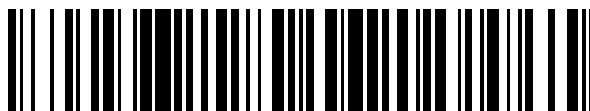


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 432**

51 Int. Cl.:

G01B 11/22 (2006.01)

G01B 11/24 (2006.01)

G01B 11/245 (2006.01)

H04N 5/222 (2006.01)

H04N 13/254 (2008.01)

H04N 13/214 (2008.01)

H04N 13/257 (2008.01)

H04N 13/271 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2012 PCT/US2012/022979**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.08.2012 WO12103482**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2012 E 12739994 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 2668665**

54 Título: **Conjunto de cámara para la extracción de discontinuidad de profundidad de imagen y procedimiento de uso**

30 Prioridad:
27.01.2011 US 201161436800 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.03.2020

73 Titular/es:
**WABTEC CONTROL SYSTEMS PTY LTD (100.0%)
Scarborough Beach Road
Osborne Park, WA 6017, AU**

72 Inventor/es:
**KILIAN, KRZYSZTOF;
MAZUR, VLADIMIR y
FAN, HONGYIN**

74 Agente/Representante:
GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio

ES 2 747 432 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

Conjunto de cámara para la extracción de discontinuidad de profundidad de imagen y procedimiento de uso

5 **Campo**

La presente invención se refiere a sistemas de adquisición y análisis de imágenes. La presente invención se refiere más específicamente a un conjunto de cámara para la adquisición y detección de discontinuidad de profundidad de imagen a partir de fuentes de luz que implementan sombras de longitudes de onda separadas y no superpuestas.

10

Antecedentes

Los sistemas de visión artificial se conocen por su uso en aplicaciones industriales para adquirir una imagen de un objeto, reconocer el objeto y/o analizar el objeto. Estos sistemas se usan en numerosas aplicaciones, incluidas, pero no limitadas a, localizaciones remotas, localizaciones que observan equipos en movimiento, localizaciones con un área pequeña o un espacio reducido para un observador humano, localizaciones de condiciones climáticas extremas o impredecibles, localizaciones de baja luz ambiental y/o lugares en los que no es posible un observador humano. Normalmente, estos sistemas de visión artificial pueden incluir una sola cámara o, en una aplicación de visión estéreo, utilizar al menos dos cámaras.

20

En una aplicación del sistema de visión artificial de una sola cámara, se captura una imagen y se segmenta. El o los objetos o escenas de la imagen se analizan posteriormente basándose en los cambios en la intensidad de la imagen. Esto puede incluir el reconocimiento y/o la medición de las dimensiones del o los objetos y/o escenas en la imagen. Por ejemplo, los bordes y/o las regiones de los objetos o escenas de la imagen se detectan basándose en los cambios en la intensidad de la imagen.

25

Sin embargo, las aplicaciones de sistema de visión basadas en la intensidad de la imagen tienen limitaciones. De manera notable, los cambios de intensidad en la imagen no siempre se producen en una discontinuidad en la profundidad del o los objetos y/o escenas. En consecuencia, los sistemas de visión que utilizan cambios en la intensidad a menudo no reflejan la verdadera estructura de la o las escenas o el verdadero detalle del o los objetos. El análisis de imagen resultante conduce a resultados falsos o inexactos.

30

En una aplicación de sistema de visión artificial estéreo, se proporcionan al menos dos cámaras en una geometría conocida de uno o más objetos o escenas. Las cámaras capturan concurrente o simultáneamente imágenes separadas del o los mismos objetos o escenas. El o los objetos o escenas de las imágenes se analizan posteriormente basándose en las disparidades entre las imágenes. Este análisis puede incluir reconocer y/o medir las dimensiones del o los objetos y/o escenas en las imágenes. Por ejemplo, las imágenes se analizan para establecer los puntos correspondientes del o los objetos y/o escenas en las imágenes separadas. La profundidad del o los objetos y/o escenas en las imágenes puede comprobarse posteriormente mediante análisis adicionales, incluso a través de algoritmos que consideran las disparidades entre los puntos correspondientes y la geometría conocida de las cámaras en relación con el o los objetos y/o escenas. La información de profundidad permite que la aplicación del sistema de visión reconozca y/o mida las dimensiones del o los objetos y/o escenas en las imágenes.

35

40

Sin embargo, las aplicaciones de sistemas de visión basadas en el análisis de imágenes múltiples a través de los puntos correspondientes tienen limitaciones. Por ejemplo, con el fin de obtener información de imágenes múltiples, los puntos correspondientes de las imágenes deben coincidir correctamente. Sin embargo, hacer coincidir las imágenes puede ser muy difícil y, a veces, imposible debido a una serie de factores, que incluyen, oclusiones en una o varias imágenes y/o suposiciones incorrectas o inexactas en los algoritmos para la coincidencia. Si las imágenes no coinciden, no puede determinarse la información de las imágenes. Además, los algoritmos para analizar imágenes funcionan de manera eficaz en entornos controlados, tales como las condiciones de laboratorio. Sin embargo, en entornos no controlados, como en aplicaciones industriales, estos algoritmos generan errores e inconsistencias en hacer coincidir y el análisis de imágenes debido a factores que incluyen, pero no se limitan a, condiciones de iluminación cambiantes, condiciones de fondo cambiantes, interferencias ambientales que agregan ruido a una imagen, y/o un o unos objetos en movimiento. Además, la geometría y la relación espacial de las cámaras deben ser constantes con el fin de reconstruir y analizar correctamente una imagen. Sin embargo, la geometría y la relación espacial de las cámaras pueden ser difíciles de mantener en algunas aplicaciones industriales, por ejemplo, en aplicaciones ferroviarias. La vibración, el movimiento del riel y/o el movimiento de las traviesas en el balastro del riel pueden cambiar de manera adversa la geometría y la relación espacial de las cámaras, conduciendo a un análisis inexacto de las imágenes.

45

50

55

60

Además, los sistemas conocidos luchan con pequeñas discontinuidades de profundidad. Por ejemplo, los sistemas conocidos pasan por alto o no identifican pequeñas discontinuidades de profundidad, ya que las pequeñas discontinuidades de profundidad pueden tener una textura o color en primer plano que es similar al fondo. Del mismo modo, por ejemplo, los sistemas conocidos detectan patrones en una superficie plana que no reflejan los límites reales de un objeto. Ambas instancias dan como resultado resultados falsos o inexactos en sistemas conocidos.

65

Se es consciente de:

- Un artículo titulado "Dealing with Multi-Scale Depth Changes and Motion in Depth Edge Detection" de Rogiero Feris et al. (GRÁFICOS INFORMÁTICOS Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES, 2006. SIBGRAPI 2006. 19º SIMPOSIO BRASILEÑO, IEEE), que describe el uso de una cámara multiflash con flashes colocados adecuadamente para proyectar sombras a lo largo de discontinuidades de profundidad en la escena.
- La publicación de solicitud de patente de Estados Unidos US 2009/0033910, que desvela un sistema y procedimiento para fotografía estéreo. El sistema comprende una primera fuente de luz, una segunda fuente de luz y un fotodetector. La primera fuente de luz está configurada para iluminar uno o más primeros colores no blancos en un objeto. La segunda fuente de luz está configurada para iluminar uno o más segundos colores no blancos que son diferentes de los primeros colores no blancos en el objeto. El fotodetector está configurado para detectar una representación tridimensional del objeto en un solo momento en el tiempo en respuesta a la primera fuente de luz que ilumina los primeros colores no blancos y la segunda fuente de luz que ilumina los segundos colores no blancos en el objeto.
- La publicación de solicitud de patente de Estados Unidos US2005/0200918, que desvela un procedimiento para controlar un procedimiento operativo de una máquina de impresión, usa parámetros de escenas 3D tomadas con una sola cámara.
- La publicación de solicitud de patente de Estados Unidos US2004/212725, que desvela la generación de un conjunto de imágenes estilizadas usando diferentes fuentes de iluminación.

Sumario

De acuerdo con un aspecto de la invención, la invención proporciona un sistema de visión artificial de acuerdo con la reivindicación 1. Las características opcionales se exponen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista isométrica de un sistema de adquisición y análisis de imágenes de acuerdo con uno o más ejemplos de las realizaciones.

La figura 2 es una vista isométrica del sistema de adquisición y análisis de imágenes de la figura 1, que ilustra un ejemplo de operación del sistema.

La figura 3 es una gráfica que ilustra uno o más ejemplos de la longitud de onda de la luz emitida por el sistema de la figura 1.

La figura 4 es una gráfica que ilustra las características espectrales de una cámara usada en o más ejemplos de las realizaciones del sistema de la figura 1.

Descripción

La invención se refiere, en general, a un sistema de adquisición y análisis de imágenes para la adquisición y detección de la discontinuidad de profundidad de imagen a partir de la sombra que implementan las fuentes de luz de longitudes de onda separadas y/o que no se superponen. Las figuras ilustran uno o más ejemplos de las realizaciones de la presente invención. Aunque el sistema de adquisición y análisis de imágenes se describe para su uso con una o más aplicaciones específicas, como como un entorno ferroviario o de ferrocarriles, debería apreciarse que el sistema de adquisición y análisis de imágenes puede usarse en cualquier aplicación de visión artificial en la que la adquisición y el análisis de imágenes se deseen y/o sea necesarios. Además, aunque uno o más ejemplos de las realizaciones del sistema de adquisición de imágenes pueden describirse haciendo referencia a la luz que es de color azul y/o a la luz que es de color rojo, debería apreciarse que "luz azul" y/o "luz roja" se proporciona para fines de ilustración y el sistema de adquisición de imágenes puede usarse en asociación con la luz de cualquier longitud de onda, por ejemplo, incluyendo, pero sin limitarse a, la luz de cualquier color, la luz de un intervalo de longitudes de onda, la luz de una o más longitudes de onda (por ejemplo, una mezcla de longitudes de onda), la luz que es visible para el ojo humano y/o la luz que no es visible para el ojo humano.

Debería apreciarse que un "objeto" puede incluir cualquier objeto, artículo, área, o entorno estacionario, semiestacionario, o en movimiento en el que puede desearse que el sistema de adquisición y análisis de imágenes adquiera y/o analice una imagen. Por ejemplo, el objeto puede incluir, pero no se limita a, una parte de un vehículo ferroviario, vagón de ferrocarril y/o entorno ferroviario. Sin embargo, debería apreciarse que el sistema de adquisición y análisis de imágenes desvelado en el presente documento puede adquirir y/o analizar una imagen de cualquier "objeto" deseado o adecuado de acuerdo con la operación del sistema como se desvela en el presente documento.

La figura 1 ilustra uno o más ejemplos de las realizaciones de un sistema de adquisición y análisis de imágenes 100. Haciendo referencia a la figura 1, el sistema de adquisición y análisis de imágenes 100 puede incluir un sistema de adquisición de imágenes 102. En diversas realizaciones, el sistema de adquisición de imágenes 102 incluye un

conjunto de cámara 110 y una fuente de luz 120.

Como se ilustra en la figura 1, en diversas realizaciones, el conjunto de cámara 110 incluye una cámara o cámara a color 112. En diversas realizaciones, la cámara 112 se proporciona a una primera distancia conocida D_1 o a una o más distancias desde un objeto u objetos 200. En diversas realizaciones, la cámara 112 se proporciona aproximadamente perpendicular al objeto 200. Sin embargo, la cámara puede proporcionarse en cualquier ángulo al objeto u objetos. Además, en uno o más ejemplos de las realizaciones, el conjunto de cámara incluye dos o más cámaras proporcionadas en una o más localizaciones, distancias de y/o ángulos al objeto u objetos. En uno o más ejemplos de las realizaciones, el objeto 200 puede estar estacionario o en movimiento. La cámara 112 puede ser cualquier cámara conocida o desarrollada en el futuro o un aparato de captura de imágenes adecuado para operar con el sistema de adquisición de imágenes como se describe en el presente documento.

En diversas realizaciones, la fuente de luz 120 está en comunicación con y/o conectada al conjunto de cámara 110. En diversas realizaciones, la fuente de luz 120 está sincronizada con la cámara 112 del conjunto de cámara 110 (por ejemplo, de tal manera que la fuente de luz 120 puede emitir uno o más destellos de luz cuando la cámara 112 toma una fotografía). Debería apreciarse que en uno o más ejemplos de las realizaciones, la fuente de luz puede emitir uno o más destellos, o corrientes de luz periódicas, continuas o constantes.

Como se muestra en la figura 1, en diversas realizaciones, la fuente de luz 120 incluye una primera unidad de iluminación o primera unidad de flash 130 y una segunda unidad de iluminación o segunda unidad de flash 140. En diversas realizaciones, la primera unidad de flash 130 se proporciona en una primera localización a una segunda distancia conocida D_2 y/o en un primer ángulo conocido θ_1 del objeto 200. Además, la primera unidad de flash 130 puede proporcionarse a una tercera distancia conocida D_3 del conjunto de cámara 110. En diversas realizaciones, la segunda unidad de flash 140 se proporciona en una segunda localización en una cuarta distancia conocida D_4 y/o en un segundo ángulo conocido θ_2 del objeto 200. Además, la segunda unidad de flash 140 puede proporcionarse a una quinta distancia conocida D_5 del conjunto de cámara 110. En uno o más ejemplos de las realizaciones, la fuente de luz puede incluir tres o más unidades de iluminación o unidades de flash proporcionadas en una o más localizaciones, distancias desde el conjunto de cámara, distancias desde el objeto y/o ángulos de un objeto. En uno o más ejemplos de las realizaciones, la primera unidad de flash o unidad de iluminación y/o la segunda unidad de flash o unidad de iluminación pueden proporcionarse a cualquier distancia de un objeto, cualquier ángulo de un objeto y/o cualquier distancia desde el conjunto de cámara con el fin de adquirir los resultados deseados para el sistema de adquisición y análisis de imágenes de acuerdo con uno o más ejemplos de las realizaciones de la invención desvelada. Debería apreciarse que dos o más de cualquiera de la primera distancia D_1 , la segunda distancia D_2 , la tercera distancia D_3 , la cuarta distancia D_4 y la quinta distancia D_5 , pueden ser idénticas o diferentes. También debería apreciarse que el primer ángulo θ_1 y el segundo ángulo θ_2 pueden ser idénticos o diferentes.

En diversas realizaciones, el sistema de adquisición de imágenes 102 está en comunicación con un sistema de análisis 104. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 1, en diversas realizaciones, el sistema de análisis 104 incluye un terminal de comunicación 106. En diversas realizaciones, el terminal de comunicación 106 está adaptado para comunicarse con un terminal de comunicación de cámara 114, proporcionando un enlace de comunicación para la transmisión de información entre el sistema de adquisición de imágenes 102 y el sistema de análisis 104. En uno o más ejemplos de las realizaciones, el terminal de comunicación, el terminal de comunicación de cámara y el enlace de comunicación asociado pueden ser cualquier dispositivo de comunicación conocido o desarrollado en el futuro adecuado para la transmisión de información, que incluye, entre otros, una Ethernet cableada, inalámbrica, y/o un bus serie universal (USB).

En diversas realizaciones, el sistema de análisis 104 incluye un sistema informático programable 150 que tiene una memoria de acceso aleatorio (RAM) 152, un medio de almacenamiento legible por ordenador o dispositivo de almacenamiento o unidad de disco duro 154, y un procesador 156. En diversas realizaciones, el sistema informático programable 150 almacena y/o lleva una aplicación de análisis de imágenes 160, por ejemplo en asociación con el disco duro 154. Además, un usuario puede emplear el sistema informático programable 150 para operar manualmente el sistema de adquisición de imágenes 102 del sistema de adquisición y análisis de imágenes 100. En uno o más ejemplos de las realizaciones, el sistema informático programable puede ser cualquier sistema de procesador informático programable conocido o desarrollado en el futuro adecuado para almacenar datos y operar la aplicación de análisis de imágenes. Además, en uno o más ejemplos de las realizaciones, el medio de almacenamiento legible por ordenador puede incluir cualquier dispositivo de almacenamiento de datos que pueda almacenar datos que a continuación puedan leerse por un sistema informático. Los ejemplos de medios legibles por ordenador pueden incluir memoria de solo lectura, CD-ROM, CD-R, CD-RW, DVD, DVD-RW, cintas magnéticas, unidad de flash universal serial bus (USB) o cualquier otro dispositivo de almacenamiento de datos óptico u otros adecuados. El medio legible por ordenador también puede distribuirse a través de una red acoplada o en comunicación con el sistema informático programable de tal manera que el código o la aplicación legible por ordenador, que incluye la aplicación de análisis de imágenes, se almacene y ejecute de manera distribuida.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, en diversas realizaciones, la primera unidad de flash 130 emite luz de una primera longitud de onda o intervalo de longitudes de onda 330. Como se ilustra en la figura 2, en diversas realizaciones, la primera unidad de flash 130 emite luz de una primera longitud de onda 330 en un primer plano de

luz o haz de luz 335. En diversas realizaciones, el primer haz de luz 335 se dirige o se proporciona de otro modo para iluminar el objeto 200 y puede proyectar una primera sombra 430. En uno o más ejemplos de las realizaciones, la luz de una primera longitud de onda 330 tiene una longitud de onda correspondiente a la luz que es de color azul, y en consecuencia puede proyectar una sombra azul 430. Sin embargo, debería apreciarse que la luz de una primera longitud de onda puede corresponder a cualquier luz, incluida, pero no limitada a, una luz de cualquier color, cualquier luz visible para el ojo humano, cualquier luz no visible para el ojo humano y/o una luz de cualquier longitud de onda. Además, en uno o más ejemplos de las realizaciones, la luz de una primera longitud de onda puede ser luz de una sola longitud de onda, luz de un intervalo de longitudes de onda o luz de dos o más longitudes de onda (por ejemplo, una combinación de longitudes de onda). En uno o más ejemplos de las realizaciones, el sistema de adquisición de imágenes puede incluir una pluralidad de primeras unidades de flash que emiten luz de una primera longitud de onda, intervalo de longitudes de onda y/o diferentes longitudes de onda proporcionadas en una o más localizaciones, distancias desde el conjunto de cámara, distancias desde el objeto, y/o ángulos al objeto,

En diversas realizaciones, la segunda unidad de flash de 140 emite luz de una segunda longitud de onda o intervalo de longitudes de onda 340. En diversas realizaciones, la luz de una segunda longitud de onda o intervalo de longitudes de onda 340 es de una longitud de onda diferente o intervalo de longitudes de onda que es independiente, distinta y/o no se superpone a la o las longitudes de onda de la luz de una primera longitud de onda o intervalo de longitudes de onda 330. Como se ilustra en la figura 2, en diversas realizaciones, la segunda unidad de flash 140 puede emitir luz de una segunda longitud de onda 340 en un segundo plano de luz o haz de luz 345. En diversas realizaciones, el segundo haz de luz 345 se dirige o se proporciona de otro modo para iluminar el objeto 200 y puede proyectar una segunda sombra 440. Por ejemplo, en uno o más ejemplos de las realizaciones, la luz de una segunda longitud de onda 340 tiene una longitud de onda correspondiente a la luz que es de color rojo, y en consecuencia puede proyectar una sombra roja 440. En diversas realizaciones, la luz emitida por la segunda unidad de flash es de una segunda longitud de onda o intervalo de longitudes de onda que es independiente, distinta y no se superpone a la o las primeras longitudes de onda de luz emitidas por la primera unidad de flash. De lo contrario, debería apreciarse, sin embargo, que la luz de una segunda longitud de onda puede corresponder a cualquier luz, incluida, pero no limitada a, luz de cualquier color, cualquier luz visible para el ojo humano, cualquier luz no visible para el ojo humano, y/o luz de cualquier longitud de onda. Además, en uno o más ejemplos de las realizaciones, la luz de una segunda longitud de onda puede ser luz de una sola longitud de onda, luz de un intervalo de longitudes de onda o luz de dos o más longitudes de onda (por ejemplo, una mezcla de longitudes de onda). En uno o más ejemplos de las realizaciones, el sistema de adquisición de imágenes puede incluir una pluralidad de segundas unidades de flash que emiten luz de una segunda longitud de onda, intervalo de longitudes de onda y/o diferentes longitudes de onda proporcionadas en una o más localizaciones, distancias desde el conjunto de cámara, distancias desde el objeto, y/o ángulos al objeto. En uno o más ejemplos de las realizaciones, el sistema de adquisición de imágenes puede incluir una o más unidades de flash adicionales que emiten luz de una longitud de onda diferente y que no se solapan con la luz de las unidades de flash primera y segunda.

Una tercera sombra 450 puede presentarse o proyectarse cuando, en diversas realizaciones, la luz de una primera longitud de onda 330 y la luz de una segunda longitud de onda 340 se emiten, dirigidas o de otro modo proporcionadas hacia objeto 200. La tercera sombra 450 puede asociarse con la luz de una tercera longitud de onda 350. La luz de una tercera longitud de onda 350 puede ser de un espectro de frecuencia que se superpone a la luz de una primera longitud de onda 330 y a la luz de una segunda longitud de onda 340. Como tal, la luz de una tercera longitud de onda 350 y la tercera sombra asociada 450, pueden presentarse cuando tanto la luz de una primera longitud de onda 330 como la luz de una segunda longitud de onda 340 se emiten hacia el objeto 200.

La figura 3 ilustra una gráfica de correspondencia de colores de la Comisión internacional de iluminación (CIE) que muestra la longitud de onda de la luz visible, λ , en nanómetros (eje X), frente a la intensidad de la luz (eje Y) para la luz de diversos colores, incluido el azul (b), el verde (g) y el rojo (r). La figura 4 ilustra un ejemplo de las características espectrales de la luz de una cámara a color.

Como se muestra en las figuras 3 y 4, en diversas realizaciones, la luz de una primera longitud de onda 330 tiene longitudes de onda que son independientes o distintas de la luz de una segunda longitud de onda 340. Basándose en las características espectrales, en diversas realizaciones, existen pocos o ningún componente de color cruzado entre la luz de una primera longitud de onda 330 y luz de una segunda longitud de onda 340. Por lo tanto, en diversas realizaciones, la luz de una primera longitud de onda 330 no incluye una longitud de onda que se superponga con la luz de una segunda longitud de onda 340. Sin embargo, en diversas realizaciones, la luz de una primera longitud de onda 330 y/o la luz de una segunda longitud de onda 340 pueden cada una superponerse a la luz de una tercera longitud de onda o intervalo de longitudes de onda 350.

Por ejemplo, haciendo referencia a los ejemplos ilustrados en las figuras 3 y 4, en diversas realizaciones, la luz de una primera longitud de onda 330, que se ilustra como una luz de color azul (b), tiene longitudes de onda separadas de la luz de una segunda longitud de onda 340, que se ilustra como luz de color rojo (r). En consecuencia, en diversas realizaciones, la luz de una primera longitud de onda 330 no se superpone a la luz de una segunda longitud de onda 340. La luz de una primera longitud de onda 330 y la luz de una segunda longitud de onda 340 pueden superponerse a la luz de una tercera longitud de onda 350, que se ilustra como una luz que es de color verde (g). Por ejemplo, como se muestra en las figuras 3 y 4, la luz de una primera longitud de onda 330 puede superponerse

a la luz de una tercera longitud de onda 350 en las longitudes de onda inferiores de una tercera longitud de onda 350. La luz de una segunda longitud de onda 340 puede superponerse a la luz de una tercera longitud de onda 350 en las longitudes de onda superiores o más altas de la luz de una tercera longitud de onda 350.

5 En la operación y el uso, el sistema de adquisición de imágenes 102 del sistema de adquisición y análisis de imágenes 100 se ilumina y fotografía un objeto 200. Haciendo referencia a la figura 2, en diversas realizaciones, se proporciona el objeto 200. En diversas realizaciones, se proporciona el conjunto de cámara 110 para fotografiar el objeto 200. En diversas realizaciones, a medida que la cámara 112 opera o se activa para fotografiar el objeto 200, la primera unidad de flash 130 emite luz de una primera longitud de onda 330 dirigida hacia el objeto 200 en un primer haz de luz 335. En diversas realizaciones, la luz de una primera longitud de onda 330 ilumina al menos una parte del objeto 200. Además, la luz de una primera longitud de onda 330 puede proyectar una primera sombra 430 a una discontinuidad de profundidad del objeto en una dirección basada en la disposición de la primera unidad de flash 130 con respecto al objeto 200. En diversas realizaciones, la segunda unidad de flash 140 puede emitir concurrente o simultáneamente luz de una segunda longitud de onda 340 dirigida hacia el objeto 200 en un segundo haz de luz 345. En diversas realizaciones, la luz de una segunda longitud de onda 340 se ilumina al menos una parte del objeto 200. Además, la luz de una segunda longitud de onda 340 puede proyectar una segunda sombra 440 a una discontinuidad de profundidad del objeto 200 en una dirección basada en la disposición de la segunda unidad de flash 140 con respecto al objeto 200.

20 En diversas realizaciones, la cámara 112 toma una fotografía o adquiere o capta una imagen (por ejemplo, una imagen a color) del objeto 200. En diversas realizaciones, la imagen a color se separa en tres planos de imagen monocromática independientes de objeto 200. En diversas realizaciones, los tres planos de imagen monocromática incluyen respectivamente una luz de un primer plano de imagen de longitud de onda, una luz de un segundo plano de imagen de longitud de onda y una luz de un tercer plano de imagen de longitud de onda, en el que la luz de una tercera longitud de onda 350 se superpone a una parte de la luz de una primera longitud de onda 330 y a una parte de la luz de una segunda longitud de onda 340. La imagen del primer plano de imagen de longitud de onda puede mostrar el objeto 200 iluminado con la luz de una primera longitud de onda 330, y puede incluir una primera sombra 430 a una discontinuidad de profundidad. La imagen del segundo plano de imagen de longitud de onda puede mostrar el objeto 200 iluminado con la luz de una segunda longitud de onda 340, y puede incluir una segunda sombra 440 a una discontinuidad de profundidad. La imagen del tercer plano de imagen de longitud de onda puede mostrar el objeto 200 iluminado tanto con la luz de una primera longitud de onda 330 como con la luz de una segunda longitud de onda 340, ya que la longitud de onda de la luz de una tercera longitud de onda 350 puede superponerse a la luz de una primera longitud de onda 330 y a la luz de una segunda longitud de onda 340. Además, la imagen del tercer plano de imagen de longitud de onda puede incluir la tercera sombra 450 a cualquier discontinuidad de profundidad fotografiada en el primer plano de imagen de longitud de onda y/o en el segundo plano de imagen de longitud de onda, respectivamente. La tercera sombra 450 del tercer plano de imagen de longitud de onda puede ser menos intensa que la primera sombra 430 y/o la segunda sombra 440 de los respectivos, primer plano de imagen de longitud de onda y/o segundo plano de imagen de longitud de onda.

40 Los tres planos de imagen monocromática capturados por el sistema de adquisición de imágenes 102 pueden analizarse posteriormente por el sistema de análisis 104 del sistema de adquisición y análisis de imágenes 100. Por ejemplo, en diversas realizaciones, la imagen del primer plano de imagen de longitud de onda, la imagen del segundo plano de imagen de longitud de onda y la imagen del tercer plano de imagen de longitud de onda se hacen referencia y analizan mediante el sistema de análisis 104. El sistema de análisis 104 puede analizar y hacer referencia cruzada a los tres planos de imagen monocromática, o la imagen del primer plano de imagen de longitud de onda, la imagen del segundo plano de imagen de longitud de onda, y/o la imagen del tercer plano de imagen de longitud de onda, determinan y evalúan las sombras y los bordes sombreados. En diversas realizaciones, las sombras indican un cambio de profundidad que se produce en los píxeles del borde de la imagen, y la orientación del cambio de profundidad. En diversas realizaciones, el análisis de las sombras y de los bordes sombreados proporciona información sobre el objeto 200. Por ejemplo, los bordes de la imagen del objeto con sombras estructuradas o cambios bruscos de profundidad, conocidos como bordes de profundidad, pueden proporcionar una segmentación de escena más realista y precisa. Además, la anchura de la sombra puede implicar una información de profundidad en el borde de profundidad. La profundidad relativa del borde sombreado del objeto puede calcularse de acuerdo con la información geométrica, que incluye, por ejemplo, la relación geométrica entre la cámara 112, la o las unidades de flash 130, 140 y el objeto 200. En diversas realizaciones, calcular la profundidad del borde sombreado proporciona un sistema para construir un mapa cuantitativo de profundidad del objeto fotografiado 200 y/o la escena. Esto puede proporcionar ventajosamente un sistema para la detección de defectos (por ejemplo, grietas) en un objeto 200.

60 Para ilustrar aún más la operación y el uso de la adquisición de imágenes y del sistema de análisis 100, se ofrece a continuación un ejemplo de sistema 100 que implementa determinadas longitudes de onda y/o colores de luz. La luz asociada se proporciona solo por ejemplo, y no pretende ser limitante de ninguna manera. Puede implementarse cualquier número, intervalo o longitudes de onda de luz con el sistema 100 de acuerdo con la descripción proporcionada en el presente documento.

65 A modo de ejemplo, en diversas realizaciones, cuando la cámara 112 se activa para fotografiar el objeto 200, la

primera unidad de flash 130 emite luz de una primera longitud de onda 330 (por ejemplo, la luz que tiene una longitud de onda o intervalo de longitudes de onda asociadas con la luz azul) dirigida hacia el objeto 200 en un primer haz de luz 335 (por ejemplo, un haz de luz azul). En diversas realizaciones, la luz de una primera longitud de onda 330 (por ejemplo, la luz azul) ilumina al menos una parte del objeto 200. La luz de una primera longitud de onda 330 (por ejemplo, la luz azul) puede proyectar una primera sombra 430 (por ejemplo, la sombra azul) a una discontinuidad de profundidad del objeto en una dirección basada en la disposición de la primera unidad de flash 130 al objeto 200. Concurrente o simultáneamente, en diversas realizaciones, la segunda unidad de flash 140 emite luz de una segunda longitud de onda 340 (por ejemplo, la luz que tiene una longitud de onda o un intervalo de longitudes de onda asociadas con la luz roja) dirigida hacia el objeto 200 en un segundo haz de luz 345 (por ejemplo, un haz de luz roja). En diversas realizaciones, la luz de una segunda longitud de onda 340 (por ejemplo, la luz roja) ilumina al menos una parte del objeto 200. Además, la luz de una segunda longitud de onda 340 (por ejemplo, la luz roja) puede proyectar una segunda sombra 440 (por ejemplo, la sombra roja) en una discontinuidad de profundidad del objeto 200 en una dirección basada en la disposición de la segunda unidad de flash 140 al objeto 200.

Los tres planos de imagen monocromática pueden incluir un plano de imagen azul, un plano de imagen roja y un plano de imagen verde. Sin embargo, como se ha tratado anteriormente, otras realizaciones pueden capturar planos de imagen de diferentes longitudes de onda de luz y/o colores. En diversas realizaciones, la imagen del primer plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen azul) puede mostrar el objeto 200 iluminado con luz de una primera longitud de onda 330 (por ejemplo, la luz azul), y puede incluir la primera sombra 430 (por ejemplo, una sombra azul) en una discontinuidad de profundidad. En diversas realizaciones, la imagen del segundo plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen rojo) puede mostrar el objeto 200 iluminado con la luz de una segunda longitud de onda 340 (por ejemplo, la luz roja), y puede incluir la segunda sombra 440 (por ejemplo, la sombra roja) en una discontinuidad de profundidad. En diversas realizaciones, la imagen del tercer plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen verde) puede mostrar el objeto 200 iluminado tanto con la luz de una primera longitud de onda 330 (por ejemplo, la luz azul) como con la luz de una segunda longitud de onda 340 (por ejemplo, la luz roja), ya que la longitud de onda de la luz de una tercera longitud de onda 350 (por ejemplo, la luz verde) puede superponerse tanto con la luz de una primera longitud de onda 330 (por ejemplo, la luz azul) como con la luz de una segunda longitud de onda 340 (por ejemplo, la luz roja) (véanse las figuras 3 y 4). Además, la imagen del tercer plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen verde) puede incluir la tercera sombra 450 (por ejemplo, la sombra verde) en cualquier discontinuidad de profundidad fotografiada en el primer plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen azul) y/o un segundo plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen rojo), respectivamente. En diversas realizaciones, la tercera sombra 450 (por ejemplo, la sombra verde) del tercer plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen verde) puede ser menos intensa que la primera sombra 430 (por ejemplo, la sombra azul) y/o la segunda sombra 440 (por ejemplo, la sombra roja) de los respectivos, primer plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen azul) y/o segundo plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen rojo).

Los tres planos de imagen monocromática capturados por el sistema de adquisición de imágenes 102 pueden analizarse posteriormente por el sistema de análisis 104 del sistema de adquisición y análisis de imágenes 100. Por ejemplo, en diversas realizaciones, la imagen del plano de imagen primera longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen azul), la imagen del segundo plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen rojo) y la imagen del tercer plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen verde) se hacen referencia cruzada y se analizan mediante el sistema de análisis 104. El sistema de análisis 104 puede analizar y hacer referencia cruzada a los tres planos de imagen monocromática, o a la imagen del primer plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen azul), la imagen del segundo plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, el plano de imagen rojo) y/o la imagen del tercer plano de imagen de longitud de onda (por ejemplo, verde plano de imagen), para determinar y evaluar las sombras y los bordes sombreados. En diversas realizaciones, las sombras indican un cambio de profundidad que se produce en los píxeles del borde de la imagen, y la orientación del cambio de profundidad. En diversas realizaciones, el análisis de las sombras y los bordes sombreados proporciona información sobre el objeto 200. Por ejemplo, los bordes de la imagen del objeto con sombras estructuradas o cambios bruscos de profundidad, conocidos como bordes de profundidad, pueden proporcionar una segmentación de escena más realista y precisa. Como otro ejemplo, la anchura de la sombra puede implicar una información de profundidad en el borde de profundidad. En diversas realizaciones, la profundidad relativa del borde sombreado del objeto puede calcularse de acuerdo con la información geométrica, incluida la relación geométrica entre la cámara 112, la o las unidades de flash 130, 140 y el objeto 200. En diversas realizaciones, calcular la profundidad del borde sombreado proporciona un sistema para construir un mapa de profundidad cuantitativo del objeto fotografiado 200 y/o de la escena. Esto puede proporcionar ventajosamente un sistema para la detección de defectos (por ejemplo, grietas) en un objeto 200.

Existen varias ventajas para el sistema de adquisición y análisis de imágenes desvelado. En diversas realizaciones, las discontinuidades de poca profundidad se mejoran mediante sombras de la luz emitida por el conjunto de unidad de flash. Además, los bordes de profundidad pueden distinguirse de los patrones planos a través de sombras estructuradas. Además, en diversas realizaciones, el sistema de adquisición y análisis de imágenes desvelado no requiere un algoritmo de coincidencia para analizar los múltiples planos de imagen monocromática. En diversas

realizaciones, los mismos puntos espaciales se proyectan en los mismos píxeles de los tres planos de imagen monocromática. Esto se debe a que, en diversas realizaciones, los tres planos de imagen monocromática se toman a partir de una imagen a color capturada con una sola cámara en un solo punto en el tiempo. Esto puede ayudar a eliminar una fuente importante de imprecisiones en el procesamiento y en el análisis de imágenes en una aplicación de visión estéreo. Además, en diversas realizaciones, el sistema de adquisición y análisis de imágenes desvelado tiene una mayor versatilidad y requiere menos espacio que los sistemas conocidos. Debido a que los tres planos de imagen monocromática se capturan con una sola cámara, el sistema de adquisición de imágenes puede ser de menor tamaño y/o más rígido que una aplicación de visión estéreo que usa un mínimo de dos cámaras. Además, en diversas realizaciones, el sistema de adquisición y análisis de imágenes desvelado puede personalizarse para aplicaciones específicas. Por ejemplo, el conjunto de cámara y las unidades de flash del conjunto de unidad de flash pueden colocarse y/u orientarse para producir una detección de bordes de profundidad más efectiva y una segmentación de escena a partir de sombras estructuradas. Además, en diversas realizaciones, el sistema de adquisición y análisis de imágenes desvelado proporciona una segmentación de objetos de imagen, una estimación aproximada de la profundidad asociada con los bordes de profundidad y una medición precisa de las dimensiones de un objeto. Además, en diversas realizaciones, el sistema de adquisición y análisis de imágenes desvelado proporciona un análisis cuantitativo preciso a lo largo de los bordes de profundidad y proporciona un sistema para construir un mapa de profundidad de un objeto y/o de una escena cuando se conoce la información geométrica del sistema de imagen, por ejemplo, la geometría y la relación espacial de la cámara, la o las unidades de flash y el objeto y/o la escena.

Aunque se han descrito diversas realizaciones representativas de la presente invención anteriormente con un cierto grado de particularidad, los expertos en la materia podrían realizar numerosas alteraciones a las realizaciones desveladas sin alejarse del espíritu o el alcance del objeto de la invención expuesto en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones. Las referencias de acumulación (por ejemplo, adjuntadas, acopladas, conectadas) deben interpretarse de manera amplia y pueden incluir miembros intermedios entre una conexión de elementos y un movimiento relativo entre elementos. Como tal, las referencias de acumulación no infieren necesariamente en que dos elementos estén directamente conectados y en relación fija entre sí. En algunos casos, en las metodologías expuestas directa o indirectamente en el presente documento, se describen diversas etapas y operaciones en un posible orden de operación, pero los expertos en la materia reconocerán que las etapas y las operaciones pueden reorganizarse, reemplazarse o eliminarse sin alejarse necesariamente del espíritu y el alcance de la presente invención. Se pretende que toda la materia contenida en la descripción anterior o mostrada en los dibujos adjuntos se interprete como ilustrativa y no limitativa. Pueden realizarse cambios en los detalles o en la estructura sin alejarse del espíritu de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Los aspectos de la aplicación de análisis de imagen descrito en el presente documento pueden implementarse en software que se ejecuta en un sistema informático. El sistema en el presente documento, por lo tanto, puede operarse por instrucciones ejecutables por ordenador, tales como módulos de programa, ejecutables en un ordenador. Los módulos de programa pueden incluir rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos y similares que realizan tareas específicas o implementan instrucciones específicas. El programa de software puede funcionar para soportar la transferencia de información dentro de una red de sitios asociados de confianza usando artefactos.

Los ordenadores para su uso con el sistema y los diversos componentes descritos en el presente documento pueden ser ordenadores programables que pueden ser ordenadores de fin especial u ordenadores de fin general que ejecutan el sistema de acuerdo con las instrucciones pertinentes. El sistema informático puede ser un sistema embebido, un ordenador personal, un ordenador portátil, un ordenador servidor, un ordenador central, un ordenador en red, un ordenador de mano, un asistente digital personal, una estación de trabajo y similares. Otras configuraciones de sistemas informáticos también pueden ser aceptables, incluidos teléfonos móviles, dispositivos móviles, sistemas multiprocesador, electrónica basada en microprocesador o programable, PC en red, minicomputadoras y similares. Preferentemente, el sistema informático elegido incluye un procesador de tamaño adecuado para operar eficazmente uno o más de los diversos sistemas o funciones.

El sistema o partes del mismo también pueden estar vinculadas a un entorno informático distribuido, donde las tareas se realizan por dispositivos de procesamiento remoto que están enlazados a través de una red de comunicaciones. Para este fin, el sistema puede configurarse o vincularse a múltiples ordenadores en una red, incluyendo, pero no limitado a, una red de área local, una red de área amplia, una red inalámbrica e Internet. Por lo tanto, la información y los datos pueden transferirse dentro de la red o el sistema por medios inalámbricos, por conexión con hardware o combinaciones de los mismos.

El ordenador también puede incluir una pantalla, una disposición para la entrada y salida de datos, etc. Además, el equipo o equipos pueden estar operativa o funcionalmente conectados a uno o más dispositivos de almacenamiento masivo, tales como, pero no limitados a una base de datos. El almacenamiento de memoria puede ser volátil o no volátil y puede incluir medios de almacenamiento extraíbles. El sistema también puede incluir medios legibles por ordenador que pueden incluir cualquier medio o medios legibles por ordenador que puedan usarse para transportar o almacenar el código de programa deseado al que pueda acceder un ordenador. La invención también puede realizarse como código legible por ordenador en un medio legible por ordenador. Con este fin, el medio legible por

ordenador puede ser cualquier dispositivo de almacenamiento de datos que pueda almacenar datos que a continuación puedan leerse por un sistema informático. Los ejemplos de medio legible por ordenador incluyen memoria de solo lectura, memoria de acceso aleatorio, CD-ROM, CD-R, CD-RW, cintas magnéticas y otros dispositivos ópticos de almacenamiento de datos. El medio legible por ordenador también puede distribuirse a través de un sistema informático acoplado a la red de tal manera que el código legible por ordenador se almacene y ejecute de manera distribuida.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de visión artificial que comprende:

- 5 un conjunto de cámara (121);
 una primera unidad de iluminación (130) en comunicación con el conjunto de cámara (121), proporcionándose la primera unidad de iluminación (130) en una primera posición con respecto a un objeto (200) y adaptada para emitir luz de un primer intervalo de longitudes de onda (330) en sincronización con la operación del conjunto de cámara (121) para iluminar al menos una parte del objeto (200) y proyectar una primera sombra (430); y
 10 una segunda unidad de iluminación (140) en comunicación con el conjunto de cámara (121), proporcionándose la segunda unidad de iluminación (140) en una segunda posición y adaptada para emitir la luz de un segundo intervalo de longitudes de onda (340) en sincronización con la operación del conjunto de cámara (121) y simultáneamente con la emisión de luz desde la primera unidad de iluminación (130) para iluminar al menos una parte del objeto y proyectar una segunda sombra (440) y, en combinación con la emisión de la luz de un primer intervalo de longitudes de onda (330) emitido por la primera unidad de iluminación (130), una tercera sombra (450); y
 15 un sistema de análisis (104) en comunicación con el conjunto de cámara (121);
 en el que el primer intervalo de longitudes de onda (330) no se superpone al segundo intervalo de longitudes de onda (340);
 20 en el que el conjunto de cámara (121) está adaptado para capturar, en una sola imagen a color, al menos una parte del objeto (200), al menos una parte de la primera sombra (430) y al menos una parte de la segunda sombra (440) y al menos una parte de la tercera sombra (450);
 en el que el sistema de análisis está adaptado para analizar al menos tres planos de imagen monocromática tomados de dicha imagen a color, para determinar los bordes de profundidad y las discontinuidades del objeto
 25 (200);
 y en el que los tres planos de imagen monocromática incluyen respectivamente un plano de imagen de la luz del primer intervalo de longitudes de onda (330), un plano de imagen de la luz del segundo intervalo de longitudes de onda (340) y un plano de imagen de la luz de un tercer intervalo de longitudes de onda (350) que se superpone al primer intervalo de longitudes de onda y al segundo intervalo de longitudes de onda.
 30
2. El sistema de visión artificial de la reivindicación 1, en el que la luz del primer intervalo de longitudes de onda (330) es un primer color de luz.
3. El sistema de visión artificial de la reivindicación 2, en el que el primer color de luz es la luz azul.
- 35 4. El sistema de visión artificial de la reivindicación 1, en el que la luz del segundo intervalo de longitudes de onda (340) es un segundo color de luz.
5. El sistema de visión artificial de la reivindicación 4, en el que el segundo color de luz es la luz roja.
- 40 6. El sistema de visión artificial de la reivindicación 1, en el que el conjunto de cámara (121) es una cámara a color.
7. El sistema de visión artificial de la reivindicación 1, en el que la primera unidad de iluminación (130) emite un destello de luz del primer intervalo de longitudes de onda (330) en sincronización con la operación del conjunto de cámara (121).
- 45 8. El sistema de visión artificial de la reivindicación 7, en el que la segunda unidad de iluminación (140) emite un destello de luz del segundo intervalo de longitudes de onda (340) en sincronización con la operación del conjunto de cámara (121).
- 50 9. El sistema de visión artificial de la reivindicación 1, en el que la primera unidad de iluminación (130) emite una fuente continua de luz del primer intervalo de longitudes de onda (330).
10. El sistema de visión artificial de la reivindicación 9, en el que la segunda unidad de iluminación (140) emite una fuente continua de luz del segundo intervalo de longitudes de onda (340).
- 55 11. El sistema de visión artificial de la reivindicación 1 para adquirir una imagen, en el que la primera unidad de iluminación (130) y la segunda unidad de iluminación (140) son parte de un conjunto de unidad de flash.
- 60 12. El sistema de visión artificial de la reivindicación 11, en el que el conjunto de cámara (121) incluye una pluralidad de cámaras.
13. El sistema de visión artificial de la reivindicación 11, en el que la primera unidad de iluminación (13) es una primera unidad de flash y la segunda unidad de iluminación (140) es una segunda unidad de flash.
- 65 14. El sistema de visión artificial de la reivindicación 13, en el que la primera unidad de flash emite la luz de la

primera longitud de onda (330).

5 15. El sistema de visión artificial de la reivindicación 14, en el que la segunda unidad de flash emite la luz de la segunda longitud de onda (340).

16. El sistema de visión artificial de la reivindicación 15, en el que la luz de la primera longitud de onda (330) está en el intervalo de longitud de onda del color azul claro y la luz de la segunda longitud de onda (340) está en el intervalo de longitud de onda del color rojo claro.

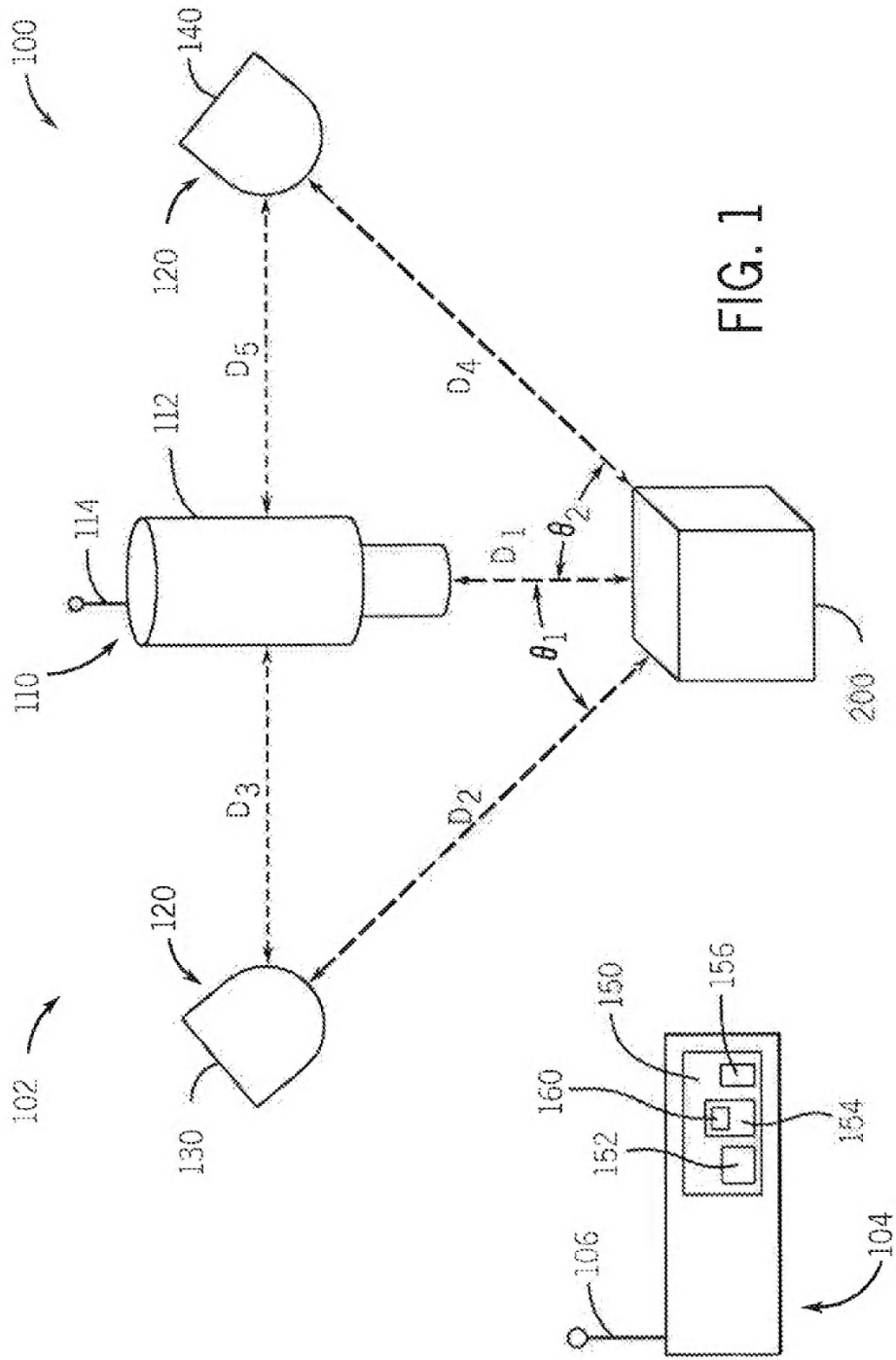
10 17. El sistema de visión artificial de la reivindicación 1 para adquirir una imagen, en el que el conjunto de cámara (121) está a una primera distancia de un objeto (200);

15 en el que la primera unidad de iluminación (130) es una primera unidad de flash proporcionada lejos y en comunicación operable con el conjunto de cámara (121), y proporcionada a una segunda distancia del objeto (200), en el que la primera unidad de flash está adaptada para emitir luz de una o más primeras longitudes de onda (330) correspondientes a un primer color en sincronización con la operación del conjunto de cámara (121) para iluminar al menos una parte del objeto (200) y proyectar una primera sombra;

20 en el que la segunda unidad de iluminación (140) es una segunda unidad de flash proporcionada lejos y en comunicación operable con el conjunto de cámara (121), y proporcionada a una tercera distancia del objeto (200), en el que la segunda unidad de flash está adaptada para emitir luz de una o más segundas longitudes de onda (340) correspondientes a un segundo color en sincronización con la operación del conjunto de cámara (121) y simultáneamente con la luz emitida por la primera unidad de flash para iluminar al menos una parte del objeto y proyectar una segunda sombra (440) y una tercera sombra (450);

25 en el que la una o más primeras longitudes de onda (330) no se superponen a la una o más segundas longitudes de onda (340), y

en el que la una o más primeras longitudes de onda (330) y la una o más segundas longitudes de onda (340) se superponen cada una en un intervalo de una o más terceras longitudes de onda de luz (350) correspondientes a un tercer color.



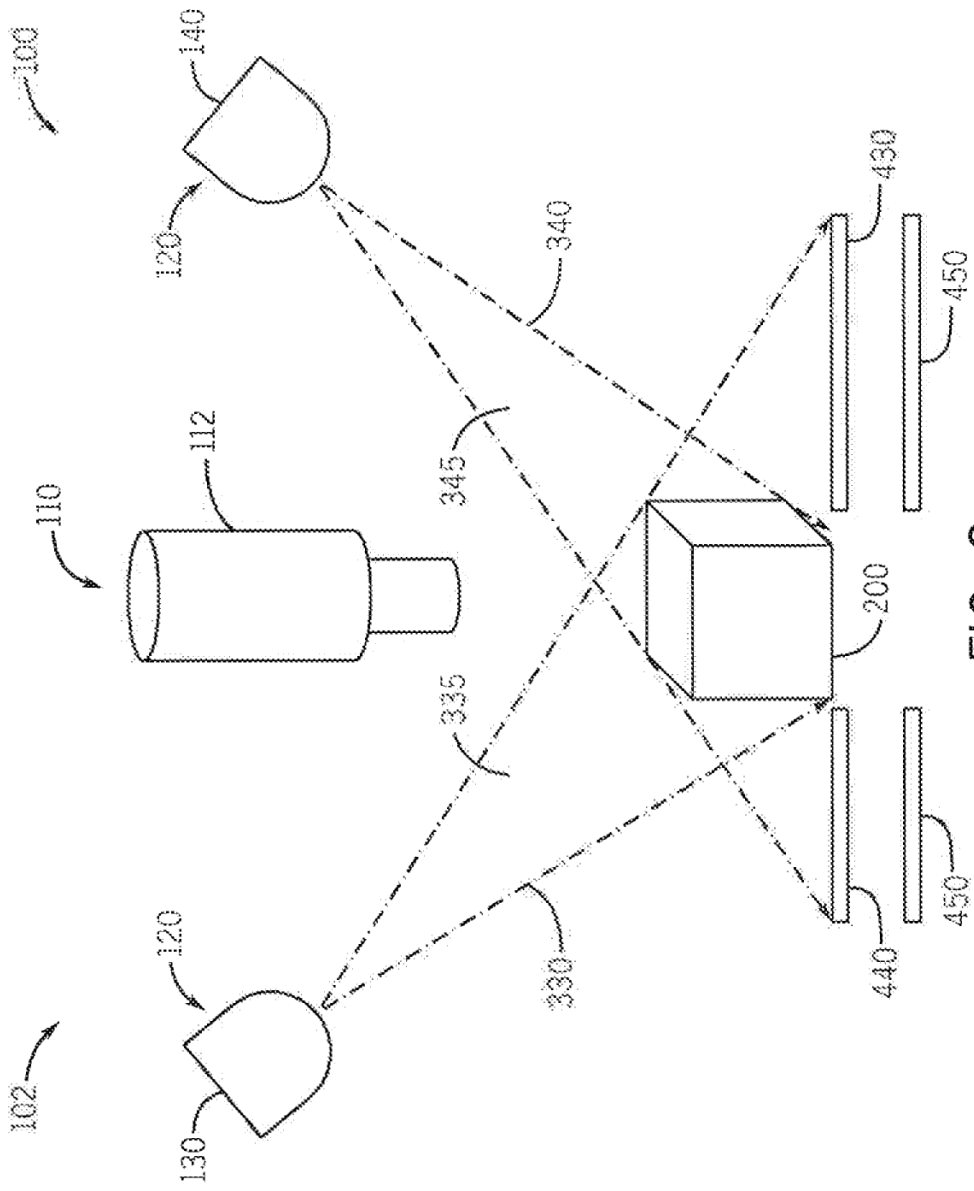


FIG. 2

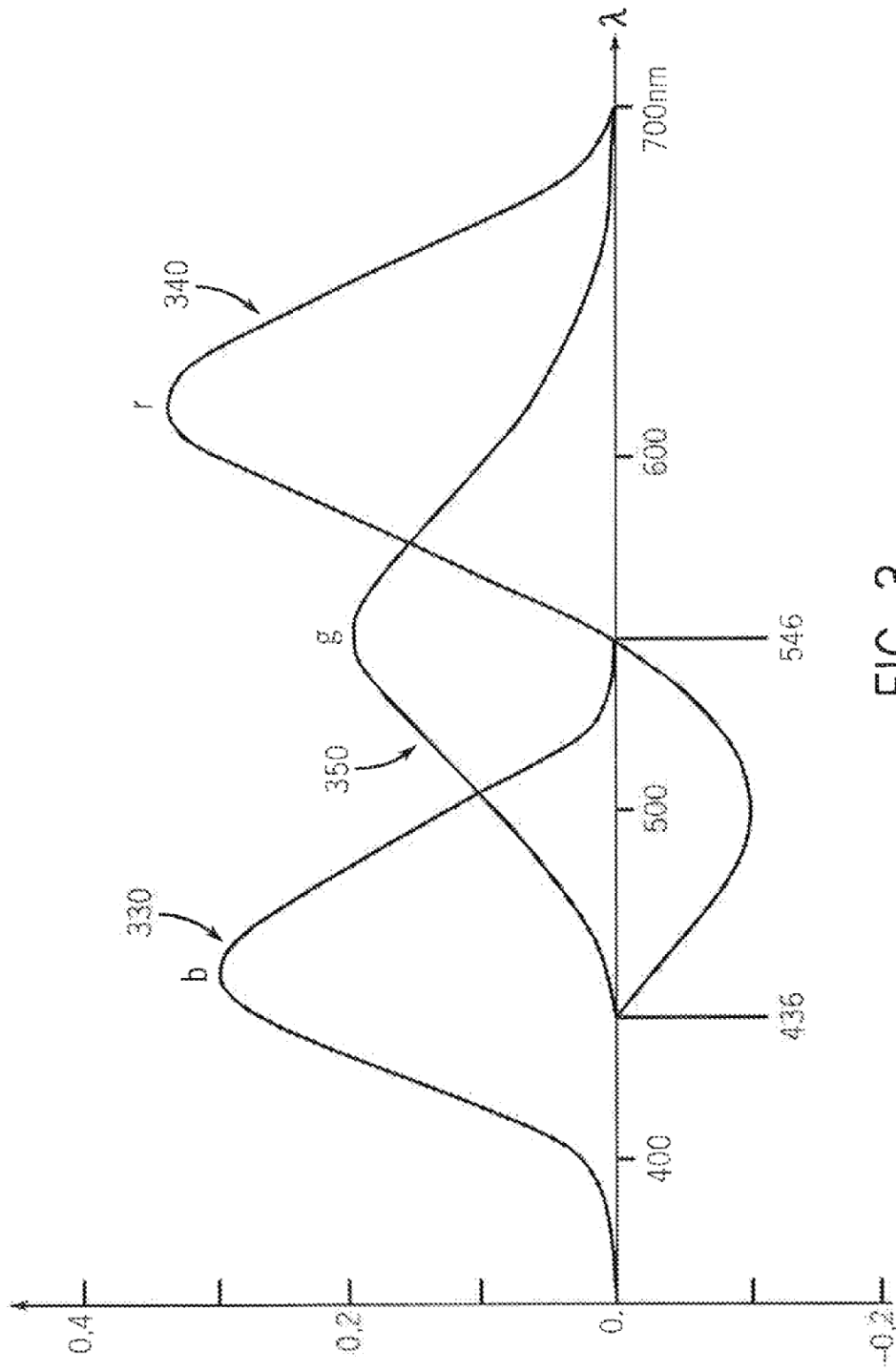


FIG. 3

CARACTERÍSTICAS DE SENSIBILIDAD ESPECTRAL DE DXC-990 & DXC-990P
(ESTO INCLUYE DATOS DE FILTRO CCD, PRISMA Y ÓPTICO)

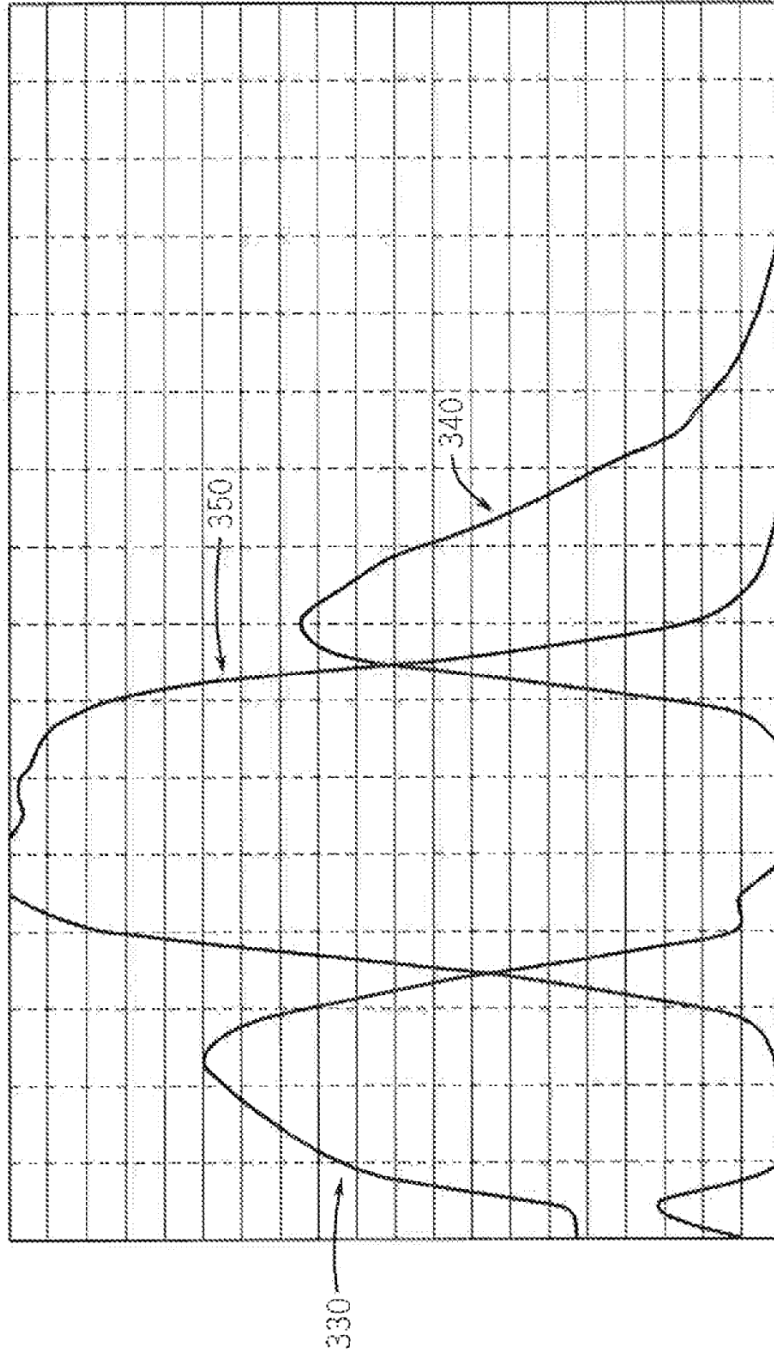


FIG. 4