



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



①Número de publicación: 2 817 026

51 Int. Cl.:

H04N 5/232 (2006.01) G01C 11/02 (2006.01) G03B 15/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: 06.05.2015 PCT/EP2015/059996

(87) Fecha y número de publicación internacional: 12.11.2015 WO15169875

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: 06.05.2015 E 15723870 (0)

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: 17.06.2020 EP 3140983

(54) Título: Dispositivo de imágenes para escenas en movimiento aparente

(30) Prioridad:

06.05.2014 US 201461989165 P 05.05.2015 US 201514704859

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente: 06.04.2021

(73) Titular/es:

URUGUS S.A. (100.0%) Zonamerica - Ruta 8 Km. 17, 500 Edificio 300 oficina 324 Montevideo, UY

(72) Inventor/es:

KARGIEMAN, EMILIANO; RICHARTE, GERADO GABRIEL Y VULETICH, JUAN MANUEL

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de imágenes para escenas en movimiento aparente

5 ANTECEDENTES

Cuando una escena está en movimiento aparente en relación con un dispositivo de imágenes, puede ser difícil recolectar suficiente luz para lograr un rango dinámico adecuado mientras se evita el desenfoque por movimiento y los artefactos. En el caso de los sistemas de observación satelitales o aerotransportados, esta es una preocupación particular. Un tiempo de exposición más corto puede resultar en una exposición a la luz insuficiente. Aumentar el tiempo de exposición resulta en desenfoque. En un sistema de imágenes satelital convencional, este problema puede resolverse aumentando la apertura efectiva de la óptica para recolectar más luz durante un tiempo de exposición dado. Pero hacerlo aumenta tanto el tamaño como el peso de la óptica, lo que aumenta considerablemente los costes asociados con los sistemas satelitales en particular.

15

20

10

Varios sistemas de imágenes convencionales abordan estas preocupaciones de varias maneras y con diversos grados de éxito. Algunos sistemas utilizan sensores lineales que tienen píxeles alargados o, alternativamente, sensores de Integración de Dominio de Tiempo (IDT) para compensar el movimiento aparente. Estas soluciones requieren que el dispositivo de imágenes esté alineado con la dirección del movimiento aparente, y a menudo requieren que el sistema satelital compense los momentos angulares de la carga útil. En otros sistemas de imágenes, los espejos, lentes o los sensores de imágenes se mueven en la dirección de desplazamiento para compensar la dirección de desplazamiento. Incluso otros sistemas utilizan soluciones computacionalmente intensivas para calcular el movimiento y dirigir el medio de grabación para que se mueva con el fin de compensar el movimiento.

25

En general, estos sistemas son grandes y pesados, computacionalmente intensivos, complejos o todo lo anterior. EP 1873574 describe un sistema de sensor multiespectral que se puede montar en una plataforma móvil. El sistema de sensor multiespectral puede comprender un sistema de captura de imágenes, una primera plataforma de traslado fijada al sistema de captura de imágenes y un conjunto óptico fijo. El sistema de sensor multiespectral puede comprender además un controlador de movimiento configurado para mover la primera plataforma de traslado y el sistema de captura de imágenes a través de la óptica estacionaria a lo largo de una dirección de desplazamiento opuesta a una dirección de desplazamiento de la plataforma móvil y a una velocidad sustancialmente igual a la que la plataforma móvil está moviéndose durante una operación de mirada fija.

35

30

US 4,908,705 describe un sistema electro-óptico para reconocimiento aéreo de baja altitud y alta velocidad. Un generador de imágenes lineal se coloca de forma móvil en el plano focal de un sistema de lente gran angular de montaje fijo. La capacidad de movimiento de adelante hacia atrás del generador de imágenes se puede utilizar para seleccionar un ángulo de visión óptimo para el reconocimiento, para la compensación del movimiento de la imagen (para reducir la mancha) o para otras funciones.

40 RESUMEN

Un aparato para obtener imágenes de una escena que tiene movimiento aparente se define en la reivindicación independiente 1. Un método de operar un sistema de imágenes para obtener imágenes de una escena que tiene movimiento aparente se define en la reivindicación independiente 12. Las instrucciones ejecutables por ordenador, almacenadas en uno o más medios de almacenamiento informático, para hacer que el método se realice se definen en la reivindicación independiente 16.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

50 L

45

La descripción detallada se expone con referencia a las figuras adjuntas. En las figuras, el(los) dígito(s) más a la izquierda de un número de referencia identifica(n) la figura en la que aparece primero el número de referencia. El uso de los mismos números de referencia en diferentes figuras indica elementos similares o idénticos.

55 p

65

La FIG. 1 ilustra una vista isométrica de un ejemplo de dispositivo de imágenes que tiene un mecanismo de posicionamiento multieje para imágenes de escenas en movimiento aparente.

La FIG. 2 ilustra una vista superior del ejemplo de dispositivo de imágenes para obtener imágenes de escenas en movimiento aparente.

La FIG. 3 ilustra una vista frontal del ejemplo de dispositivo de imágenes para escenas en movimiento aparente.

La FIG. 4 ilustra una vista lateral de un ejemplo de dispositivo de imágenes para escenas en movimiento aparente.

La FIG. 5 ilustra una vista despiezada de un dispositivo de imágenes de área y un filtro óptico multibanda que incluye una pluralidad de bandas de filtro para usar con un dispositivo de imágenes para escenas en movimiento aparente. La FIG. 6 ilustra una vista isométrica de un ejemplo de dispositivo de imágenes que tiene un dispositivo de imágenes de área y un filtro óptico multibanda provisto sobre el mismo.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de proceso general para la captura de imágenes usando un dispositivo de imágenes para escenas en movimiento aparente.

La FIG. 8 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de proceso para alinear un eje de seguimiento con la dirección de movimiento aparente.

La FIGS. 9A y 9B ilustran imágenes sucesivas y proyecciones grises utilizadas para alinear un dispositivo de imágenes con una dirección de movimiento aparente.

- La FIG. 10 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de proceso para determinar la velocidad de seguimiento y la longitud de recorrido de un dispositivo de imágenes.
 - Las FIGS. 11A-C ilustran imágenes sucesivas y proyecciones grises asociadas que se utilizan para determinar la velocidad de desplazamiento y la longitud de recorrido del dispositivo de imágenes.
 - La FIG. 12 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de proceso para obtener imágenes de una escena que está en movimiento aparente de acuerdo con las realizaciones.
 - La FIG. 13 es un gráfico de exposiciones tomadas, trazadas contra el tiempo y el espacio durante la operación del dispositivo durante una fase de captura de imagen.
 - La FIG. 14 es un diagrama de bloques de un ejemplo de sistema de imágenes utilizable para obtener imágenes de escenas que tienen movimiento aparente.
- Las FIGS. 15A-D ilustran vistas isométricas y vistas laterales de un ejemplo de dispositivo de imágenes que tiene un mecanismo de posicionamiento multieje con múltiples ejes lineales en lugar de un eje lineal un eje de rotación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 Visión general

10

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Las realizaciones incluyen un sistema de imágenes, tal como un sistema de imágenes con base en satélites o aerotransportado, que tiene un mecanismo de posicionamiento multieje, un filtro óptico multibanda y emplea varios algoritmos computacionales en una unidad de procesamiento (por ejemplo, un procesador u otro circuito lógico) para capturar y procesar imágenes de una escena en movimiento aparente con un rango dinámico adecuado mientras se evita el desenfoque de movimiento y otros artefactos visuales.

Las realizaciones controlan el mecanismo de posicionamiento multieje para alinear un eje de seguimiento de un Dispositivo de Imágenes de Área (DIA) (por ejemplo, un tipo de dispositivo de captura de imágenes) en la dirección de movimiento aparente. Se determina una velocidad de seguimiento del DIA para compensar la velocidad del movimiento aparente. Se determina una longitud de recorrido para permitir el tiempo suficiente para una o más exposiciones mientras el DIA se mueve a través de su longitud de recorrido. Se capturan múltiples exposiciones parcialmente superpuestas al hacer que el DIA haga ciclos a través de múltiples recorridos a lo largo del eje de seguimiento. En un solo ciclo, el mecanismo de posicionamiento multieje hace que el DIA se mueva a lo largo del eje de seguimiento en la dirección del movimiento aparente de acuerdo con la longitud de recorrido determinada y la velocidad de seguimiento antes de volver a la posición inicial para comenzar el siguiente ciclo.

Las exposiciones en cada ciclo sucesivo tienen una cantidad determinada de superposición, lo que permite unir las exposiciones para formar una imagen de longitud arbitraria. Cada segmento de la imagen se expone a través de todas las bandas del filtro multi-óptico durante ciclos sucesivos.

Al alinear el eje de seguimiento y establecer una velocidad de seguimiento para compensar el movimiento aparente, se elimina o reduce el desenfoque mientras se captura la imagen en sí, reduciendo así la complejidad computacional del sistema. En resumen, el dispositivo de captura de imágenes se mueve temporalmente a una velocidad y en una dirección que es la misma que la del movimiento aparente, durante una cantidad de tiempo de exposición suficiente, para dar como resultado una imagen de rango dinámico adecuada que esté libre de borrosidad por movimiento. Cada segmento de la imagen se expone a través de diferentes bandas del filtro óptico multibanda para permitir imágenes multiespectrales.

Se utiliza un algoritmo de unión (stitching) en la invención para generar una imagen final (o cuadro de vídeo) a partir de las múltiples exposiciones parcialmente superpuestas. Se pueden capturar múltiples exposiciones durante cada ciclo. Cada exposición intra-ciclo puede tener un tiempo de exposición diferente, para proporcionar tiempos de exposición ventajosos u óptimos para cada banda de filtro, a fin de generar una imagen de alto rango dinámico. Se pueden capturar múltiples exposiciones durante cada ciclo en posiciones horizontales o verticales ligeramente diferentes (perpendiculares al eje de seguimiento), que pueden estar a menos de la distancia de un píxel, para generar exposiciones ligeramente desplazadas horizontal o verticalmente que se utilizan para generar una imagen de resolución aumentada. Las exposiciones desplazadas horizontalmente se pueden obtener utilizando un actuador lineal horizontal, que mueve el dispositivo de imágenes perpendicular a la dirección de movimiento aparente (es decir, perpendicular al eje de seguimiento del dispositivo de imágenes). Las exposiciones desplazadas verticalmente se pueden obtener colocando el actuador de seguimiento en una posición ligeramente desplazada, como una longitud igual a 1/2 de un píxel, desde la posición original de la exposición anterior. En realizaciones, se pueden obtener imágenes que están desplazadas horizontal y verticalmente a la vez para una resolución aún más mejorada.

Algunas realizaciones de los sistemas y aparatos de imágenes descritos aquí pueden emplearse para tomar imágenes de la Tierra desde satélites, tales como los satélites en órbita terrestre baja (LEO por sus siglas en inglés). Los satélites LEO orbitan a velocidades relativas a un punto estacionario en la Tierra que hacen del desenfoque por movimiento un

tema importante. En las realizaciones satelitales, el sistema de imágenes incluye un telescopio y el DIA se coloca en el plano focal del telescopio. La apertura y la distancia focal del telescopio se seleccionan de modo que los tiempos de exposición de las escenas terrestres típicas estén por debajo del tiempo de ciclo del mecanismo de posicionamiento multieje.

Las realizaciones no requieren que el dispositivo de imágenes esté alineado con la dirección del movimiento aparente, lo cual es especialmente útil en sistemas con base en satélites que son propensos a la rotación independientemente de su movimiento. Los sistemas de acuerdo con las realizaciones son simples, compactos y livianos a la vez que también permiten imágenes multiespectrales y vídeo en vivo mientras la escena observada está en movimiento aparente en relación con el aparato de imágenes mientras que minimiza los artefactos de imagen tales como el desenfoque, la inclinación, la oscilación y las aberraciones de desenfoque. Las realizaciones también permiten imágenes de alto rango dinámico (HDR por sus siglas en inglés) y mejoramiento de la resolución espacial.

Los procesos, sistemas y dispositivos descritos en este documento pueden implementarse de varias maneras. A continuación, se proporcionan ejemplos de implementaciones con referencia a las siguientes figuras.

Ejemplo de Dispositivo de Imágenes

5

10

15

35

40

45

50

55

60

La FIG. 1 ilustra una vista isométrica 100 de un ejemplo de dispositivo de imágenes 102 que tiene un mecanismo de 20 posicionamiento multieje 104 para obtener imágenes de escenas en movimiento aparente. En la realización ilustrativa representada en la FIG. 1, el mecanismo de posicionamiento multieje 104 incluye un carril de enfoque 106 alineado con el eje z. El carril de enfoque 106 incluye un actuador lineal, tal como un motor eléctrico, y se usa para enfocar el dispositivo de imágenes 102. La longitud del carril de enfoque 106 es, en realizaciones, al menos tan larga como cualquiera de las variaciones en la posición de enfoque del dispositivo de imágenes 102. En las realizaciones para las 25 cuales se espera que la distancia entre el dispositivo de imágenes 102 y la posición de enfoque permanezca constante o tenga una variación suficientemente pequeña (como en un sistema de imágenes satelitales), la longitud de recorrido del carril de enfoque 106 puede establecerse en una longitud un poco más larga que la longitud confocal del dispositivo de imágenes 102, tal como entre unas pocas micras y unos pocos milímetros. Cuando se espera que la variación en la posición de enfoque sea lo suficientemente pequeña, el enfoque puede ajustarse en un procesamiento posterior, por ejemplo, algorítmicamente, permitiendo así que las tolerancias de fabricación en el actuador lineal sean 30 relativamente relajadas. El actuador lineal no necesita ser particularmente rápido, aunque puede serlo.

El soporte 108 puede tener algo de forma en "L", e incluye una plataforma 110 que es movida por el actuador lineal a lo largo del eje z del carril de enfoque 106. El soporte 108 incluye un miembro vertical 112, que incluye un carril circular 114. La placa circular 116 gira dentro del carril circular 114, controlado por un actuador giratorio debajo o acoplado de otro modo a la placa circular 116. Una plataforma 118 está situada en el carril de seguimiento 120 de la placa circular 116. Un actuador lineal hace que la plataforma 118 se mueva a lo largo del carril de seguimiento 120, a lo largo de un eje de seguimiento y'. En algunas realizaciones, también se incluye un actuador transversal que mueve la plataforma 118 a lo largo de un eje transversal que es perpendicular al eje de seguimiento.

El actuador giratorio hace que la placa circular 116 gire, orientando de este modo el eje de seguimiento y' del carril de seguimiento 120. En la invención el eje de seguimiento y' está orientado para ser sustancialmente paralelo a la dirección del movimiento aparente de la escena que se está fotografiando, como se describirá con más detalle en otra parte dentro de esta Descripción Detallada. El posible grado de rotación de la placa circular 116 es, en algunas realizaciones, al menos 180 grados para permitir que la orientación del carril de seguimiento 120 esté en cualquier ángulo, para tener en cuenta cualquier posible dirección de movimiento aparente. El grado de rotación puede ser mayor de 180 grados para evitar posibles problemas en los que la dirección del movimiento aparente está cerca del límite de rotación de la placa circular 116. El actuador giratorio es suficientemente preciso para mantener cualquier desalineación entre el eje de seguimiento y' y la dirección del movimiento aparente para que sea menor que un solo píxel de un dispositivo de imágenes de área (que se coloca en la plataforma 118 como se muestra en la FIG. 6). El actuador giratorio puede ser un motor piezoeléctrico o de pasos, u otro actuador o mecanismo de posicionamiento adecuado.

El carril de seguimiento 120 incluye un actuador lineal debajo o acoplado de otro modo a la plataforma 118. El actuador lineal es operable para mover la plataforma 118 a lo largo del carril de seguimiento 120 para compensar el movimiento aparente de la escena que se está fotografiando. El actuador lineal para el seguimiento es lo suficientemente rápido como para desplazar la plataforma 118 a la velocidad del movimiento aparente, y para volver a una posición inicial lo suficientemente rápido como para que se pueda lograr otro ciclo de exposición de imagen con una superposición suficiente entre las exposiciones capturadas sucesivamente y aumentar el tiempo de exposición disponible para capturar imágenes. La fluctuación (variabilidad en la velocidad de movimiento) del actuador lineal para el seguimiento es inferior a un píxel del dispositivo de imágenes de área para evitar el desenfoque de las imágenes resultantes. El actuador lineal para el seguimiento puede ser un motor piezoeléctrico, un motor paso a paso u otro actuador o dispositivo adecuado.

Se pueden obtener imágenes de resolución mejorada utilizando exposiciones desplazadas verticalmente entre imágenes sucesivas dentro de un ciclo, exposiciones desplazadas horizontalmente entre imágenes sucesivas dentro de un ciclo, o exposiciones desplazadas tanto horizontal como verticalmente (que pueden incluir una o más exposiciones adicionales que están desplazadas tanto horizontal como verticalmente respecto a una exposición original, o dos exposiciones adicionales, una de las cuales está desplazada horizontalmente y la otra desplazada verticalmente respecto a una exposición original). Las imágenes desplazadas verticalmente, tal como las imágenes con un desplazamiento de 1/2 de píxel en una dirección u otro desplazamiento que no sea un múltiplo entero de un píxel completo, permiten una resolución adicional en la dirección vertical. En estas realizaciones, el actuador lineal para seguimiento reposiciona el dispositivo de imágenes hasta dentro de una distancia de desplazamiento, tal como 1/2 píxel, desde la posición original de una exposición capturada previamente. Las dos imágenes con desplazamiento vertical se procesan como se describe en otra parte de esta Descripción Detallada para producir una imagen de mayor resolución.

En algunas realizaciones, para producir exposiciones desplazadas horizontalmente, también se incluye un actuador transversal que mueve la plataforma 118 a lo largo de un eje transversal que es perpendicular al eje de seguimiento y'. La longitud de recorrido del actuador transversal se utiliza para generar imágenes de mayor resolución. El actuador transversal es un actuador de desplazamiento piezo u otro actuador de alta resolución adecuado.

En el ejemplo ilustrado en la FIG. 1, el mecanismo de posicionamiento multieje 104 incluye un actuador giratorio, que gira el carril de seguimiento 120 para que sea sustancialmente paralelo al eje de seguimiento y', y un actuador lineal para mover el carril de seguimiento en la dirección del eje de seguimiento y'. En realizaciones alternativas, tal como se ilustran en las Figs. 15A-D (aunque son posibles otros ejemplos sin apartarse del alcance de las realizaciones), dos actuadores, un actuador x y un actuador y se mueven simultáneamente de modo que el dispositivo de imágenes sigue la dirección del movimiento aparente (por ejemplo, el eje de seguimiento y'). La determinación de las velocidades de seguimiento de los actuadores x e y se determina de una manera sustancialmente similar.

En el ejemplo ilustrado en la FIG. 1, el dispositivo de imágenes está incluido en un satélite 122. El satélite 122 puede ser un satélite de órbita terrestre baja (LEO) o algún otro tipo de satélite sin apartarse del alcance de las realizaciones. En otras realizaciones, el dispositivo de imagen 122 puede estar a bordo de una aeronave (tripulada o no tripulada), otro tipo de nave espacial (tripulada o no tripulada), y así sucesivamente.

La FIG. 2 ilustra una vista superior 200 del ejemplo de dispositivo de imágenes 102 para obtener imágenes de escenas en movimiento aparente. La FIG. 3 ilustra una vista frontal 300 del ejemplo de dispositivo de imágenes 102 para escenas en movimiento aparente. La FIG. 4 ilustra una vista lateral 400 de un ejemplo de dispositivo de imágenes 102 para escenas en movimiento aparente.

En algunas realizaciones del dispositivo de imágenes 102 para uso en satélites, como en los satélites LEO, los actuadores son motores piezoeléctricos (en una variante, pueden usarse motores piezoeléctricos ultrasónicos en su lugar). El actuador giratorio puede ser un motor giratorio alrededor del eje z, utilizado para orientar el dispositivo con respecto a la dirección de desplazamiento. Se puede utilizar un motor lineal con estabilización mecánica a lo largo del eje z para enfocar. El recorrido total para el actuador lineal para enfocar puede ser suficiente para corregir las posibles variaciones en el enfoque debido a la dilatación térmica, los efectos mecánicos, las diferencias de longitud de onda, etc.

- La FIG. 5 ilustra una vista despiezada 500 de un dispositivo de imágenes de área 502 y un filtro óptico multibanda 504 que incluye una pluralidad de bandas de filtro 506, 508, 510 y 512 para usar con un dispositivo de imágenes para escenas en movimiento aparente. Las realizaciones pueden tener más o menos bandas de filtro que las que se muestran en la FIG. 5. Un marco 514 mantiene las bandas de filtro 506-512 en su lugar, y se coloca sobre el DIA 502.
- Las bandas de filtro se seleccionan para cubrir fracciones deseadas del espectro electromagnético, y las realizaciones no se limitan a alguna banda o bandas en particular. Las bandas de filtro 506-512 pueden incluir, por ejemplo, bandas azules, infrarrojas, verdes y rojas, con otra banda de cobertura sin filtrar (es decir, una banda pancromática). El número de bandas de filtro, y la transmisión espectral de cada banda de filtro 506-512 se eligen para adquirir cualquier combinación de longitudes de onda de interés. Las bandas de filtro 506-512 pueden ser filtros de absorción, filtros de interferencia, u otro tipo de filtros.

En algunas realizaciones del filtro óptico multibanda 504 para uso en satélites, tal como en los satélites LEO, las bandas de filtro 506-512 comprenden cinco filtros pasabanda alineados para un conjunto de secciones deseadas del espectro electromagnético. En un ejemplo particular, tres de los filtros corresponden a los componentes Rojo, Verde y Azul (RGB por sus siglas en inglés) del espectro visible, para componer fácilmente imágenes a color convencionales, con una de las dos bandas restantes correspondiente a todo el espectro de luz visible, para obtener información de intensidad, y otra de las bandas restantes correspondiente al infrarrojo cercano. Otros números y combinaciones de filtros pueden ser útiles para recopilar diferentes tipos de información, ya sea que se utilicen en satélites u otros tipos de sistemas.

65

60

10

30

35

40

Una superficie activa 516 del DIA 502 incluye una pluralidad de sensores de píxeles, tales como diodos de absorción de luz, dispuestos en un espacio bidimensional o tridimensional. El DIA puede ser de varios tipos, como por ejemplo un dispositivo de carga acoplada (CCD por sus siglas en inglés), un sensor semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS por sus siglas en inglés) u otra arquitectura adecuada.

La FIG. 6 ilustra una vista isométrica 600 de un ejemplo de dispositivo de imágenes 102 que tiene un dispositivo de imágenes de área 502 y un filtro óptico multibanda 504 provisto sobre el mismo.

Ejemplos de Operaciones para Obtener Imágenes de una Escena en Movimiento Aparente

5

10

15

20

25

30

35

40

Las FIGS. 7, 8, 10 y 12 representan gráficos de flujo que muestran ejemplos de procesos de acuerdo con diversas realizaciones. Las operaciones de estos procesos se ilustran en bloques individuales y se resumen con referencia a esos bloques. Estos procesos se ilustran como gráficos de flujo lógico, cada operación de los cuales puede representar un coniunto de operaciones que pueden implementarse en hardware, software o una combinación de los mismos. En el contexto del software, las operaciones representan instrucciones ejecutables por ordenador almacenadas en uno o más medios de almacenamiento informático, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores, permiten que uno o más procesadores realicen las operaciones recitadas. En general, las instrucciones ejecutables por ordenador incluven rutinas, programas, objetos, módulos, componentes, estructuras de datos y similares que realizan funciones particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. En el contexto del hardware, las operaciones pueden llevarse a cabo en un circuito integrado, tal como en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC por sus siglas en inglés), en un dispositivo lógico programable, tal como una matriz de puertas lógicas programable en campo (FPGA por sus siglas en inglés) u otro dispositivo. El orden en el que se describen las operaciones no debe interpretarse como una limitación, y cualquier número de las operaciones descritas se puede combinar en cualquier orden, separar en sub-operaciones y/o realizar en paralelo para implementar el proceso. Los procesos de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación pueden incluir solo algunas o todas las operaciones representadas en el gráfico de flujo lógico.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de proceso resumido 700 para capturar imágenes usando un dispositivo de imágenes para escenas en movimiento aparente. En 702, un módulo de control de un dispositivo de imágenes dirige un mecanismo de posicionamiento multieje de un sistema o aparato de imágenes para establecer que su eje de seguimiento sea sustancialmente paralelo al movimiento aparente de una escena que se está fotografiando. En realizaciones (como en las Figuras 15A-D) donde dos actuadores lineales, un actuador x y un actuador y se mueven simultáneamente de modo que el dispositivo de imágenes sigue la dirección de movimiento aparente (por ejemplo, el eje de seguimiento y'), el eje de seguimiento que se establece es un eje de seguimiento "virtual", y se implementa utilizando los dos actuadores lineales (<u>x e y</u>). En realizaciones, esto se logra usando proyecciones grises como se describe con más detalle en otra parte de esta Descripción Detallada.

En 704, el módulo de control dirige el mecanismo de posicionamiento multieje para establecer su velocidad de seguimiento y longitud de seguimiento basado al menos en las proyecciones grises. Esto se logra de tal manera que la velocidad de seguimiento hace que las proyecciones grises verticales sean menores que un nivel umbral de desplazamiento entre al menos dos de las imágenes sucesivas, como se describe con más detalle en otra parte de esta Descripción Detallada.

En 706, el sistema de control dirige el dispositivo de imágenes para capturar imágenes, como dirigiendo el mecanismo de posicionamiento multieje para mover el DIA a lo largo del eje de seguimiento en uno o más ciclos y para dirigir el dispositivo de imágenes de área para que tome al menos una exposición durante cada uno de los uno o más ciclos para generar una pluralidad de exposiciones parcialmente superpuestas. Esto se describe con más detalle en otra parte de esta Descripción Detallada.

En 708, un módulo de imágenes procesa las exposiciones para generar una imagen, como uniendo la pluralidad de exposiciones superpuestas para formar una imagen de la escena. El procesamiento puede incluir la utilización de múltiples exposiciones de cada ciclo a diferentes tiempos de exposición para generar imágenes de alto rango dinámico. El procesamiento puede incluir imágenes de mayor resolución de múltiples exposiciones por ciclo, cada una tomada con un desplazamiento que no es un múltiplo entero de un solo píxel, tales como desplazamientos horizontales de sub-píxeles y/o desplazamientos verticales de sub-píxeles como se describe en otra parte de esta Descripción Detallada. Las imágenes de imágenes consecutivas y parcialmente superpuestas se unen. Se puede obtener un número suficiente de exposiciones para generar una imagen de cualquier longitud.

La FIG. 8 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de proceso 800 para alinear un eje de seguimiento (y') con la dirección de movimiento aparente. En 802, un módulo de control dirige el dispositivo de imágenes para capturar dos o más imágenes sucesivas. Una "región de interés" (una imagen parcial), y no una imagen de tamaño completo del dispositivo de imágenes, puede ser fotografiada en esta etapa, aunque también puede usarse una imagen de tamaño completo. Al comienzo de este proceso, en realizaciones que utilizan un actuador giratorio, el actuador giratorio del mecanismo de posicionamiento multieje está en el centro de su recorrido, y el actuador lineal para el seguimiento también está en el centro de su recorrido (por ejemplo, una "posición inicial") para que el centro del área activa del

DIA esté más cerca del centro de rotación del actuador giratorio. Las imágenes se toman con un tiempo de exposición corto para reducir la borrosidad por movimiento. El DIA no se mueve durante la captura de estas imágenes que se toman durante un proceso de alineación. La velocidad de cuadros es lo suficientemente corta como para reducir la parte de la escena que sale y entra en los cuadros sucesivos, pero lo suficientemente larga como para que haya un desplazamiento adecuado de la escena entre cuadros.

5

10

15

20

25

45

50

55

En 804, un módulo de control obtiene proyecciones grises de las imágenes sucesivas (que en esta etapa pueden ser imágenes parciales que muestran regiones de interés en lugar de imágenes completas de la escena). En las proyecciones grises, los valores de píxeles para cada columna se suman para generar una proyección vertical, y los valores de píxeles en cada fila se suman para generar una proyección horizontal. Estos valores de píxeles sumados condensan la imagen bidimensional en una sola fila o columna, y se pueden usar para encontrar el desplazamiento entre dos imágenes. Las FIGS. 9A y 9B se usan para ilustrar esto con más detalle.

En 806, el módulo de control determina los desplazamientos entre imágenes sucesivas. El módulo de control calcula los desplazamientos correlacionando las proyecciones grises de una imagen a partir de las proyecciones grises de la siguiente imagen sucesiva para comparar, y luego encuentra un pico en la correlación, tal como se ilustrará con más detalle con respecto a las FIGS. 9A-B. Esta correlación es una operación costosa, computacionalmente hablando. La correlación de este tipo podría hacerse con la imagen completa en lugar de las proyecciones grises. Tal correlación de imagen completa incluiría la correlación de una enorme matriz de píxeles, lo que sería especialmente costoso desde el punto de vista computacional. Por ello, algunas realizaciones de la presente divulgación se correlacionan usando proyecciones grises, lo que reduce los recursos computacionales utilizados para realizar la función. En algunas realizaciones, una vez que el sistema está funcionando, o basado en haber utilizado alguna estimación inicial de la dirección de movimiento aparente (por ejemplo, a partir de la actitud conocida de una aeronave o nave espacial), el sistema reduce aún más la correlación a una vecindad del desplazamiento estimado (en lugar de evaluar la gama completa de posibles desplazamientos). Esto reduce aún más el tiempo de procesamiento. En la descripción anterior, "actitud" es la dirección hacia la cual se dirige el sistema de imágenes, definido, por ejemplo, por tres ángulos con respecto a alguna referencia.

En 808, el módulo de control determina si los desplazamientos horizontales (x') de las proyecciones grises horizontales entre imágenes sucesivas son menores que un nivel umbral de desplazamiento, y si los desplazamientos verticales (y') de las proyecciones grises verticales entre imágenes sucesivas son constantes entre las diferentes imágenes. Los desplazamientos horizontales que son cero o dentro de un umbral indican que el eje de seguimiento es sustancialmente paralelo a la dirección del movimiento aparente de la escena.

Donde en 808 los desplazamientos horizontales (x') no están dentro de un umbral de desplazamiento y/o donde los desplazamientos verticales (y') no son constantes entre las imágenes, (la flecha "NO"), el módulo de control en 810 dirige el mecanismo de posicionamiento del multieje para cambiar alterar el eje de seguimiento, tal como cambiando la orientación del DIA en realizaciones que utilizan un actuador giratorio. Para hacer esto, el módulo de control determina si las proyecciones grises indican que las escenas en las imágenes sucesivas se mueven hacia la parte inferior e izquierda de la imagen, hacia la parte superior y derecha, hacia la parte superior e izquierda, o hacia arriba y derecha, la orientación del DIA se gira en sentido horario; donde las escenas se mueven hacia abajo y derecha o hacia arriba e izquierda, la orientación del DIA se gira en sentido anti-horario. Para cambiar la orientación del DIA, el módulo de control puede dirigir un actuador giratorio para rotar el DIA, o tomar alguna otra acción.

Donde los desplazamientos horizontales (x') están dentro de un umbral de desplazamiento y donde los desplazamientos verticales (y') son constantes entre las imágenes, (la flecha "Sí"), el módulo de control en 812 determina la velocidad de seguimiento de las imágenes basándose en la cantidad de desplazamiento vertical entre las imágenes, que se utiliza como punto de partida para determinar la velocidad de seguimiento del DIA, como se describe a continuación con respecto a la FIG. 10.

Las FIGS. 9A y 9B ilustran imágenes sucesivas y proyecciones grises utilizadas para alinear un dispositivo de imágenes con una dirección de movimiento aparente. La FIG. 9A ilustra una primera imagen 900, y la FIG. 9B ilustra una segunda imagen sucesiva 902 durante un procedimiento de alineación. Se determinan las proyecciones grises verticales 904 y las proyecciones grises horizontales 906 de la imagen 900. También se determinan las proyecciones grises verticales 908 y las proyecciones grises horizontales 910 de la imagen 902. La FIG. 9B muestra proyecciones grises verticales 904 superpuestas con proyecciones grises verticales 908; y las proyecciones grises horizontales 906 se muestran superpuestas con las proyecciones grises horizontales 910.

60 Un desplazamiento horizontal 912 (x') entre las dos imágenes se determina en base a las proyecciones grises horizontales. Un desplazamiento vertical 914 (y') entre las dos imágenes se determina en base a las proyecciones grises verticales. El módulo de control utiliza estos desplazamientos en 808 para determinar si se debe ajustar aún más la orientación del DIA. Por ejemplo, la dirección y el movimiento del sistema de imágenes con respecto a la escena que se está fotografiando es a lo largo del vector 916, y su ángulo desde la vertical es el ángulo 918. En este ejemplo, el vector 916 no es lo suficientemente paralelo a la dirección de desplazamiento (y), por lo que el módulo de control

dirige el mecanismo de posicionamiento multieje para orientar el eje de seguimiento de modo que gire en un ángulo 918; esto se puede lograr ya sea girando el DIA donde se usa un actuador giratorio, o estableciendo la velocidad y la distancia de desplazamiento de dos actuadores lineales en realizaciones que utilizan dos actuadores lineales de esta manera (como en las Figuras 15A-D).

5

10

La FIG. 10 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de proceso 1000 para determinar la velocidad de seguimiento y la longitud de recorrido de un sistema de imágenes. En 1002, el módulo de control del sistema de imágenes dirige el mecanismo de posicionamiento multieje para mover el DIA a una velocidad de seguimiento estimada y volver a una posición inicial durante una pluralidad de ciclos. La velocidad de seguimiento estimada puede determinarse durante un procedimiento de alineación, tal como en 812 de la FIG. 8. El DIA se puede devolver a la posición inicial a una velocidad máxima del (de los) actuador(es) lineal(es) utilizado(s) para el seguimiento. Los puntos de inicio y finalización de la longitud de recorrido pueden establecerse a distancias iguales de una posición "inicial" o central del eje de seguimiento (por ejemplo, el punto central a lo largo del carril de seguimiento 120) para tener un recorrido útil del actuador adecuadamente largo durante el procedimiento de ajuste de velocidad.

15

En 1004, se capturan imágenes sucesivas y el módulo de control determina las proyecciones grises de las imágenes sucesivas. Dado que el movimiento del DIA se ajusta en este punto para compensar el movimiento durante un procedimiento de alineación (como se ilustra en la FIG. 8), la velocidad de fotogramas de la captura de imagen en 1004 puede establecerse para que sea más larga que en la fase de alineación.

20

En 1006, el módulo de control determina los desplazamientos de proyecciones grises verticales y horizontales, de la misma o similar manera a como se discutió anteriormente con respecto a la FIG. 8.

25

En 1008, el módulo de control determina basado en las proyecciones grises horizontales de imágenes sucesivas si los desplazamientos horizontales (x') (o la velocidad de los desplazamientos horizontales) son cero o están dentro de un umbral de desplazamiento entre imágenes sucesivas.

30

Si los desplazamientos horizontales no están dentro del umbral (la flecha "NO"), el módulo de control en 1010 cambia la orientación del eje de seguimiento, tal como al dirigir el DIA para cambiar la orientación donde se utiliza un actuador giratorio, similar al procedimiento descrito con respecto a 810 de la FIG. 8, tal como dirigiendo un actuador giratorio para que gire. Cuando se utilizan dos actuadores lineales (como en las FIGS. 15A-D), el eje de seguimiento se reorienta al establecer nuevas velocidades y distancias de desplazamiento para los dos actuadores lineales. Esto ajusta finamente la orientación del DIA.

35

En 1012, el módulo de control determina basado en las proyecciones grises verticales de imágenes sucesivas, si la velocidad vertical (o los desplazamientos verticales) de las imágenes sucesivas es cero o está dentro de un umbral de velocidad entre imágenes sucesivas. Si las velocidades verticales no están dentro del umbral (la flecha "NO"), entonces el módulo de control en 1014 dirige el DIA para cambiar la velocidad del(de los) actuador(es) lineal(es) utilizado(s) para el seguimiento para compensar el movimiento aparente.

40

En 1016, el módulo de control devuelve el DIA a su posición inicial para el siguiente ciclo. En 1018, el módulo de control determina a partir de las proyecciones grises verticales si el desplazamiento vertical (Δy ') está en un valor deseado entre imágenes sucesivas. En las realizaciones, el módulo de control determina esto midiendo, calculando o de otra manera determinando el tiempo del ciclo (por ejemplo, el tiempo desde el inicio del movimiento del DIA desde la posición inicial a lo largo de la longitud de recorrido hasta un tiempo en el cual el DIA se mueve de nuevo a la posición inicial), y la velocidad de seguimiento se multiplica por el tiempo del ciclo para determinar el desplazamiento vertical entre ciclos. El desplazamiento vertical se compara con un desplazamiento deseado. En realizaciones, el desplazamiento deseado se basa en la longitud de una sola banda del filtro óptico multibanda menos una superposición deseada entre las exposiciones tomadas en ciclos sucesivos.

50

45

Si los desplazamientos verticales (Δy) no están en valores aceptables entre imágenes sucesivas (la flecha "NO"), entonces el módulo de control en 1020 dirige el dispositivo de imágenes para ajustar la longitud de recorrido del DIA. La longitud de recorrido se ajusta de modo que la superposición entre las exposiciones tomadas en ciclos sucesivos se encuentre dentro de un rango de desplazamiento predeterminado, tal como un rango predeterminado de píxeles (por ejemplo, 300 píxeles u otro número de píxeles).

55

En 1022, el módulo de control determina si los parámetros son aceptables para fotografiar. Los parámetros incluyen los desplazamientos verticales (Δy '), los desplazamientos horizontales (Δx ') y la velocidad vertical determinada a partir de las exposiciones tomadas en ciclos sucesivos, como se discutió anteriormente.

60

Si los parámetros no están en valores aceptables (la flecha "NO"), entonces el módulo de control repite el proceso hasta que los parámetros sean aceptables (o hasta que se haya alcanzado un número umbral de ciclos de obtención de imagen). Si los parámetros están en valores aceptables (la flecha "SÍ"), entonces el módulo de control en 1024 establece los parámetros para la obtención de imágenes, que posteriormente se utilizan durante una fase de obtención de imágenes, tal como se describe con respecto a la FIG. 12.

Las FIGS. 11A-C ilustran imágenes sucesivas 1100, 1102 y 1104, respectivamente, y proyecciones grises asociadas que se utilizan para determinar una velocidad de desplazamiento y una longitud de recorrido del dispositivo de imágenes. Las imágenes 1100, 1102 y 1104 se toman mientras el DIA se mueve a lo largo de su longitud de recorrido en ciclos sucesivos. El módulo de control determina proyecciones grises verticales 1106 y proyecciones grises horizontales 1108 de la imagen 1100, así como proyecciones grises verticales 1110 y proyecciones grises horizontales 1112 de la imagen 1100. La FIG. 11B muestra proyecciones grises verticales 1106 superpuestas a proyecciones grises verticales 1110, y proyecciones grises horizontales 1108 superpuestas a proyecciones grises horizontales 1112. En el ejemplo ilustrado en las FIGS. 11A-B, no hay desplazamiento horizontal (Δx) ya que la orientación del dispositivo de imágenes se ha cambiado para compensar la dirección del movimiento aparente de la escena que se está fotografiando. (Remitiéndose a la FIG. 10, esta determinación se realiza en 1008).

10

15

30

35

55

60

65

En el ejemplo ilustrado en las FIGS. 11A-B, hay una pequeña cantidad de desplazamiento vertical 1114 entre las imágenes sucesivas. Por lo tanto, el módulo de control ajusta la velocidad de seguimiento para compensar la velocidad del movimiento aparente. (Remitiéndose a la FIG.10, esta determinación se realiza en 1012 y el ajuste se realiza en 1014).

En el ejemplo ilustrado en la FIG. 11C, se muestra una tercera imagen sucesiva 1104 con sus proyecciones grises verticales 1116 superpuestas con proyecciones grises verticales 1110 de la imagen 1102, y con sus proyecciones grises horizontales 1118 superpuestas con proyecciones grises horizontales 1112 de la imagen 1102. Si el desplazamiento vertical 1120 es mayor o menor que un rango de píxeles deseado (300 píxeles, por ejemplo), entonces se ajusta la longitud de recorrido de seguimiento y se obtienen más proyecciones grises para probar el desplazamiento. (Remitiéndose a la FIG. 10, esta determinación se realiza en 1018 y el ajuste se realiza en 1020).

La FIG. 12 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de proceso 1200 para obtener imágenes de una escena que está en movimiento aparente según las realizaciones. En 1202, el módulo de control del dispositivo de imágenes controla el mecanismo de posicionamiento multieje para establecer la distancia desde la óptica al dispositivo de imágenes (z) para enfocar la imagen. El módulo de control puede operar un actuador lineal para establecer la longitud focal del dispositivo de imágenes.

En 1204, el módulo de control establece uno o más tiempos de exposición para cada ciclo, teniendo en cuenta que diferentes bandas del filtro óptico del filtro óptico multibanda permiten el paso de diferentes cantidades de luz. Tomar imágenes con diferentes tiempos de exposición también permite que el sistema realice imágenes de alto rango dinámico (por ejemplo, combinando varias imágenes tomadas con diferentes parámetros en una sola imagen). Por ejemplo, si la escena que se está fotografiando está sobre-iluminada en una parte y sub-iluminada en otra parte, entonces el sistema de imágenes puede combinar dos o más imágenes tomadas en diferentes tiempos de exposición para generar una imagen que parece estar adecuadamente iluminada, o más uniformemente iluminada, en todas las porciones.

En 1206, el módulo de control determina si el tiempo de exposición calculado en 1204 es menor que un tiempo de la longitud de recorrido del dispositivo de imágenes (por ejemplo, el tiempo de ciclo menos el tiempo que tarda el mecanismo de posicionamiento multieje para devolver el DIA a la posición inicial). El tiempo de ciclo es la cantidad de tiempo que le toma al mecanismo de posicionamiento multieje mover el DIA desde una posición inicial a una posición final a lo largo de una longitud de recorrido, y luego devolver el DIA a la posición inicial. Por lo tanto, el tiempo del ciclo depende de la velocidad de seguimiento, la longitud de recorrido y la velocidad con la que el mecanismo de posicionamiento multieje está configurado para devolver el DIA a la posición inicial. Al menos la velocidad de seguimiento y la longitud de recorrido se determinan previamente, tal como se describe con respecto a la FIG. 10.

Cuando el tiempo de exposición no es menor que el tiempo de la longitud de recorrido (la flecha "NO"), el módulo de control en 1208 establece que el tiempo de exposición sea menor o igual al tiempo del ciclo menos el tiempo que tarda el mecanismo de posicionamiento multieje para devolver el DIA a la posición inicial.

En 1210, el módulo de control dirige el mecanismo de posicionamiento multieje para que se mueva a lo largo del eje de seguimiento a la velocidad de seguimiento y longitud de recorrido, tal como controlando un actuador lineal para el seguimiento. Esto comienza un ciclo.

En 1212, el módulo de control ordena al DIA que tome una exposición durante un tiempo de exposición determinado en 1204 o en 1208. Los datos de imagen resultantes de cada banda de filtro se guardan. En 1214, el módulo de control determina si el tiempo de ciclo lo permite, y/o si los parámetros operativos para el trabajo de imagen especifican, exposiciones adicionales que se tomarán durante el ciclo actual.

Donde esté permitido y especificado (la flecha "SÍ"), en 1216 el módulo de control establece un nuevo tiempo de exposición. Cuando las exposiciones adicionales se van a utilizar para generar una imagen de alto rango dinámico (HDR), el tiempo de exposición establecido en 1216 puede ser diferente, ya sea más largo o más corto, que el tiempo de exposición determinado en 1204. Por ejemplo, el segundo tiempo de exposición puede ser el doble del tiempo de

exposición determinado en 1204. El tiempo de exposición se puede configurar para que sea igual o diferente del tiempo de exposición determinado en 1204.

5

10

15

25

40

45

50

55

60

65

En 1218, donde las exposiciones adicionales son para generar una imagen de alta resolución basada en desplazamientos horizontales o verticales entre imágenes sucesivas que no son un múltiplo entero de un solo píxel, el módulo de control dirige el mecanismo de posicionamiento multieje para posicionar el DIA para que esté horizontal o verticalmente desplazado. Dichos desplazamientos horizontales o verticales pueden ser desplazamientos de sub-píxeles, así como desplazamientos que son más grandes que píxeles individuales, siempre que dichos desplazamientos no sean exactamente un múltiplo entero de un solo píxel, como un desplazamiento de 7,5 píxeles u otros desplazamientos no enteros. Las posiciones desplazadas horizontalmente pueden obtenerse moviendo el DIA a lo largo de un eje transversal que es perpendicular al eje de seguimiento por una distancia, tal como menor que la distancia entre dos píxeles adyacentes o vecinos del DIA o algún otro múltiplo no entero de la distancia entre dos píxeles. Las posiciones de desplazamiento vertical pueden obtenerse haciendo que el DIA comience una exposición sucesiva en una posición que está desplazada por una distancia de sub-píxel u otra longitud no entera entre dos píxeles vecinos desde la posición inicial de una exposición previa. Se pueden obtener una o ambas exposiciones desplazadas horizontalmente y exposiciones desplazadas verticalmente (o exposiciones desplazadas tanto horizontal como verticalmente) en relación con una exposición inicial para proporcionar imágenes de resolución relativamente más alta.

Cuando no se especifican exposiciones adicionales, o donde el tiempo restante no permite exposiciones adicionales durante el ciclo actual (la flecha "NO"), en 1220 el módulo de control del sistema de imágenes determina si quedan ciclos adicionales en el trabajo de obtención de imágenes actual. El número de ciclos se determina en función de varios factores, incluido el número de bandas en el filtro óptico multibanda, el tamaño deseado de la imagen y la cantidad de superposición especificada entre ciclos de exposición sucesivos.

Cuando se van a realizar más ciclos (la flecha "SÍ"), en 1224 el módulo de control dirige el mecanismo de posicionamiento multieje para devolver el DIA a la posición inicial. Se realiza el siguiente ciclo, con una o más exposiciones adicionales capturadas durante cada ciclo posterior.

En 1222, una vez que se completan todos los ciclos (la flecha "NO"), un módulo de imágenes del sistema de imágenes procesa una o más exposiciones para generar una imagen o un cuadro de vídeo. Para obtener imágenes HDR, el módulo de imágenes aplica un algoritmo de mapeo de tonos a las exposiciones, tal como a exposiciones tomadas durante el mismo ciclo con diferentes tiempos de exposición. Para generar una imagen de alta resolución, el módulo de imagen aplica un algoritmo de mejora de resolución a exposiciones tomadas durante el mismo ciclo con desplazamientos verticales u horizontales entre sí de múltiplos no enteros de la distancia entre dos píxeles. Cuando se utiliza más de un ciclo, las imágenes de ciclos consecutivos se unen para obtener imágenes con una longitud arbitraria. Dado que todas las bandas del filtro óptico multibanda se utilizan para obtener imágenes de la misma escena, pero desplazadas verticalmente entre sí, el mecanismo de unión se utiliza para alinear las imágenes de cada banda para obtener una imagen multiespectral.

Un algoritmo de unión adecuado localiza las características coincidentes en cada imagen (de diferentes ciclos), determina el desplazamiento y la rotación de esas características entre imágenes sucesivas, aplica el desplazamiento y la rotación a la imagen completa, y une ambas imágenes donde se superponen. En realizaciones de la presente divulgación, el desplazamiento se conoce a priori, y se basa en la longitud de las bandas del filtro óptico multibanda menos la superposición deseada. Además, no se espera rotación debido a haber alineado previamente la dirección de seguimiento del mecanismo de posicionamiento multieje con la dirección del movimiento aparente. Algunas realizaciones de la presente divulgación pueden basarse en el supuesto de que la rotación es cero, y asumir una superposición constante, lo que simplifica la complejidad computacional del algoritmo de unión, lo que puede reducir el consumo de energía y los requisitos computacionales de los dispositivos que se utilizarán para realizar el algoritmo de unión. Además, debido a que la dirección de seguimiento y la velocidad del actuador lineal para el seguimiento se configuran para compensar el movimiento aparente de la escena a ser fotografiada, en algunas realizaciones se usa poco o ningún post-procesamiento para eliminar la borrosidad, reduciendo aún más la complejidad computacional y energía consumida durante el procesamiento (aunque dicho post-procesamiento para reducir la borrosidad puede usarse sin apartarse del alcance de las realizaciones).

Para vídeo pancromático, hay dos modos disponibles. En un primero, si la duración deseada del vídeo es más corta que la duración de un solo movimiento de seguimiento, el vídeo se puede obtener tomando múltiples imágenes mientras el seguimiento está activo. El tamaño del vídeo resultante será el de la tira pancromática. Cuando el ciclo de seguimiento es muy corto, se toman imágenes multiespectrales como se describió anteriormente, y cada imagen multiespectral se usa como un solo cuadro del vídeo. Es posible que se deba rotar el aparato de imágenes para compensar las rotaciones de la escena que se está grabando en vídeo cuando la escena es más larga que la(s) longitud(es) de recorrido del(de los) actuador(es) lineal(es) utilizado(s) para el seguimiento.

Durante el proceso de obtención de imágenes 1200, se realiza un ajuste fino del eje de seguimiento y la velocidad de seguimiento utilizando proyecciones grises, similares o iguales a los elementos 1008, 1010, 1012 y 1014 en la FIG.

- 10. Esto puede ayudar a corregir el movimiento de guiñada residual del satélite (en realizaciones que emplean el sistema de imágenes en un sistema basado en satélites).
- La FIG. 13 es un gráfico 1300 de exposiciones tomadas, graficadas en función del tiempo y el espacio durante la operación del dispositivo durante una fase de captura de imágenes. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 13, una serie de ciclos 1302 dan como resultado exposiciones múltiples. Dentro de cada ciclo 1302, se realizan tres exposiciones 1304, 1306 y 1308. Debido a que el DIA se mueve a una velocidad y dirección que compensa la dirección y velocidad del movimiento aparente de la escena que se está fotografiando, cada exposición 1304, 1306 y 1308 es de la misma escena, sin desplazamientos entre ellas, aunque ocurran en tiempos diferentes. Al final de cada ciclo, el DIA se devuelve a la posición inicial, durante un segmento de tiempo 1310, en cuyo punto comienza el siguiente ciclo. Las exposiciones tomadas en ciclos sucesivos están desplazadas entre sí por una cantidad previamente determinada. Cada banda de imagen horizontal 1312 de cada ciclo 1302 representa las bandas de imagen correspondientes a diferentes bandas de filtro óptico del filtro multi-óptico colocado sobre el DIA. Cada ciclo sucesivo da como resultado exposiciones para las cuales un segmento de la imagen se expone a través de una banda de filtro diferente.
- En el ejemplo ilustrado en la FIG. 13, cinco bandas están presentes para cada exposición (que puede corresponder a cuatro bandas de filtro en el filtro óptico multibanda más una banda no filtrada). En el ejemplo ilustrado en la FIG. 13, partes de la imagen 1314 han sido expuestas a través de todas las cinco bandas de filtro. Debido a que existe un ligero desplazamiento entre exposiciones sucesivas, se necesitan más de cinco ciclos para fotografiar completamente la imagen de una sola banda 1314 a través de todas las bandas de filtro. Después de seis ciclos, se puede unir una imagen de una sola banda 1314 igual al tamaño de una sola banda. Después de once ciclos, se puede unir una imagen completa multibanda 1316 igual al área activa del DIA. Usando más ciclos, es posible componer una franja de imagen de longitud arbitraria. Las tiras de imagen más largas pueden utilizar más almacenamiento, tiempo de transmisión o ancho de banda adicional, tasas de compresión más altas, etc.
- El gráfico 1318 grafica el movimiento del actuador lineal para el seguimiento, o el DIA, a lo largo de los múltiples ciclos. En una primera porción 1320, el DIA se mueve hacia adelante a lo largo del eje de seguimiento a la velocidad de seguimiento, y en una segunda porción 1322 luego se devuelve a la posición inicial a una velocidad que puede ser mayor que la velocidad de seguimiento.

30 Ejemplo para uso en obtención de imágenes por satélite LEO

La órbita de un satélite LEO puede tener, por ejemplo, 700km de altura en una situación típica. A esta altitud, el período orbital es de 98 minutos y 37 segundos y la velocidad proyectada en el suelo es de 6764m/s. Un telescopio puede ser un Cassegrain con un diámetro de apertura de 30cm y una distancia focal de 2.5m. Por lo tanto, cada metro en el suelo se proyectará como una imagen de 3,6µm en el plano focal y se moverá a 24,2mm/s. El actuador lineal para el seguimiento puede moverse al menos a esta velocidad para compensar el movimiento de la imagen. La velocidad máxima del actuador lineal para el seguimiento puede ser varias veces mayor para reducir el tiempo que lleva devolver el actuador lineal para el seguimiento a la posición inicial. Finalmente, si la cámara tiene cinco bandas de filtro y 2000x2000 píxeles, cada una de 5µm de ancho, y la superposición deseada entre las imágenes es de 100 píxeles, entonces la longitud de recorrido del actuador lineal para el seguimiento puede ser de 1.2mm. Cada ciclo tomará aproximadamente 50ms. Un análisis fotométrico aproximado muestra que los tiempos de exposición serían de alrededor de 10ms para que haya tiempo suficiente para tomar varias exposiciones durante cada ciclo. Esto se puede usar, como se explicó anteriormente, para obtener imágenes HDR y/o de mayor resolución.

En este ejemplo, el tiempo de ciclo se puede calcular para dos condiciones extremas opuestas. En una primera condición extrema, un satélite está en la órbita LEO más baja (160km) y tiene un telescopio con 4m de distancia focal. El tiempo del ciclo será de aproximadamente 20ms. Proporcionar un tiempo de ciclo de 20ms está bien dentro de las capacidades de los componentes de hardware y software disponibles, incluidos electrónica, motores, otras partes mecánicas, y software, que serían razonablemente adecuados para implementar sistemas de imágenes como se describe en este documento, tal como los sistemas de imágenes a bordo de aviones y naves espaciales. Se necesita una apertura de no más de 50cm.

En una segunda condición extrema, un satélite se encuentra en la órbita LEO más alta (2000km) y tiene un telescopio con una distancia focal de 1,5m. Su tiempo de ciclo será de aproximadamente 1 segundo. Incluso con una apertura tan pequeña como 10cm, los tiempos de exposición son varias veces menores que el tiempo del ciclo. Esto también está bien dentro de las capacidades de los componentes disponibles.

Ejemplo de Sistema de Imágenes

35

40

55

La FIG. 14 es un diagrama de bloques de un ejemplo de sistema de imágenes 1400 que se puede utilizar para obtener imágenes de escenas que tienen movimiento aparente. El sistema de imágenes 1400 puede estar total o parcialmente a bordo de una aeronave o nave espacial, como el satélite 122, como un satélite LEO. En algunas realizaciones, algunos de los componentes del sistema de imágenes 1400 pueden estar en tierra o a bordo de una aeronave o nave espacial separada, con dicha aeronave o nave espacial en tierra o separada en comunicación con el sistema que incluye los sistemas ópticos reales (el telescopio, el mecanismo de posicionamiento multieje 104 y el DIA 502, entre

otras cosas). El sistema de imágenes 1400 está configurado como cualquier dispositivo o sistema computacional adecuado. La memoria 1402 puede almacenar instrucciones de programa y módulos de programa que se pueden cargar y ejecutar en uno o más procesadores 1404, así como datos generados durante la ejecución y/o el uso en conjunto con estos programas, tales como datos de imágenes, imágenes, etcétera.

La memoria 1402 incluye al menos un módulo de control 1406 y un módulo de imágenes 1408. El módulo de control puede realizar algunas o todas las funciones de control asociadas con la captura de imágenes de acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación. El módulo de control 1406 es ejecutable por uno o más procesadores para controlar, como a través de una o más interfaces de entrada/salida, el mecanismo de posicionamiento multieje 104, que incluye controlar los actuadores 1410 a través de uno o más controles electrónicos 1412 (tales como controladores, que a su vez pueden operar los actuadores 1410 a través de uno o más interruptores de límite, verificadores, controles de actuador de bucle cerrado, etc.) para mover, posicionar o de otro modo manipular varios aspectos mecánicos del mecanismo de posicionamiento multieje 104. Los actuadores 1410 incluyen, por ejemplo, un actuador lineal para enfocar, un actuador rotativo, un actuador lineal para seguimiento, un actuador transversal de sub-píxeles, y otros actuadores y variaciones de los mismos de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

El módulo de control 1406 es ejecutable por uno o más procesadores 1404 para controlar, como a través de una o más interfaces de entrada/salida, el DIA 502. El DIA 502 puede controlarse para capturar una o más exposiciones, tal como sincronizado con el control del mecanismo de posicionamiento multieje 104 para capturar exposiciones mientras el DIA se mueve para compensar el movimiento aparente de una escena que se está fotografiando de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

El dispositivo de imágenes de área 502 puede incluir uno o más procesadores 1414 y firmware 1416 (almacenados en un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio adecuado) para realizar o de otro modo controlar varias funciones del DIA 502. El firmware 1416 puede ser ejecutable por uno o más procesadores 1414 para controlar los tiempos de exposición, cronometrar la captura de exposición, determinar proyecciones grises, almacenar datos de imágenes 1418 en la memoria 1402, y así sucesivamente.

El DIA 502 también incluye sensores sensibles a la luz 1420, como por ejemplo componentes semiconductores adecuados para implementar un dispositivo de carga acoplada (CCD), un sensor semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS) u otra arquitectura de sensor adecuada en la superficie activa 516 del DIA 502.

El módulo de imágenes 1408 realiza varias funciones de procesamiento de imágenes del sistema de imágenes 1400, incluyendo mapeo de tonos para generar imágenes HDR, un algoritmo de mejora de resolución para producir imágenes de alta resolución, y un algoritmo de unión para generar imágenes a partir de múltiples exposiciones parcialmente superpuestas, así como otras funciones de procesamiento, tales como eliminación del desenfoque, eliminación de artefactos, mejora de color, recorte, conversión de imágenes, compresión de imágenes, cifrado de datos, y así sucesivamente.

En realizaciones, el firmware 1416 del DIA 502 puede considerarse como una extensión de uno o ambos del módulo de control 1406 y el módulo de imágenes 1408, con algunas o todas las funciones del módulo de control 1406 y/o del módulo de imágenes 1408 realizadas en o por el firmware 1416, ejecutándose en uno o más procesadores 1414. En algunas realizaciones, algunas o todas las funciones del módulo de control 1406, el módulo de imágenes 1408 y/u otras funciones del firmware 1416 pueden implementarse como funciones lógicas en uno o más procesadores 1404.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, el uno o más procesadores 1404 pueden incluir un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un dispositivo lógico programable, tal como una matriz de puertas lógicas programable

aplicación específica (ASIC), un dispositivo lógico programable, tal como una matriz de puertas lógicas programable de campo (FPGA) u otro circuito lógico para realizar diversas funciones, incluyendo varias funciones de control del módulo de control 1406 y/o las funciones de procesamiento de imágenes del módulo de imágenes 1408.

Medios legibles por Ordenador

5

10

15

20

25

35

50

55

60

65

Dependiendo de la configuración y el tipo de dispositivo de computación utilizado, la memoria 1402 del sistema de imágenes 1400 en la FIG. 14, así como los medios para almacenar el firmware 1416 en el DIA 502, pueden incluir memoria volátil (como memoria de acceso aleatorio (RAM por sus siglas en inglés)) y/o memoria no volátil (como memoria de solo lectura (ROM por sus siglas en inglés), memoria flash, etc.). La memoria 1402, así como los medios para almacenar el firmware 1416 en el DIA 502, pueden también incluir almacenamiento extraíble y/o no extraíble adicional, que incluye, pero no está limitado a, memoria flash, almacenamiento magnético y/o almacenamiento óptico, y/o almacenamiento en cinta que puede proporcionar un almacenamiento no volátil de instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa y otros datos para el sistema de imágenes 1400.

La memoria 1402, así como también los medios para almacenar el firmware 1416 en el DIA 502, es un ejemplo de medios legibles por ordenador no transitorios. Los medios de almacenamiento informáticos no transitorios incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier proceso o tecnología para el almacenamiento de información, tales como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa, u otros datos. Los medios de almacenamiento informático incluyen, pero no están limitados a, memoria de

cambio de fase (PRAM por sus siglas en inglés), memoria estática de acceso aleatorio (SRAM por sus siglas en inglés), memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM por sus siglas en inglés), otros tipos de memoria de acceso aleatorio (RAM por sus siglas en inglés), memoria de solo lectura (ROM por sus siglas en inglés), memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente (EEPROM por sus siglas en inglés), memoria flash (como la memoria flash NAND que se puede incluir en una o más tarjetas de memoria no volátiles, e incluye flash con tecnologías tanto de celda de un solo nivel como de múltiples niveles) u otra tecnología de memoria, memoria de solo lectura de disco compacto (CD-ROM por sus siglas en inglés), discos versátiles digitales (DVD por sus siglas en inglés) u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio de no-transmisión que se puede utilizar para almacenar información para el acceso por un dispositivo computacional.

Ejemplos Adicionales

5

10

15

20

25

45

50

55

60

Las FIGS. 15A-D ilustran vistas isométricas y vistas laterales de un ejemplo de mecanismo de posicionamiento multieje 1500 que tiene un mecanismo de posicionamiento multieje con múltiples ejes lineales para seguir el dispositivo de imágenes. El dispositivo de imágenes 1500 se muestra con el DIA 504 dispuesto sobre él, aunque se puede usar un dispositivo de captura de imágenes diferente además del DIA 504 sin apartarse del alcance de las realizaciones. La FIG. 15A ilustra una vista isométrica, y la FIG. 15B ilustra una vista lateral del dispositivo de imágenes 1500 en una primera configuración. El DIA 504 está dispuesto sobre una plataforma deslizante 1502, y la plataforma deslizante 1502 está situada sobre una parte de carril 1504. La parte de carril 1504 está situada en una plataforma deslizante 1506, que está situada en una parte de carril 1508. La parte del carril 1508 está situada en una parte de carril 1512. La parte de carril 1512 está situada en una cuña 1514. Los actuadores lineales controlan el deslizamiento de las plataformas deslizantes 1502, 1506 y 1510 a lo largo de las partes de carril 1504, 1508 y 1512, respectivamente.

En la posición ilustrada en la FIG. 1, las partes de carril 1504 y 1512 están alineadas en el mismo eje, y pueden considerarse alineadas a lo largo de un eje x. La parte de carril 1508 es perpendicular a las partes de carril 1504 y 1512, y puede considerarse alineada a lo largo del eje y.

La parte de carril 1504 más alta y su actuador correspondiente están alineados con la dirección del movimiento aparente (por ejemplo, ajustando la orientación de la nave espacial o avión), con cierta tolerancia relajada (por ejemplo, 5° a 10° u otros rangos de grados de tolerancia). Los actuadores unidos a la parte de carril 1504 más alta y a la parte de carril 1508 en el medio están ambos controlados por un módulo de control (tal como el módulo de control 1406) juntos para componer un movimiento (y velocidad) en la dirección del movimiento aparente de la escena objetivo, por ejemplo, a lo largo del eje de seguimiento y'. El módulo de control 1406 controla el movimiento del DIA 504 usando el actuador más alto y el actuador del medio acoplado a la parte de carril 1504 más alta y la parte de carril 1508 del medio, respectivamente, para mover las plataformas 1502 y 1506. El módulo de control hace que el DIA 504 se mueva a través de uno o más ciclos como en las realizaciones discutidas previamente (tales como las discutidas en las FIGS. 1-6). Los mismos o similares procedimientos a los discutidos en las FIGS. 7-12 se utilizan con el dispositivo de imágenes 1500 para alinear el eje de seguimiento, determinar la velocidad de movimiento de cada actuador, generar una o más exposiciones a través de uno o más ciclos, y generar imágenes como se discutió anteriormente.

La parte de carril 1512 inferior y su actuador correspondiente son controlados por el módulo de control para enfocar el actuador. La parte inferior de carril 1512 está posicionada en la cuña 1514 (con un ángulo), por lo tanto, su movimiento producirá un desplazamiento del DIA 504 en ambas direcciones x y z, con el movimiento en la dirección z con la intención de enfocar, en algunas realizaciones. El movimiento en la dirección x puede compensarse moviendo la plataforma x (por ejemplo, la plataforma 1502 más alta a lo largo de la parte de carril 1504 más alta). Se utiliza una segunda cuña 1516 para compensar la inclinación, devolviendo el DIA 504 a una posición sustancialmente horizontal con respecto a la parte inferior del mecanismo de posicionamiento multieje 1500.

La FIG. 15C ilustra una vista isométrica del mecanismo de posicionamiento multieje 1500 con cada una de las plataformas 1502, 1506 y 1510 movidas a lo largo de sus respectivas partes de carril 1504, 1508 y 1512. La FIG. 15D ilustra una vista lateral de la misma configuración que la FIG. 15C.

Conclusión

Aunque la divulgación utiliza un lenguaje que es específico para características estructurales y/o actos metodológicos, la invención no se limita a las características o actos específicos descritos. Más bien, las características y actos específicos se describen como formas ilustrativas de implementar la invención, tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 1. Un aparato para obtener imágenes de una escena que tiene movimiento aparente, el aparato que comprende:
- un dispositivo de imágenes de área (502) teniendo una pluralidad de sensores de píxeles; un mecanismo de posicionamiento multieje (104; 1500), el mecanismo de posicionamiento multieje operable para mover el dispositivo de imágenes de área a lo largo de un eje de seguimiento; un filtro óptico multibanda (504) incluyendo una pluralidad de bandas de filtro (506-512), cada banda de filtro teniendo una transmisión espectral diferente; y
- 10 un módulo de control (1406) configurado para:

35

50

55

60

65

dirigir el mecanismo de posicionamiento multieje para establecer que la orientación del eje de seguimiento sea al menos sustancialmente paralela al movimiento aparente;

- dirigir el mecanismo de posicionamiento multieje para mover el dispositivo de imágenes de área en ciclos sucesivos (1302) de modo que el dispositivo de imágenes de área se mueva, en cada uno de los ciclos sucesivos, hacia adelante a lo largo del eje de seguimiento a una velocidad de seguimiento que compense una velocidad del movimiento aparente;
- dirigir el dispositivo de imágenes de área para tomar una exposición durante cada uno de los ciclos sucesivos, de modo que cada exposición comprenda múltiples bandas que se generaron al exponer el dispositivo de imágenes de área a través de la pluralidad de bandas de filtro del filtro óptico multibanda, en donde un segmento de la escena se expone a través de una banda de filtro diferente de la pluralidad de bandas de filtro del filtro óptico multibanda en exposiciones sucesivas de modo que el segmento de la escena expuesto a través de una primera banda de filtro de la pluralidad de bandas de filtro en una exposición sea al menos parcialmente expuesto a través de una banda de filtro diferente de la pluralidad de bandas de filtro en una exposición posterior, y la exposición posterior tenga una superposición espacial parcial de la escena en relación con la exposición anterior; y
- un módulo de imágenes (1408) configurado para formar una imagen completa multibanda multiespectral (1316) o un cuadro de vídeo de la escena uniendo las exposiciones superpuestas espacialmente, capturadas durante cada uno de los ciclos sucesivos, utilizando las múltiples bandas que fueron generadas en cada exposición exponiendo el dispositivo de imágenes de área a través de la pluralidad de bandas de filtro del filtro óptico multibanda.
 - 2. El aparato de la reivindicación 1, en donde el mecanismo de posicionamiento multieje incluye:

un actuador lineal operable para mover el dispositivo de imágenes de área a lo largo del eje de seguimiento; y un actuador giratorio operable para rotar el dispositivo de imágenes de área.

- 3. El aparato de la reivindicación 2, en donde el módulo de control está configurado además para dirigir el actuador giratorio para posicionar el dispositivo de imágenes de área para establecer que el eje de seguimiento sea sustancialmente paralelo a una dirección del movimiento aparente.
 - 4. El aparato de la reivindicación 1, 2 o 3, en donde el mecanismo de posicionamiento multieje incluye:
- un primer actuador lineal operable para mover el dispositivo de imágenes de área a lo largo de un primer eje a una primera velocidad; y

un segundo actuador lineal operable para mover el dispositivo de imágenes de área a lo largo de un segundo eje a una segunda velocidad, la combinación de movimiento a lo largo del primer eje y el segundo eje, a la primera velocidad y la segunda velocidad, resultando en un movimiento a lo largo del eje de seguimiento.

- 5. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el módulo de control está configurado además para dirigir el mecanismo de posicionamiento multieje para alinear el eje de seguimiento en una dirección que es sustancialmente paralela a una dirección del movimiento aparente.
- 6. El aparato de la reivindicación 5, en donde el módulo de control está configurado además para determinar que el eje de seguimiento es sustancialmente paralelo a la dirección del movimiento aparente basado al menos en que desplazamientos horizontales de proyecciones grises (906) son menores que un nivel umbral de desplazamientos horizontales entre al menos dos imágenes sucesivas.
- 7. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el módulo de control está configurado además para dirigir el mecanismo de posicionamiento multieje para establecer la velocidad de seguimiento basado al menos en proyecciones grises (906; 914), de modo que la velocidad de seguimiento cause que desplazamientos de proyecciones grises verticales sean menores que un nivel umbral de desplazamiento entre al menos dos imágenes sucesivas.

- 8. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el módulo de control está configurado además para dirigir el mecanismo de posicionamiento multieje para ajustar al menos la longitud de recorrido del dispositivo de imágenes de área a lo largo del eje de seguimiento de modo que una superposición entre exposiciones sucesivas esté dentro de un rango predeterminado de desplazamientos.
- 9. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde:
- el módulo de control está configurado además para dirigir el dispositivo de imágenes de área para tomar múltiples exposiciones durante cada uno de los ciclos sucesivos, las múltiples exposiciones tomadas durante un ciclo teniendo tiempos de exposición diferentes; y

el módulo de imágenes está configurado además para generar la imagen completa multibanda multiespectral basada en las múltiples exposiciones tomadas durante cada uno de los ciclos sucesivos.

10. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde:

el mecanismo de posicionamiento multieje es operable además para mover el dispositivo de imágenes de área en al menos uno del eje de seguimiento o un eje transversal que es perpendicular al eje de seguimiento; el módulo de control está además configurado para:

dirigir el mecanismo de posicionamiento multieje para mover el dispositivo de imágenes de área para estar horizontalmente y/o verticalmente desplazado desde una primera posición a lo largo del eje de seguimiento o el eje transversal a una segunda posición durante ciclos sucesivos, el desplazamiento siendo un múltiplo no entero de una distancia entre dos sensores de píxeles adyacentes de la pluralidad de sensores de píxeles del dispositivo de imágenes de área; y

dirigir el dispositivo de imágenes de área para tomar una o más exposiciones durante cada uno de los ciclos sucesivos; y

el módulo de imágenes está configurado además para generar la imagen completa multibanda multiespectral basada en la una o más exposiciones de cada uno de los ciclos sucesivos.

11. Un satélite (122) que comprende:

5

15

20

25

30

35

45

50

55

60

el aparato de cualquiera de las reivindicaciones precedentes;

uno o más procesadores (1404, 1414); y

- 40 memoria (1402) almacenando el módulo de control y el módulo de imágenes, en donde el módulo de control y el módulo de imágenes son ejecutables por uno o más procesadores.
 - 12. Un método para operar un sistema de imágenes (1400) para obtener imágenes de una escena teniendo movimiento aparente, el método que comprende:

dirigir un mecanismo de posicionamiento multieje (104; 1500) del sistema de imágenes para mover un dispositivo de imágenes de área (502) del sistema de imágenes en ciclos sucesivos de modo que el dispositivo de imágenes de área se mueva, en cada uno de los ciclos sucesivos, hacia adelante a lo largo de un eje de seguimiento a una velocidad de seguimiento que compense una velocidad del movimiento aparente;

dirigir el mecanismo de posicionamiento multieje para establecer que la orientación del eje de seguimiento sea sustancialmente paralela al movimiento aparente;

dirigir al dispositivo de imágenes de área para tomar una exposición (1304, 1306, 1308) durante cada uno de los ciclos sucesivos, en donde una pluralidad de bandas de filtro (506-512) de un filtro óptico multibanda (504) incluido en el sistema de imágenes están presentes para cada exposición y cada banda de filtro tiene una transmisión espectral diferente, de modo que cada exposición comprenda múltiples bandas que fueron generadas exponiendo el dispositivo de imágenes de área a través de la pluralidad de bandas de filtro óptico multibanda, en donde un segmento de la escena es expuesto a través de una banda diferente de la pluralidad de bandas de filtro óptico multibanda en exposiciones sucesivas de modo que el segmento de la escena expuesto a través de una primera banda de filtro de la pluralidad de bandas de filtro en una exposición sea al menos parcialmente expuesto a través de una banda diferente de la pluralidad de bandas de filtro en una exposición posterior, y la exposición posterior tenga una superposición espacial parcial de la escena relativa a la exposición anterior; y

15

generar una imagen completa multibanda multiespectral (1316) o cuadro de vídeo de la escena uniendo las exposiciones superpuestas espacialmente, capturadas durante cada uno de los ciclos sucesivos, utilizando las múltiples bandas que fueron generadas en cada exposición exponiendo el dispositivo de imágenes de área a través de la pluralidad de bandas de filtro del filtro óptico multibanda.

13. El método de la reivindicación 12, que comprende además:

durante una fase de alineación, tomar imágenes sucesivas de la escena;

10 determinar proyecciones grises de cada una de las imágenes sucesivas de la escena; y

establecer el eje de seguimiento, la velocidad de seguimiento, y la longitud de recorrido del dispositivo de imágenes de área a lo largo del eje de seguimiento basado al menos en las proyecciones grises.

15 14. El método de la reivindicación 12 o 13, que comprende además:

dirigir el dispositivo de imágenes de área para tomar múltiples exposiciones durante cada uno de los ciclos sucesivos. las múltiples exposiciones tomadas durante un ciclo teniendo tiempos de exposición diferentes: v

- 20 generar la imagen completa multibanda multiespectral o cuadro de vídeo basado al menos en las múltiples exposiciones tomadas durante cada uno de los ciclos sucesivos.
 - 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12, 13 o 14, que comprende además:
- dirigir el mecanismo de posicionamiento multieje para mover el dispositivo de imágenes de área para ser 25 horizontalmente y/o verticalmente desplazado a lo largo del eje de seguimiento o un eje transversal que es perpendicular al eje de seguimiento durante cada uno de los uno o más ciclos, el desplazamiento siendo una distancia no entera entre dos sensores de píxeles adyacentes de una pluralidad de sensores de píxeles del dispositivo de imágenes de área;

dirigir el dispositivo de imágenes de área para tomar una o más exposiciones durante cada uno de los ciclos sucesivos;

- generar la imagen completa multibanda multiespectral o el cuadro de vídeo basado en las una o más exposiciones 35 tomadas de cada uno de los ciclos sucesivos.
 - Instrucciones ejecutables por ordenador almacenadas en uno o más medios de almacenamiento informático que, cuando son ejecutados por uno o más procesadores, causan que el método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15 sea realizado.

16

5

30

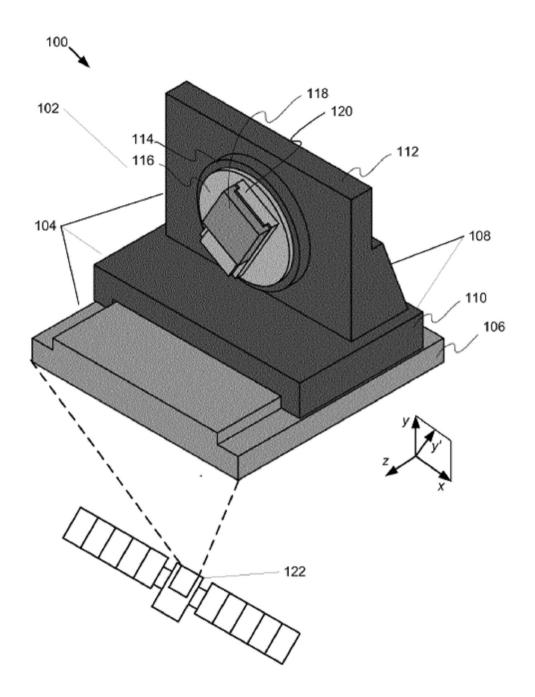


FIG. 1

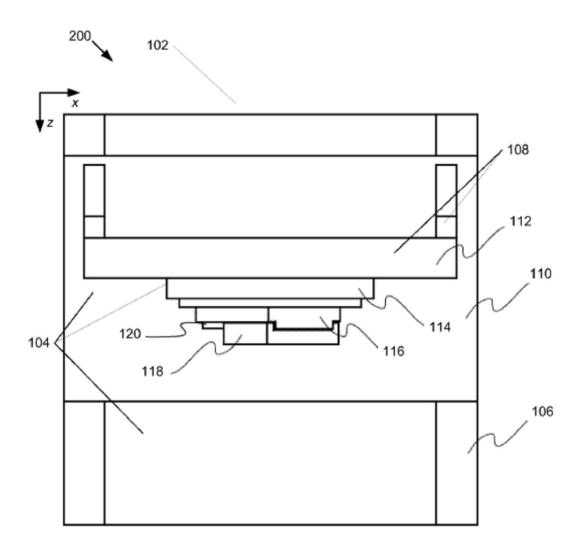


FIG. 2

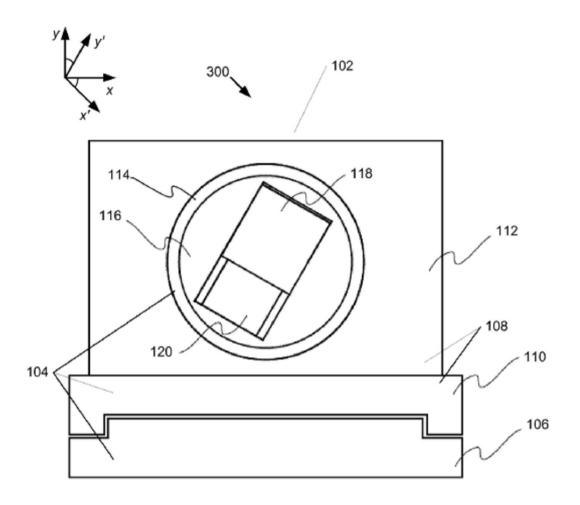


FIG. 3

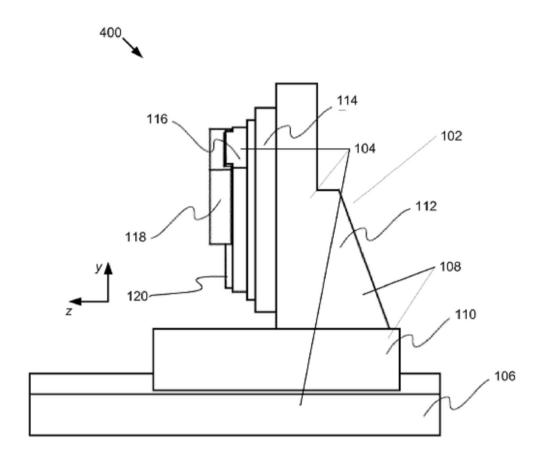


FIG. 4

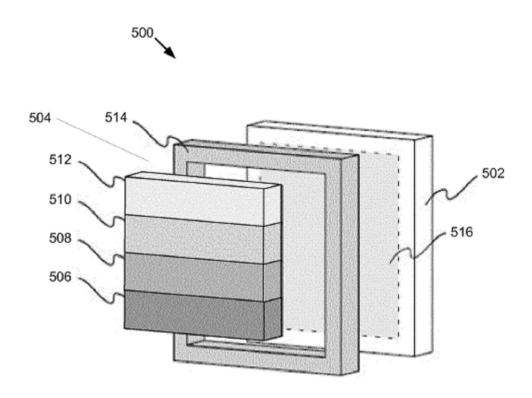


FIG. 5

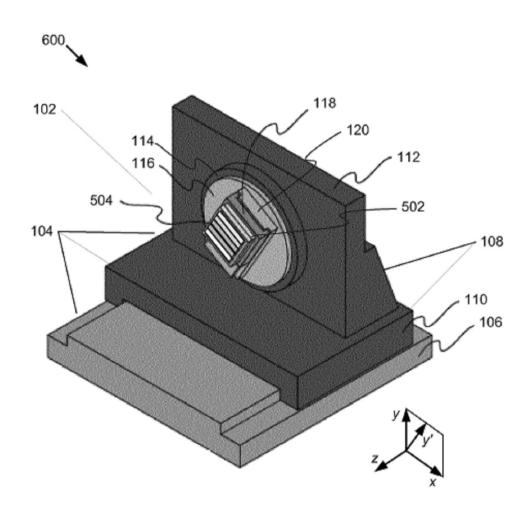


FIG. 6



FIG. 7

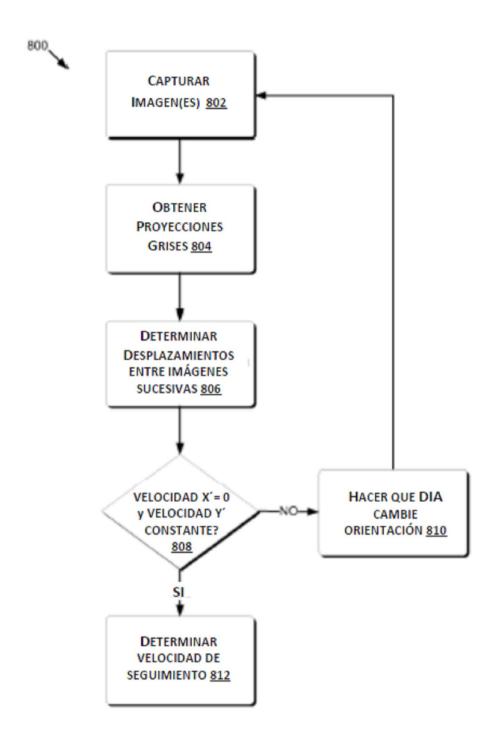
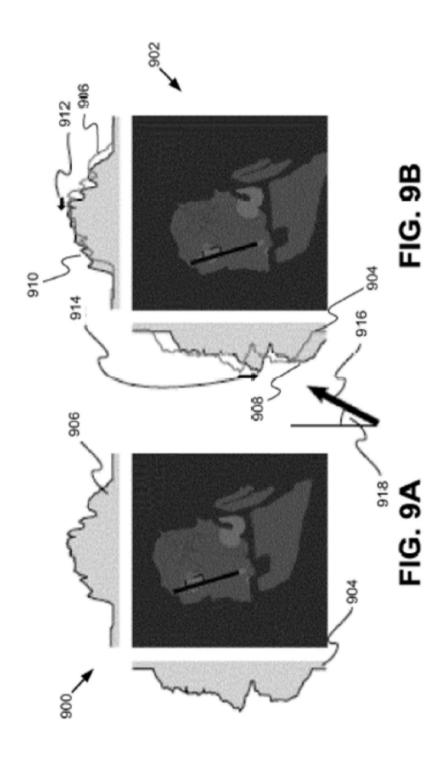
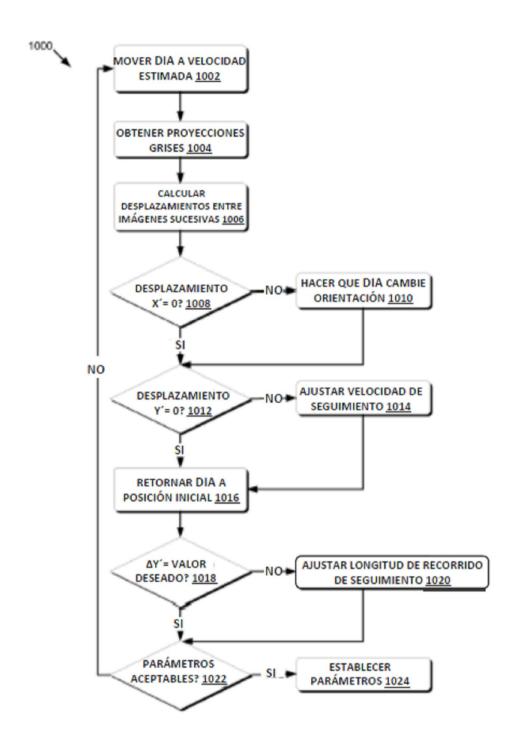
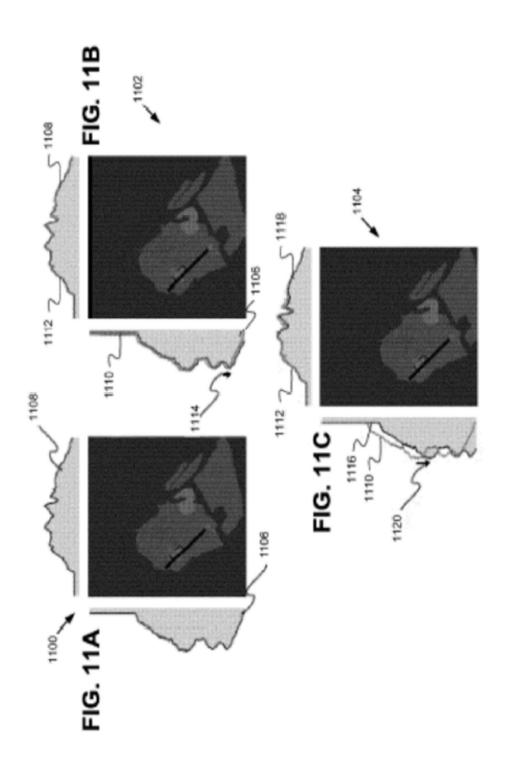
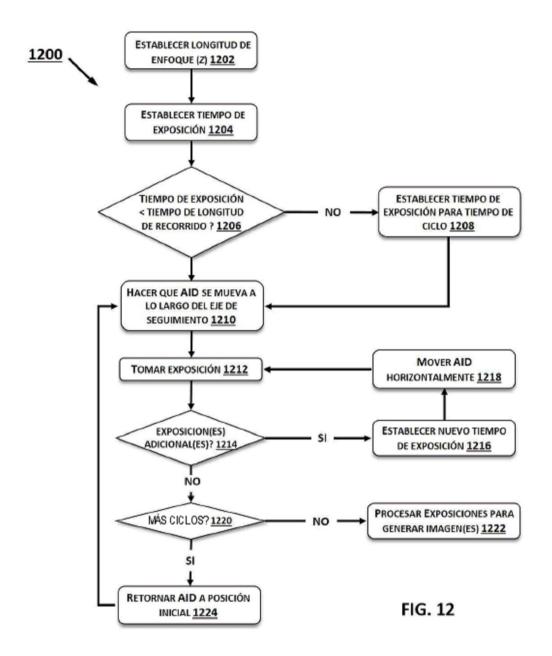


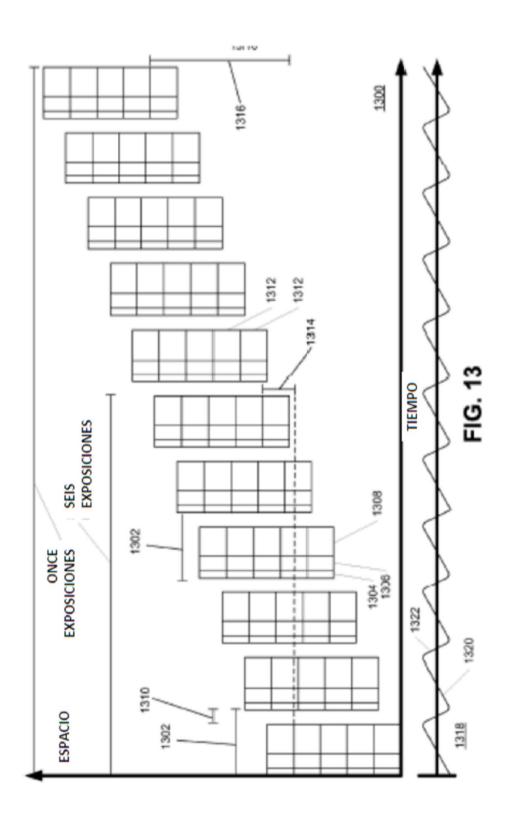
FIG. 8











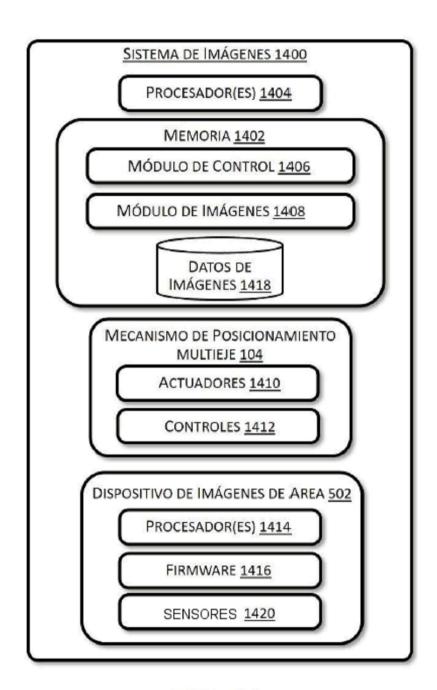


FIG. 14

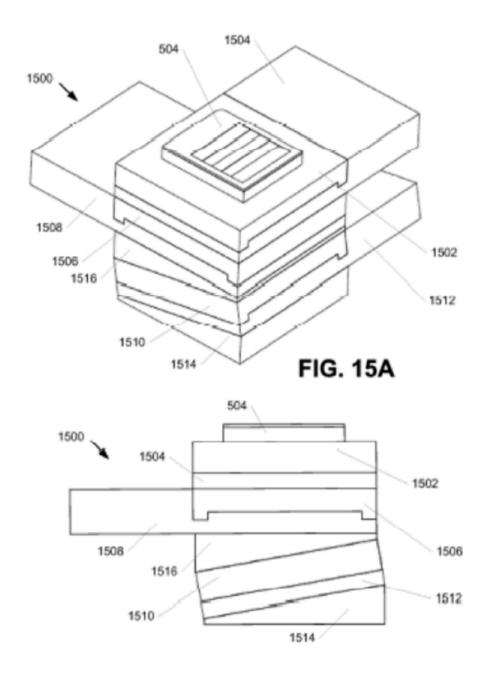
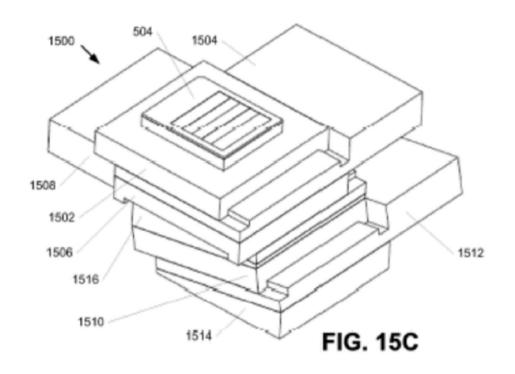


FIG. 15B



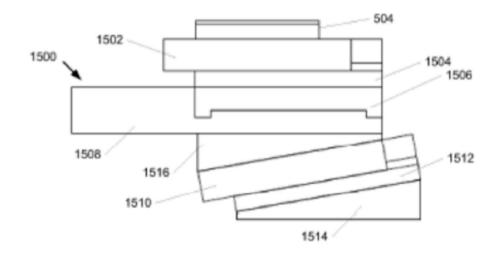


FIG. 15D