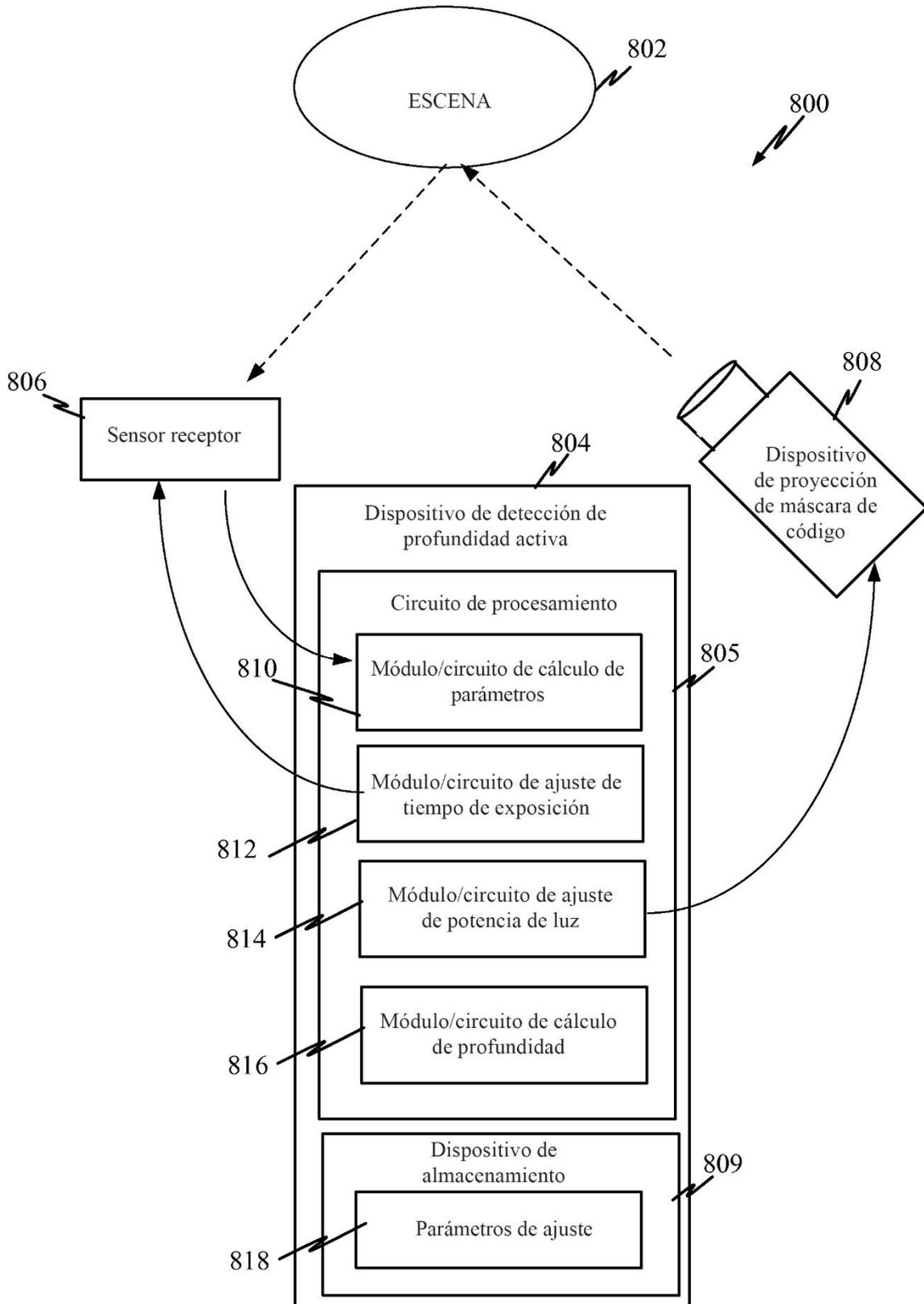


FIG. 8

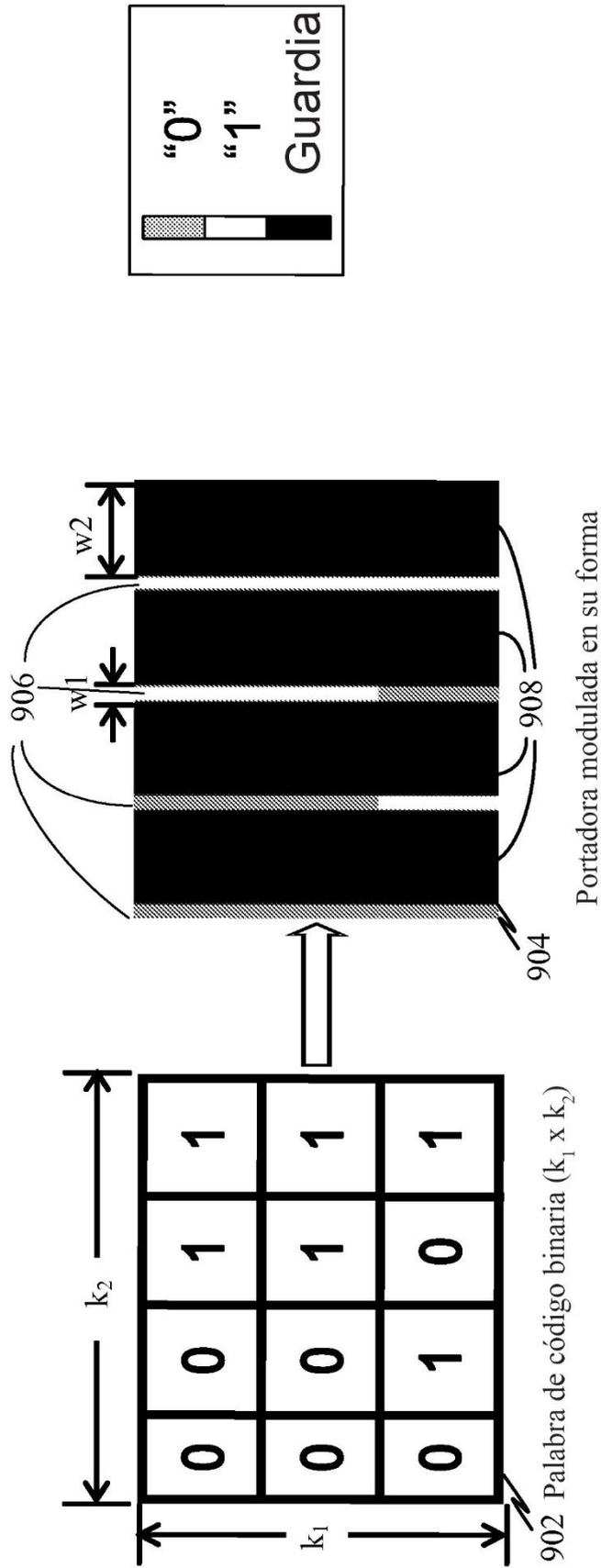


FIG. 9

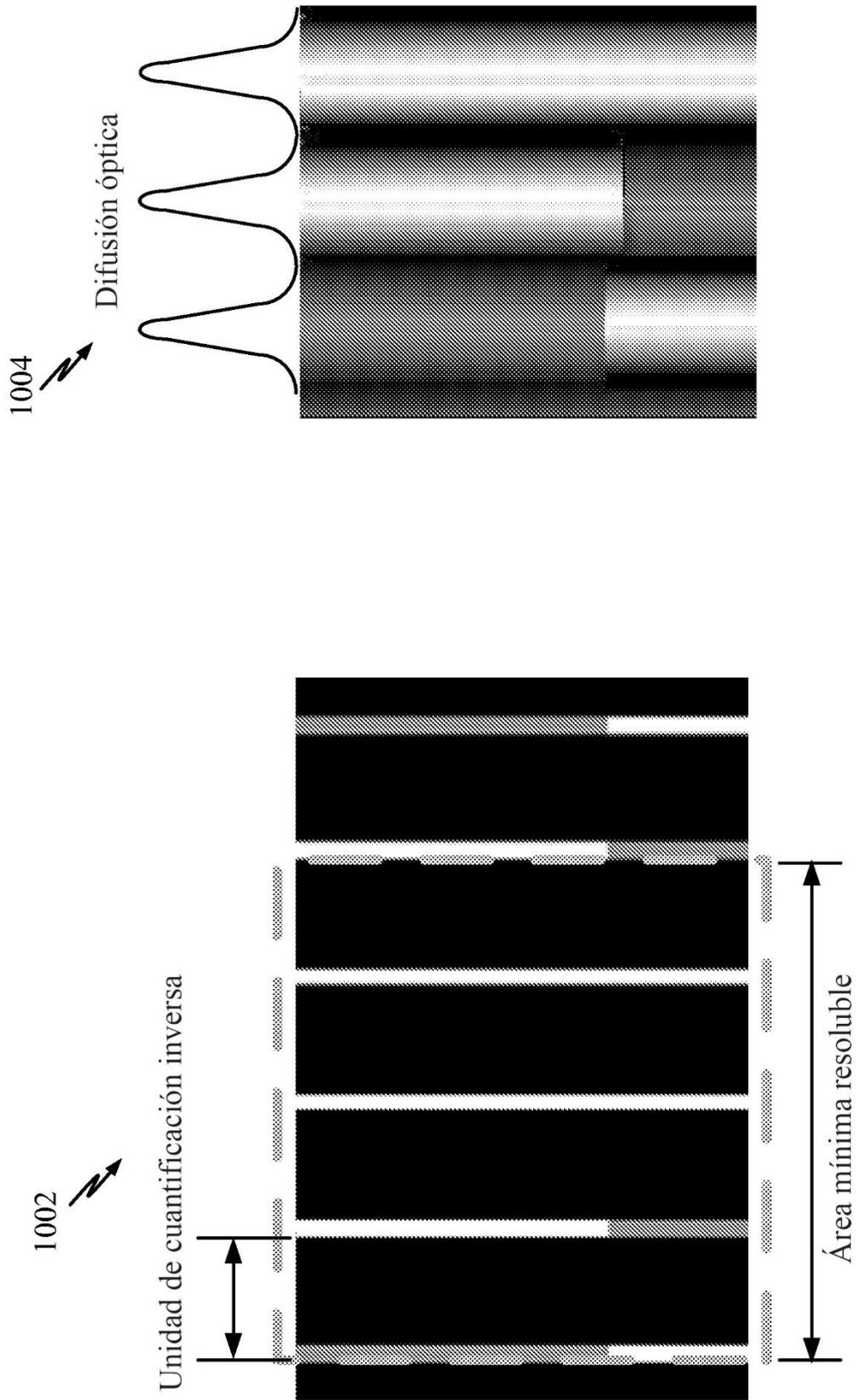


FIG. 10