

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 488**

51 Int. Cl.:

**G01C 11/02** (2006.01)

**B64D 47/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.04.2009 PCT/IB2009/006228**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.10.2009 WO2009125304**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2009 E 09729505 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2277130**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para capturar de forma detallada imágenes de gran área incluidas cámaras en cascada y/o funciones de calibración**

30 Prioridad:

**11.04.2008 US 101167**

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

**24.03.2017**

73 Titular/es:

**NEARMAP AUSTRALIA PTY, LTD (100.0%)  
Level 6, 6-8 Underwood St.  
Sydney NSW 2000, AU**

72 Inventor/es:

**NIXON, STUART**

74 Agente/Representante:

**POLO FLORES, Carlos**

ES 2 606 488 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistemas y procedimientos para capturar de forma detallada imágenes de gran área incluidas cámaras en cascada y/o funciones de calibración

5

### ANTECEDENTES

#### Campo:

10 La presente invención se refiere a la fotogrametría y, más particularmente, a sistemas y procedimientos adaptados a grupos de dispositivos de captura de imágenes destinados a la adquisición de imágenes relativas a objetos de gran área o grandes áreas.

Descripción de la información relacionada:

15

Las imágenes aéreas y por satélite de la Tierra se usan para una amplia variedad de aplicaciones militares, comerciales y de consumo. Las recientes innovaciones incluyen en ocasiones componentes que procesan y comprimen grandes cantidades de imágenes o que proporcionan mapas completos de imágenes por fotografía en Internet, y avances como estos han aumentado aún más la demanda de imágenes. No obstante, los sistemas

20 actuales a menudo conllevan componentes extremadamente complejos, requieren elevados gastos de capital y/o tienen elevados costes de explotación, entre otros inconvenientes. Son incapaces de producir imágenes en menores plazos de tiempo y regímenes de funcionamiento, o de ofrecer de otro modo la mayor resolución que se espera actualmente.

25 Por lo general, las soluciones existentes de imágenes de fotogrametría no cumplen la cada vez mayor demanda de imágenes con más resolución y en menos tiempo. De acuerdo con principios conformes con determinados aspectos relativos a las innovaciones descritas en el presente documento, los sistemas de cámara usados para la fotogrametría aérea deben tratar dos requisitos que entran en conflicto.

30 En primer lugar, es fundamental que los parámetros del sistema focal y la lente del sistema de cámaras (conocidos como orientación interior), así como su posición en el espacio y el ángulo de visión (conocidos como orientación exterior) se calculen de forma precisa.

Se puede usar una solución de fotogrametría conocida como ajuste de paquetes para calcular la información de orientación interior y exterior para la cámara y para cada fotografía tomada con la cámara. Estos cálculos representan a menudo un requisito previo para permitir la fusión de fotografías individuales en fotomapas perfectos. Una forma de lograr el nivel necesario de precisión es tomar varias fotografías, con una gran cantidad de superposición redundante entre las mismas. De esta forma, se pueden identificar y usar características comunes visibles de varias fotografías con el fin de calcular los parámetros interiores y exteriores de la cámara.

40

En segundo lugar, es recomendable que se lleven a cabo rápidamente prospecciones aéreas. De esta forma se obtienen diversas ventajas, como un menor coste de explotación y menores plazos, derivadas de condiciones medioambientales o de prospección desfavorables como inclemencias meteorológicas. Una manera eficaz de aumentar la cantidad de área terrestre capturada, medida en  $\text{km}^2$  por hora, es reducir al mínimo la cantidad de

45

redundancia entre las fotografías.

De esta forma, la necesidad de aumentar la redundancia entre las fotografías para conseguir un posicionamiento de fotogrametría preciso de las fotografías se debe equilibrar con la necesidad de reducir la redundancia entre fotografías para llevar a cabo las prospecciones a un menor coste.

50

Un enfoque existente utiliza baterías de detectores lineales de "empuje suave" para reducir al mínimo la captura redundante y aumentar al máximo la tasa de captura. Este enfoque reduce al mínimo la cantidad de redundancia de forma que aumenta la tasa de captura.

55 No obstante, un inconveniente de este enfoque es que se sacrifica la precisión de la posición calculada a partir de la redundancia en las propias fotografías, por lo que se deben emplear otros procedimientos complejos para calcular de forma precisa la información de posición del sistema de cámaras.

Otro enfoque existente es aumentar el tamaño del sistema de cámara utilizado, esto es, en cuanto al recuento de

megapíxeles para las cámaras o grupos de cámaras. En este caso, por ejemplo, se pueden combinar varios sensores y/o lentes en una sola unidad para aumentar al máximo el recuento de megapíxeles del sistema de cámaras. Aunque este enfoque puede aumentar la cantidad de megapíxeles del sistema de cámaras, no trata la cuestión de la reducción de la redundancia entre las fotografías.

5

Varios sistemas se destinan a reducir las cantidades de superposición redundante entre las fotografías en una prospección. Algunos sistemas de cámaras existentes, por ejemplo, se montan en una plataforma estabilizada de forma totalmente giroscópica que a su vez se monta en una aeronave. Estos sistemas pueden aislar la o las cámaras frente al giro excesivo, el cabeceo y/o el balanceo, y permitir la utilización de una menor cantidad de redundancia entre las fotografías. No obstante, estos sistemas de estabilización son costosos y pesados, y presentan inconvenientes como un mayor coste del sistema de cámaras y la necesidad de aeronaves más grandes para realizar la prospección.

10

Otros sistemas existentes adaptados para estimar el posicionamiento de la cámara y reducir los requisitos de superposición redundante de fotografías incluyen a veces uno o varios sistemas de IMU (Inertial Measurement Unit, unidad de medición inercial) con el sistema de cámaras para proporcionar la medición de giro, cabeceo y balanceo de la cámara. Dichos sistemas de IMU, sin embargo, son complejos y costosos, y la posibilidad de utilizar unidades de precisión suficiente a menudo se ve limitada por las restricciones a la exportación que prohíben su uso en numerosos países.

20

Otros sistemas existentes pueden incluir unidades de DGPS (GPS diferencial) que permiten estimar la posición de los sistemas de cámaras cuando se toma cada fotografía. Estas unidades, con el procesamiento adecuado posterior a la prospección (es decir, posvuelo), permiten estimar la posición con una precisión al centímetro. No obstante, las unidades de D-GPS son costosas y exigen normalmente una trayectoria directa de la señal a los satélites GPS con el fin de medir la fase de señal posteriormente que se usa para calcular la posición exacta. Por lo tanto, los inconvenientes de estos sistemas incluyen el requisito de que la aeronave debe realizar giros muy graduales o planos al final de cada línea de vuelo en una prospección a fin de garantizar que las partes de la aeronave como el ala no bloqueen la visión de la antena del D-GPS de los satélites. Estos giros graduales o planos aumentan significativamente la cantidad de tiempo necesario para volar en una prospección.

25

Aun así, otros sistemas existentes ofrecen una mayor precisión de la solución de fotogrametría mediante la utilización de lentes de alta calidad y clase industrial que pueden reducir al mínimo la cantidad de errores de la orientación interior inducidos por distorsiones de la lente. No obstante, dichas lentes de alta calidad aumentan significativamente el coste del sistema de cámaras.

30

Aun con estas técnicas, las prospecciones aéreas siguen necesitando una cantidad significativa de superposición entre las fotografías con el fin de garantizar la producción de fotomapas de alta calidad. La cantidad de superposición entre fotografías varía en función de la aplicación y la calidad deseada. Una superposición común es 30/80, lo que significa un 30 % de superposición lateral con fotografías en líneas de vuelo paralelas adyacentes, y un 80 % de superposición hacia delante con fotografías a lo largo de una línea de vuelo. Esta cantidad de superposición permite identificar una característica de media en unas 5 fotografías, lo cual, en combinación con las técnicas de estabilidad y posición descritas anteriormente, es suficiente para permitir un ajuste preciso de los paquetes de fotogrametría de las fotografías.

35

Sin embargo, la superposición lateral del 30 % y la superposición hacia delante del 80 % significan que tan solo el 14 % de cada fotografía cubre nuevo terreno. Aproximadamente un 86 % de la información de las fotografías tomadas es redundante en cuanto al resultado del producto final del fotomapa, por lo que las prospecciones aéreas resultan bastante ineficaces en cuanto a la cantidad de vuelo necesaria para cubrir un área. Los datos de fotografías redundantes deben además guardarse y procesarse posteriormente, lo que aumenta aún más los costes.

40

Aunque los mayores niveles de redundancia o superposición aumentan la posibilidad de calcular con precisión la orientación interior y exterior del sistema de cámaras, dicha redundancia se desperdicia ampliamente a la hora de crear un fotomapa final: Esto se debe a que se capturan imágenes significativamente más redundantes que las necesarias para crear un fotomapa, lo que también aumenta el tiempo y el coste necesarios para llevar a cabo una prospección. Un equilibrio satisfactorio entre estos aspectos no está disponible en otros sistemas conocidos, los cuales presentan todos desventajas adicionales.

45

Por ejemplo, numerosos sistemas existentes de fotografía aérea requieren soluciones de cámara muy costosas que normalmente están diseñadas específicamente para la aplicación. Dichos sistemas presentan el inconveniente de

50

55

que no pueden usar cámaras ni hardware COTS (Commercial Off the Shelf, disponibles en el mercado). Asimismo, el peso elevado y el alto coste de estos sistemas de cámaras requieren a menudo la utilización de aeronaves bimotor y turbopropulsoras, lo que aumenta aún más los costes de explotación, ya que estas aeronaves son mucho más costosas de operar que las aeronaves comerciales comunes de un solo motor como la Cessna 210. Además, los requisitos de montaje específicos de tales sistemas de cámaras requieren con frecuencia modificaciones personalizadas de la aeronave con el fin de poder montar el sistema de cámaras.

Además, las cámaras de prospección aérea convencionales de gran formato son normalmente grandes, pesadas y costosas. A menudo resulta imposible configurar sistemas de tales cámaras para que tomen fotografías oblicuas al mismo tiempo que fotografías nadir. La fotografía oblicua se utiliza ampliamente en las aplicaciones militares y de recopilación de información, y recientemente se ha hecho muy común en las aplicaciones de consumo. Los fotomapas oblicuos ofrecen una vista de los objetos como las casas desde un lateral, mientras que los fotomapas de nadir o elevados ofrecen una vista directamente desde arriba y no muestran los lados de los objetos. La fotografía oblicua se recomienda también para poder colocar tejidos encima de modelos de objetos en 3D para aumentar el realismo. Los sistemas existentes que no ofrecen imágenes oblicuas a menudo presentan limitaciones adicionales. Por ejemplo, la tasa de captura puede ser muy baja, y la aeronave debe normalmente volar a baja altura para poder capturar imágenes oblicuas de alta resolución. Además, la superposición mínima se proporciona por lo general entre fotografías desde diferentes ángulos oblicuos, lo que dificulta o imposibilita la creación de fotomapas precisos desde un punto de vista fotogramétrico.

Numerosos sistemas existentes tienen además una resolución limitada (megapíxeles) por imagen y utilizan gran cantidad de la resolución disponible para capturar datos redundantes usados para calcular de forma precisa la posición y colocación de la cámara. Estos sistemas presentan inconvenientes cuando se desea efectuar una identificación de objetos más pequeños a partir de las imágenes, como el requisito de que deben realizar las prospecciones más cerca del suelo para capturar imágenes con una resolución alta suficiente como para identificar tales objetos. Por ejemplo, un sistema de cámaras debe realizar una prospección (volar) a una altura de 3000 pies para capturar fotografías con una resolución en píxeles de 7,5 cm usando una cámara Vexcel UltraCam-D. Volar a tan baja altura causa múltiples problemas. En primer lugar, las turbulencias y las corrientes térmicas son mucho peores a esas alturas tan bajas, lo que hace que el vuelo sea más brusco y difícil para el piloto, y lo que reduce la estabilidad del sistema de cámaras. En segundo lugar, los vuelos sobre áreas urbanas son más difíciles a esas alturas, puesto que el ATC (Air Traffic Control, control de tráfico aéreo) tiene que compatibilizar las rutas de vuelo para la aeronave de prospección, lo que necesita hacer volar un conjunto coherente de líneas de vuelo con vuelos entrantes y salientes de los aeropuertos que rodean el área urbana.

A menudo, el almacenamiento debe ser tanto lo suficientemente rápido como para guardar los datos de las fotografías procedentes de las cámaras, como capaz de guardar datos suficientes como para permitir un periodo de vuelo razonable. Muchos de esos sistemas usan además sistemas de almacenamiento en disco duro basado en RAID para guardar los datos capturados en el vuelo. No obstante, los discos duros son sensibles a las bajas presiones de aire a alturas más elevadas, lo que puede tener como resultado impactos frontales u otros errores o pérdidas de datos.

En resumen, existe la necesidad de disponer de sistemas y procedimientos que puedan capturar y/o procesar adecuadamente imágenes de gran área de forma detallada mediante, por ejemplo, la utilización de uno o varios sistemas o grupos de cámaras que tengan configuraciones de captura o procesamiento de imágenes que ofrezcan funciones como las características de superposición especificadas, la posibilidad de crear fotomapas detallados, etc.

El documento US 5 625 409 divulga una cámara de largo alcance y alta resolución para una plataforma aérea y el documento US 2002/0063711 divulga un sistema de cámaras con imágenes de alta resolución dentro de un amplio ángulo de visión.

50

## RESUMEN

Los sistemas y procedimientos conformes con la invención están destinados a grupos de dispositivos de captura de imágenes y los procesos asociados a los mismos, que adquieran o procesen imágenes de objetos de gran área o grandes áreas.

La invención proporciona un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 y un sistema de acuerdo con la reivindicación 12.

Debe tenerse en cuenta que tanto la descripción general anterior como la descripción detallada siguiente tienen únicamente fines de ejemplo y explicación y no limitan la invención, tal y como se describe. Pueden proporcionarse otras funciones y/o variaciones además de las establecidas en el presente documento. Por ejemplo, la presente invención se puede destinar a varias tiras paralelas al eje de la imagen, y tener una mayor resolución que las partes correspondientes de las primeras imágenes.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos que acompañan, que forman parte de estas especificaciones, muestran varios modos de realización y aspectos de la presente invención y, junto con la descripción, explican los principios de la invención. En los dibujos:

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de ejemplo conforme con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento.

Las FIG. 2A-2B son diagramas de bloques de sistemas de ejemplo conformes con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un sistema de ejemplo conforme con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento.

La FIG. 4 es un diagrama de un sistema de ejemplo que incluye dispositivos de captura de imágenes detalladas y generales conformes con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento.

La FIG. 5A muestra un ejemplo de modo de realización que incluye un contenedor externo montado en una aeronave pequeña de un solo motor conforme con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento.

La FIG. 5B muestra un ejemplo de modo de realización de un sistema de captura de imágenes conforme con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento.

Las FIG. 6A-6B son diagramas que muestran ejemplos de representaciones de imágenes detalladas y generales conformes con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento.

Las FIG. 7A-7B son diagramas que muestran más ejemplos de representaciones de imágenes detalladas y generales conformes con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento.

Las FIG. 8A-8B son diagramas que muestran representaciones de imágenes que presentan condiciones de superposición típicas.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE ALGUNOS EJEMPLOS DE MODOS DE REALIZACIÓN

A continuación se harán referencias detalladas a la invención, de la cual se muestran ejemplos en los dibujos que la acompañan. Los modos de realización indicados en la siguiente descripción no representan todos los modos de realización conformes con las innovaciones reivindicadas en el presente documento. En lugar de ello, son meramente ejemplos conformes con determinados aspectos relativos a la invención. En la medida de lo posible, se usarán los mismos números de referencia en los dibujos para referirse a las mismas piezas o piezas similares.

Se utilizan numerosos sistemas y dispositivos de captura de imágenes en plataformas terrestres, aéreas y espaciales con el fin de adquirir imágenes de objetos de gran área o grandes áreas. Estos sistemas y plataformas se pueden implementar con toda una variedad de componentes, incluidas cámaras, componentes de procesamiento, almacenes de datos, telescopios, lentes u otros dispositivos que tengan componentes especializados para capturar y/o procesar imágenes.

La FIG. 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema de ejemplo 100 conforme con determinados aspectos relativos a la presente invención. En relación con la FIG. 1, el sistema 100 puede comprender un primer sistema 110 que adquiere las imágenes generales 112, y un segundo sistema 120 que adquiere las imágenes detalladas 122, 124 y 126. De acuerdo con algunos de los modos de realización, las imágenes generales se pueden caracterizar por un primer eje o eje general 114. De igual forma, las imágenes detalladas 122, 124 y 126 se pueden colocar en tiras a lo largo de un segundo eje o eje detallado 130. Además, el primer y segundo sistemas 110, 120 pueden incluir cada uno uno o varios dispositivos de captura de imágenes, por ejemplo, cámaras (en la presente divulgación, al término amplio "dispositivo de captura de imágenes" se hace referencia a menudo con el término "cámara" a efectos prácticos y no limitativos). Como se establece a continuación de forma más detallada, las innovaciones conformes con las disposiciones del presente documento ofrecen sistemas y procedimientos que presentan numerosas ventajas, incluida la posibilidad de capturar de forma precisa imágenes digitales de alta resolución de grandes áreas para prospecciones de fotomapas aéreas o espaciales a una velocidad mucho más elevada y con una duración de vuelo de prospección más corta que los sistemas existentes.

Además, de acuerdo con algunos aspectos de las innovaciones del presente documento, el primer y segundo sistemas 110, 120 pueden incluir conjuntos de dispositivos de captura de imágenes digitales, como grupos en cascada de varias cámaras montadas en disposiciones rígidas o semirrígidas. Las personas normalmente expertas en la materia apreciarán que dichos detalles de montaje son a modo de ejemplo. Por ejemplo, un sistema de montaje rígido o semirrígido puede describir cualquier aparato capaz de definir de forma precisa la posición relativa de los distintos grupos de cámaras en cascada. Dicho sistema de montaje se puede realizar a través de distintas permutaciones, por ejemplo, puede comprender una estructura física rígida, como el montaje de las cámaras en un contenedor, puede comprender cámaras con una posición independiente pero precisa en relación una con otra, como cámaras montadas en varios sistemas distintos aéreos o de satélite con un sistema de referenciado local para definir el posicionamiento relativo de las cámaras entre satélites, etc.

El sistema 100 de la FIG. 1 también es a modo de ejemplo respecto a varias configuraciones que pueden estar presentes entre los sistemas 110, 120 y/o sus dispositivos de captura de imágenes. Por ejemplo, las FIG. 2A-2B son diagramas de bloques que muestran diferentes disposiciones del primer sistema 110 y el segundo sistema 120 conformes con aspectos relativos a las innovaciones del presente documento. La FIG. 2A muestra una implementación en la que el primer sistema 110 y el segundo sistema 120 están situados en una ubicación fija, como en una plataforma aérea, en un satélite, etc. La FIG. 2B muestra otra implementación en la que las innovaciones residen en solo un sistema, específicamente, en este caso, en el segundo sistema 120. En esta implementación a modo de ejemplo, las innovaciones conformes con la adquisición o el procesamiento de imágenes particulares pueden producirse principalmente a través del segundo sistema 120. En este caso, la información de relación entre el primer sistema 110 y el segundo sistema 120, entre grupos de cámaras situados en ellos, o entre imágenes obtenidas a partir de los mismos, normalmente se conoce o se puede determinar, no obstante, las innovaciones descritas en el presente documento residen en el segundo sistema 120 o están asociadas principalmente con él. Esta disposición puede resultar útil, por ejemplo, cuando determinadas imágenes, como las imágenes generales, se obtienen a partir de un tercer proveedor, mientras que las imágenes restantes se obtienen a través del segundo sistema 120. Por último, aunque la FIG. 2B muestra las innovaciones que residen en el segundo sistema 120, también puede existir una disposición similar con respecto al primer sistema. Tal y como se describe también a efectos de ilustración en las FIG. 2A-2B, el primer sistema 110 puede incluir uno o varios primeros dispositivos de captura de imágenes o cámaras 210A y el segundo sistema 120 puede incluir uno o varios segundos dispositivos de captura de imágenes o cámaras 220A.

Estos ejemplos de grupos de cámaras se pueden configurar de forma que una o varias cámaras capturen fotografías con grandes cantidades de superposición, p. ej., para facilitar el cálculo preciso de la orientación interior y exterior del sistema de cámaras. Además, se puede disponer un segundo subgrupo de cámaras en cascada para capturar imágenes con una superposición mínima pero gran cantidad de detalle, p. ej., para facilitar procesos como el ajuste de la orientación interior y exterior fotogramétrico, proporcionar los datos de imagen de las fotografías necesarios para crear proyecciones de fotomapas detalladas, etc. Las personas normalmente expertas en la materia apreciarán que estas delineaciones son a modo de ejemplo, y las configuraciones de cámaras en cascada se pueden cambiar o ajustar según las aplicaciones específicas. Por ejemplo, también se pueden usar cámaras empleadas para capturar fotografías de alta redundancia para calcular la orientación interior y exterior a fin de crear fotomapas generales de menor resolución para la proyección. También se pueden usar además cámaras empleadas para capturar fotografías de gran detalle y baja redundancia a fin de crear fotomapas detallados y ajustar las estimaciones exterior e interior del sistema de cámaras.

En determinadas implementaciones, algunas cámaras se pueden configurar para aumentar al máximo la cantidad de redundancia y superposición entre las fotografías, o para permitir de otro modo cálculos más precisos de la orientación interior y exterior relativa a los sistemas de cámaras. En otras implementaciones, se pueden disponer otras cámaras para reducir al mínimo la cantidad de redundancia y superposición entre las fotografías, o configurarse de otro modo para poder crear proyecciones de fotomapas de detalle final con una cantidad mínima de imágenes de fotografías redundantes desechadas.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de otro sistema de ejemplo conforme con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento. Como se muestra en la FIG. 3, una sola plataforma o módulo 310 puede incluir o representar tanto el primer sistema 110 como el segundo sistema 120. De acuerdo con otras implementaciones, la plataforma 310 puede tener también varias disposiciones y/o grupos de cámaras o dispositivos primeros y segundos de captura de imágenes 210A, 210A', 220A, 220A', etc. Dichas disposiciones y grupos de cámaras se pueden configurar para proporcionar los distintos tipos de imágenes descritas en el presente documento. Un ejemplo de implementación de tal disposición se describe de forma más detallada en relación con la FIG. 4 siguiente. Las ventajas de las implementaciones conformes con estas disposiciones incluyen la posibilidad de

montar los sistemas en un contenedor de cámara externo, permitir el uso de sistemas de cámaras en aeronaves estándar sin modificaciones personalizadas, así como un menor peso y tamaño para el sistema de cámaras, lo que permite usarlo en una aeronave "pequeña" (p. ej., una aeronave de un solo motor de menor gasto, como Cessna 210 o Diamond DA42 Twin Star) y también en una aeronave UAV (Unmanned Airborne Vehicle, vehículo aéreo no tripulado).

Los aspectos de las innovaciones del presente documento también se destinan a funciones de superposición existentes entre las cámaras, las imágenes o ambas, así como a la interrelación de varias de esas funciones de superposición. En un modo de realización, con respecto a las imágenes generales capturadas por el primer sistema, se pueden configurar cámaras de ejemplo con lentes de gran ángulo y usarse para capturar fotografías con una gran cantidad de superposición. Las fotografías capturadas con estas cámaras cubren una gran área por fotografía. Esta gran cantidad de redundancia de superposición tiene como resultado puntos de tierra visibles en muchas más fotografías que en los sistemas de cámaras de la técnica anterior, lo que permite un posicionamiento preciso de la orientación interior y exterior aun sin el uso de una plataforma estabilizada. Por ejemplo, la superposición de estas imágenes generales se puede caracterizar en un rango de 45-65/94-99 (superposición lateral del 45 %-65 % y superposición hacia delante del 94 %-99 % con respecto a un eje), o más estrecho. De manera específica, las imágenes generales capturadas pueden tener redundancia de superposición lateral de entre un 45 % y un 65 % con imágenes adyacentes lateralmente al primer eje, así como redundancia de superposición hacia delante entre un 94 % y un 99 % con imágenes que están adyacentes longitudinalmente al primer eje. Los rangos más estrechos incluyen una superposición lateral de entre el 50 % y el 60 % y una superposición hacia delante de entre el 95 % y el 99 %, una superposición hacia delante de entre el 98 % y el 99 %, una superposición lateral de un 50 % y una superposición hacia delante del 99 %, entre otros aspectos conformes con los parámetros indicados en el presente documento. De acuerdo con otras expresiones de superposición conformes con las innovaciones del presente documento, las imágenes generales también se pueden capturar de forma que las imágenes tengan una redundancia de superposición caracterizada por que se captura un mismo punto de imagen: en una cantidad de imágenes generales superior a 30 e inferior a 100, de media entre unas 40 y unas 60 imágenes, de media unas 50 imágenes, o como máximo unas 100 imágenes, en función de los sistemas y procesos utilizados. Otra expresión de superposición también puede incluir la caracterización de que un mismo punto de imagen se captura en una cantidad de unas 500 imágenes, tal y como se explica en relación con la FIG. 7A siguiente.

Otros aspectos de las innovaciones del presente documento también pueden incluir grupos de una o varias cámaras configuradas con lentes de mayor longitud focal que se usan para capturar imágenes detalladas a fin de generar los fotomapas detallados para la prospección. Las cantidades reducidas de superposición en estas cámaras pueden reducir al mínimo la redundancia y aumentar así al máximo el uso de imágenes de fotografías para la prospección detallada, y pueden proporcionar otras ventajas como la reducción significativa de los costes generales y el tiempo necesarios para llevar a cabo una prospección. En este caso, por ejemplo, una medida de superposición de tales imágenes detalladas conformes con las innovaciones del presente documento se caracteriza por que la superposición de vista de fotografías entre los segundos dispositivos de captura de imágenes está entre un 0 % y un 10 %.

La FIG. 4 es un diagrama de un sistema de ejemplo que incluye grupos de cámaras generales y grupos de cámaras detalladas conformes con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento.

En relación con la FIG. 4, se divulga un módulo unitario 400 que incluye una pluralidad de cámaras generales 410, al menos un almacén de datos 430/430A, un primer grupo de cámaras detalladas 420A, un segundo grupo de cámaras detalladas 420B, un tercer grupo de cámaras detalladas 420C, y un cuarto grupo de cámaras detalladas 420D, etc. Estos grupos de cámaras detalladas se pueden utilizar, por ejemplo, para obtener imágenes de las distintas vistas establecidas a continuación al mismo tiempo que se vuela en una sola prospección, como varias vistas oblicuas, vistas de nadir aéreas, etc. Las personas normalmente expertas en la materia apreciarán que las cantidades (p. ej., tanto de las cámaras como de los grupos) de cámaras detalladas se pueden ajustar de acuerdo con las especificaciones conocidas de un artesano común a fin de ofrecer los resultados de imágenes deseados. Las ventajas conformes con tales implementaciones incluyen la posibilidad de configurar y/o reconfigurar un módulo 400 destinado a varios requisitos de prospección, con fotomapas de nadir, fotomapas oblicuos, fotomapas de infrarrojos o cualquier combinación de estos u otros requisitos que puedan surgir. Las innovaciones conformes con módulos como los de la FIG. 4 ofrecen además estimaciones iniciales mejoradas del ángulo de visión para las cámaras detalladas relativas a las cámaras generales.

Las implementaciones conformes con la Fig. 4 permiten además el uso de cámaras COTS (Commercial Off The Shelf, disponibles en el mercado) de bajo coste, en lugar de necesitar una calidad industrial y sistemas de cámaras

costosos como lo hacen numerosos sistemas existentes. De acuerdo con algunos aspectos relativos a las innovaciones del presente documento, los sistemas y procedimientos pueden incluir dispositivos de captura de imágenes que se montan de forma extraíble o modular en una plataforma de tal forma que los dispositivos de captura de imágenes individuales se pueden sustituir. Por ejemplo, el primer sistema, el segundo sistema o ambos se pueden configurar/diseñar con sistemas de montaje extraíbles de forma que los dispositivos de captura de imágenes se pueden intercambiar con diferentes dispositivos de captura de imágenes. Los dispositivos de captura de imágenes de ejemplo en este caso pueden incluir cámaras COTS instaladas de forma que se pueden extraer de forma individual para su reparación, sustitución y/o actualización. Esto proporciona innovaciones particulares, como la posibilidad de aprovechar rápidamente nuevos avances en fotografía digital, como los rápidos desarrollos y el bajo coste de las cámaras profesionales de última generación DSLR (una sola lente digital). El uso de tales cámaras presenta ventajas como la reducción total del coste del sistema de cámaras, y permite asimismo una actualización rápida e inmediata a medida que se lanzan nuevas cámaras D-SLR con mayor resolución, mayor rendimiento y/o menor coste.

Como se muestra en la FIG. 4, las plataformas o módulos 400 conformes con la invención también pueden incluir un almacén de datos 430 o una pluralidad de dichos componentes, asociados a cada cámara 430A. Respecto a la última solución, algunas de las innovaciones del presente documento incluyen funciones para comprimir y/o guardar imágenes asociadas a cada cámara, en lugar de necesitar fotografías capturadas para guardarse en un sistema de almacenamiento central, transmitirse, etc. Asimismo, las funciones destinadas a la compresión paralela y el almacenamiento de fotografías en cada cámara aumentan la producción máxima y el almacenamiento del sistema de cámaras, que permite llevar a cabo las prospecciones de forma mucho más rápida, con el fin de poder guardar más datos y de aumentar el tiempo de vuelo.

Este almacenamiento y compresión paralela en cada cámara también aumenta la fiabilidad del almacenamiento, ya que permite utilizar Compact Flash u otros medios de estado sólido en cada cámara. Los sistemas existentes guardan normalmente los datos sin procesar del sensor lineal como datos de 12 a 16 bits en un sistema de almacenamiento central. Por el contrario, al realizar la compresión en cada cámara en paralelo, las innovaciones del presente documento permiten convertir los datos a un espacio de color gamma como YCbCr. Esto permite guardar los datos en formato de 8 bits, puesto que la mayor profundidad de datos solo se necesita normalmente para los datos lineales sin procesar y permite comprimir imágenes antes de guardarlas en el almacén de datos de cada cámara. La conversión a un espacio de color gamma y la compresión pueden proporcionar una reducción de los requisitos de espacio de almacenamiento de hasta diez veces. Por ejemplo, en un sistema con 14 cámaras, cada una con su propia tarjeta de memoria Compact Flash de 32 GB, el almacenamiento total de 448 GB puede ser equivalente a unos 4500 GB o 4,5 TB de almacenamiento de datos de fotografías sin procesar ni comprimir. Otras ventajas se refieren a características de funcionamiento en paralelo y para evitar transmisiones de datos de imágenes u otras señales de las cámaras al sistema informático de control de vuelo, como una mayor tasa de captura para el sistema de cámaras, lo que reduce los requisitos posteriores al procesamiento y aumenta la resistencia reduciendo los requisitos de cableado y señalización, entre otros aspectos.

Los sistemas conformes con las implementaciones de ejemplo de las FIG. 1-4 se pueden utilizar para implementar metodologías de captura de imágenes conformes con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento. Estos sistemas pueden incluir los dispositivos de captura de imágenes a partir de los cuales se obtienen o capturan las imágenes descritas en el presente documento, así como otros elementos que procesan y guardan dichas imágenes. De acuerdo con algunos procesos llevados a cabo por estos sistemas, los procedimientos de ejemplo pueden incluir el obtener o capturar imágenes generales, en las que estas representan primero áreas, así como el obtener o capturar imágenes detalladas caracterizadas por que se relacionan entre sí a lo largo de un eje de imágenes. En este caso, las imágenes generales se pueden obtener o capturar a través de un primer sistema o grupo que incluye dispositivos de captura de primeras imágenes. Las imágenes detalladas se pueden obtener o capturar además a través de un segundo sistema o grupo que incluye dispositivos de captura de segundas imágenes. Además, las imágenes detalladas capturadas pueden representar segunda áreas que son subconjuntos de las primeras áreas; se pueden colocar en tiras paralelas al eje de imágenes, y/o pueden tener una mayor resolución que las partes correspondientes de las primeras imágenes.

Con respecto a las imágenes detalladas, algunos de los procesos de captura de imágenes descritos en el presente documento están destinados a capturar imágenes detalladas a una resolución suficiente como para producir un fotomapa detallado. En relación con la captura de estas imágenes detalladas y/o con las propias imágenes detalladas, la determinación de la resolución suficiente, en este caso, es bien conocida por las personas expertas en la materia. Dichas determinaciones son conformes, por ejemplo, con las de las patentes estadounidenses 6,078,701, 6,694,064, 6,928,194, 7,127,348 y 7,215,364, y/o la publicación de las solicitudes de patentes números



- 2002/0163582A1, 2005/0265631A1 y 2007/0188610A1, que se incorporan a la presente por referencia en su integridad. Además, algunos aspectos relativos a las innovaciones del presente documento son especialmente aptos para la creación de fotomapas detallados de mucha más resolución que los sistemas comparables, es decir, donde las imágenes detalladas se capturan con una resolución suficiente como para producir un fotomapa detallado con una resolución de píxeles de nivel de tierra de al menos 10 cm. Las innovaciones del presente documento conformes con las ventajas anteriores, como permitir capturar prospecciones de alta resolución desde alturas mayores, reducir los efectos asociados a las restricciones del control del tráfico aéreo, proporcionar condiciones de vuelo más suaves y/o reducir la carga de trabajo del piloto u operario.
- 10 Con respecto a las imágenes generales, algunos de los procesos de adquisición de imágenes del presente documento están destinados a capturar imágenes que tienen superposición entre las imágenes caracterizada por que un mismo punto de imagen se captura en una cantidad de imágenes suficiente como para permitir un ajuste de paquetes preciso. Otros procesos de adquisición de imágenes del presente documento están destinados a capturar imágenes que tienen una superposición entre las imágenes caracterizada por que una misma característica se
- 15 captura en la cantidad de imágenes necesaria para el ajuste de paquetes. Además, la solución de ajuste de paquetes se puede derivar en función de las imágenes generales y las imágenes detalladas.

- El ajuste de paquetes (véase, p. ej., Wolf, Elements of Photogrammetry, 1983, y Manual of Photogrammetry, 3rd Edition, American Society of Photogrammetry, 1966) es una conocida manipulación matemática usada para calcular de forma precisa la posición, conocida como orientación exterior, y la calibración de la cámara, conocida como orientación interior para cada fotografía tomada para una prospección terrestre, aérea o espacial empleando sistemas de cámaras. El ajuste de paquetes al que se hace referencia en el presente documento redefine simultáneamente las estimaciones para las posiciones de puntos de tierra y para la orientación exterior e interior de cada fotografía. Una posición de punto de tierra se identifica como una característica en cada fotografía. Un requisito para el ajuste de paquetes es aumentar al máximo el número medio y máximo de fotografías en las que se identifica un punto de tierra. Si un punto de tierra se identifica en demasiadas pocas fotografías, la solución no es muy rígida y presentará tanto errores de precisión como un mayor riesgo de equivocaciones, al emplearse en la solución de paquetes puntos de tierra identificados de forma incorrecta. El ajuste de paquetes también es capaz de perfeccionar fotografías que tienen diferentes colocaciones, por ejemplo, imágenes con diferentes ángulos oblicuos u orientadas de forma diferente.
- 20
- 25
- 30

- De acuerdo con las innovaciones del presente documento, el uso de cámaras en cascada permite perfeccionar aún más la orientación interior y exterior de las fotografías tomadas por las cámaras detalladas a través del ajuste de paquetes. Usando las técnicas de ajuste de paquetes, esto se puede conseguir identificando puntos de tierra visibles en las imágenes capturadas por las cámaras generales y en las imágenes capturadas por las cámaras detalladas. Puesto que las cámaras generales proporcionan una redundancia muy elevada y por tanto precisión en el proceso de ajuste de paquetes, sirve de base para calcular la orientación interior y exterior de las fotografías tomadas con cámaras detalladas, a pesar de la cantidad limitada de redundancia y superposición proporcionada por las cámaras detalladas. Las ventajas relativas a ello incluyen la posibilidad de permitir la calibración automática de los parámetros de orientación interior de la cámara, como la distorsión y la longitud focal de la lente, lo que permite usar lentes profesionales de menor coste y permite la automatización del proceso de fotogrametría del fotomapa. Otros aspectos de las innovaciones del presente documento permiten que todas o varias cámaras del sistema activen sus obturadores al mismo tiempo o prácticamente al mismo tiempo. En este contexto, "prácticamente al mismo tiempo" significa un periodo de unos 100 milisegundos en condiciones de plataforma estables (es decir, vuelo, giro, cabeceo, etc.). Esto proporciona más rigidez a la solución de ajuste de paquetes, ya que el sistema de cámaras se puede modelar con mayor precisión, por ejemplo, usando procedimientos conocidos de ajuste de paquetes para perfeccionar la orientación interior y exterior de varias cámaras.
- 35
- 40
- 45

- La FIG. 5A muestra un ejemplo de modo de realización que incluye un contenedor externo montado en una aeronave pequeña 510 de un solo motor conforme con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento. Con referencia a la FIG. 5A, un modo de realización específico de la presente invención es montar las cámaras del sistema en un contenedor o envoltente extraíble 520, a fin de permitir el uso del sistema de cámaras en una aeronave pequeña estándar 510 como la Cessna 210 sin que sea necesario aportar modificaciones al fuselaje. La FIG. 5B muestra un ejemplo de modo de realización de un sistema de captura de imágenes conforme con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento. Como se muestra en la FIG. 5B, un contenedor o envoltente extraíble 520 puede incluir varias cámaras generales/detalladas 410/420, que se pueden agrupar o disponer, por ejemplo, en grupos tal y como se indica en el presente documento. Los modos de realización como los mostrados en las FIG. 5A y 5B proporcionan una gran precisión sin necesidad de una plataforma de montaje estabilizada, así como una reducción suficiente de peso y tamaño para que el sistema de
- 50
- 55

cámaras se pueda montar en un UAV.

- Las FIG. 6A-6B son diagramas que muestran ejemplos de representaciones de imágenes detalladas y generales conformes con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento. La FIG. 6A muestra una representación de ejemplo en la que varias cámaras están configuradas para aumentar al máximo la cantidad de datos de imágenes detalladas 610 obtenidas en el área única mediante la utilización de varias cámaras detalladas, mientras que al mismo tiempo se garantiza una superposición significativa entre las imágenes generales 612 para permitir un ajuste de paquetes preciso.
- 10 La representación de la FIG. 6A se puede lograr, por ejemplo, usando una cámara general (véanse, p. ej., las imágenes representativas 612, 616, 620 y 624) para capturar la orientación interior y exterior, y un grupo en cascada de nueve cámaras organizadas para capturar tiras detalladas 610, 614, 618 y 622 o subpartes de cada fotografía general con gran cantidad de detalle. Como se ha indicado anteriormente, aspectos relativos a las innovaciones del presente documento pueden incluir una alineación rígida o semirrígida de las cámaras del sistema, lo que permite
- 15 tomar fotografías con una superposición mínima entre las fotografías de la tira. Además, las imágenes se deben tomar con la frecuencia suficiente como para garantizar la superposición entre fotografías consecutivas a lo largo de una línea de vuelo, y las líneas de vuelo se pueden organizar para garantizar que exista una superposición entre tiras de fotografías tomadas a lo largo de líneas de vuelo adyacentes. A diferencia de los sistemas existentes en los que se necesita una superposición significativa para llevar a cabo un ajuste de paquetes preciso, las innovaciones actuales permiten usar una cantidad mínima de superposición entre detalles de tiras de fotografías subsiguientes o
- 20 adyacentes, lo que solo necesita ser suficiente para crear posteriormente un fotomapa sin problemas. Como resultado de ello, la redundancia necesaria para una tira de fotografías de cámaras detalladas es mucho menor que con los sistemas existentes, lo que reduce significativamente los costes y el tiempo de prospección.
- 25 Además, puesto que se necesitan numerosas cámaras detalladas adicionales, se pueden configurar en cascada para capturar subpartes detalladas de las imágenes generales para vistas específicas, como los fotomapas aéreos de nadir o los fotomapas oblicuos de diferentes ángulos de visión. Dado que es posible que una sola cámara detallada no tenga la resolución suficiente como para capturar una subparte para la prospección deseada, se puede organizar un grupo de cámaras detalladas para una vista de perspectiva específica en una tira para capturar una
- 30 hilera más ancha de la perspectiva deseada. Las FIG. 7A-7B son diagramas que muestran más ejemplos de representaciones de imágenes detalladas y generales conformes con determinados aspectos relativos a las innovaciones del presente documento. La FIG. 7A muestra tres grupos en cascada de cámaras detalladas donde las cinco cámaras (véanse, p. ej., las imágenes 730, 730A-E) ofrecen una vista vertical detallada, cuatro cámaras (véanse, p. ej., las imágenes 740) ofrecen vistas oblicuas detalladas izquierda y derecha de líneas de vuelo alternas y tres cámaras (véanse, p. ej., las imágenes 750, 750A-C) ofrecen vistas oblicuas detalladas frontal y trasera de líneas de vuelo alternas. La FIG. 7B muestra otro modo de realización, en el que se ofrecen varias vistas oblicuas volando líneas de vuelo en direcciones alternas, por ejemplo, obteniendo cuatro vistas oblicuas de dos grupos de cámaras oblicuas.
- 35
- 40 La representación de la FIG. 7A también muestra otra característica en la que se usan varias cámaras generales 710, 720, cada una de ellas orientada en una colocación diferente. Esta característica de ejemplo aumenta la cantidad de superposición entre fotografías de forma considerable, lo que permite una superposición entre imágenes que pueden estar separadas de varias líneas de vuelo. Como tal, la redundancia y la rigidez de la solución adaptada a la característica se puede aumentar significativamente entre las imágenes. Además, combinando varias cámaras
- 45 generales con diferentes colocaciones, es posible ver el mismo punto de tierra y medirlo en 500 o más fotografías. Esto se compara favorablemente con los procedimientos existentes que tienen un 30%/80% de superposición, lo que tiene como resultado un punto de tierra que se captura en un promedio de 5 fotografías.
- Volviendo a las FIG. 6B y 7B, estos dibujos muestran la cantidad de superposición entre las imágenes. En este caso,
- 50 la superposición es de un 50%/95% cuando estos dos modos de realización se comparan con el de la FIG. 8B, donde se muestra la superposición de 30/80 comúnmente usada por la técnica anterior. Cada una de estas figuras muestra imágenes o grupos de imágenes en una secuencia tomada durante una prospección e imágenes o grupos de imágenes adyacentes en la línea de vuelo anterior y siguiente para la prospección. La gran cantidad de redundancia permite que el ajuste de paquetes perfeccione con precisión la posición interior y exterior de las
- 55 fotografías con una precisión de subpíxel para las cámaras generales.

La FIG. 7A muestra otras características de ejemplo de la invención, como la utilización de dos cámaras generales 710, 720 para capturar la orientación interior y exterior, y tres grupos en cascada de cámaras detalladas 730, 740 y 750 para capturar una vista detallada de nadir general y dos vistas detalladas oblicuas. Cuando se vuela la aeronave

para la prospección en direcciones alternas para cada línea de vuelo, las dos vistas oblicuas alternan la dirección, lo que tiene como resultado un total de cuatro vistas oblicuas capturadas además de la vista detallada general. En realidad, la posibilidad de configurar el sistema de cámaras son arreglo a los requisitos específicos de la misión de prospección permite capturar simultáneamente fotomapas detallados desde diferentes ángulos de visión al mismo tiempo. La FIG. 7A, por ejemplo, permite producir un fotomapa aéreo detallado y cuatro fotomapas oblicuos detallados a través de una combinación de varios grupos de cámaras en cascada y la utilización de líneas de vuelo alternas.

Al organizar las tiras de cámaras detalladas en conjuntos o grupos se proporciona al sistema de cámaras un elevado recuento de megapíxeles virtual. Con respecto a un sistema de ejemplo conforme con la FIG. 7A, p. ej., un modo de realización usa 14 cámaras, cada una de ellas una cámara D-SLR de 21 megapíxeles y 35 mm, que proporciona una resolución eficaz del sistema de cámaras de varios gigapíxeles de tamaño. En este modo de realización de ejemplo, una cámara general 710 proporciona una vista aérea de nadir conectada a otra cámara general 720 para proporcionar una vista aérea oblicua. Un grupo en cascada de varias cámaras detalladas 730 puede ofrecer unas imágenes de prospección detalladas de nadir referenciadas dentro de la primera cámara general 710. Otro grupo en cascada de varias cámaras detalladas 750 puede ofrecer a lo largo de la trayectoria imágenes de prospección detalladas oblicuas referenciadas dentro de la cámara general 720. Otro grupo en cascada de varias cámaras detalladas 740 puede ofrecer a través de la trayectoria imágenes de prospección detalladas oblicuas que se referencian usando un cuerpo de sistema de cámaras rígido y/o imágenes de cámara general de las líneas de vuelo de prospección adyacentes como se muestra en la FIG. 7B

Las FIG. 8A-8B son diagramas que muestran representaciones de imágenes que presentan condiciones de superposición típicas de los sistemas existentes. Las FIG. 8A-8B muestran representaciones de una configuración existente grande de cámaras de gran formato, donde 810 es la cobertura total de fotografías del terreno para una sola imagen y 820 representa la parte que es única de esta fotografía cuando se realiza una prospección con una superposición típica del 30 %/80 %. Se puede ver que la parte única de la fotografía es solo un pequeño porcentaje del área total de la fotografía, por lo que el área restante es redundante en términos de requisitos de fotomapa finales.

Las características asociadas a reducir al mínimo la superposición entre fotografías capturadas por cámaras detalladas presentan ventajas como el optimizar el uso de las imágenes en los fotomapas resultantes.

De esta forma se pueden realizar las prospecciones a mayores alturas y en menos tiempo. Realizar las prospecciones a mayor altura reduce el impacto en el control del tráfico aéreo en las áreas urbanas pobladas, y por lo general proporciona unas condiciones de vuelo más suaves y una menor carga de trabajo del piloto u operario. Realizar las prospecciones en menos tiempo reduce los costes de explotación de la prospección y permite llevar a cabo la prospección tan pronto como amaina, en lugar de tener que esperar largos periodos de tiempo con buen tiempo. En consecuencia, las innovaciones conformes con lo anterior también pueden aumentar en gran medida la probabilidad de capturar una prospección a pesar de las inclemencias del tiempo.

Además, aspectos relativos a las innovaciones del presente documento que proporcionan una gran cantidad de superposición entre las fotografías capturadas por cámaras generales permiten realizar una "calibración automática" o un modelado preciso de la lente de orientación interior y características de sensor usando las técnicas de calibración automática existentes de ajuste de paquetes. Por ejemplo, puesto que las imágenes que se capturan por las cámaras detalladas en cascada se asignan a su vez a las fotografías generales, dicho modelado de calibración automática se puede llevar a cabo tanto para las cámaras detalladas como para las cámaras generales. Puesto que las innovaciones del presente documento permiten realizar una calibración automática precisa, se pueden usar lentes profesionales COTS de bajo coste en el sistemas de cámaras, en lugar de necesitar el uso de lentes industriales mucho más costosas. -

Aspectos relativos a las innovaciones del presente documento permiten también usar IMU, D-GPS, plataformas estabilizadas u otros sistemas antiguos complejos o costosos, lo que reduce los costes de capital y de explotación para el sistema de cámaras y puede reducir la complejidad general. Otras ventajas de las innovaciones del presente documento permiten aumentar la precisión de la posición y la colocación calculadas de la cámara sin necesidad de utilizar costosos subsistemas antiguos de D-GPS, estabilización o IMU.

Como se puede apreciar en relación con la tira de imágenes detalladas 610 en la FIG. 6A, las innovaciones del presente documento también se refieren al concepto del campo de visión de un grupo de cámaras detalladas muy amplias pero muy estrechas. Si la plataforma del sensor de la cámara se monta lo suficientemente rápido en

- dirección del aspecto estrecho del campo de visión, es posible que se omitan vistas detalladas del terreno. Aunque el riesgo de que esto ocurra se mitiga porque los sistemas y procedimientos descritos se pueden practicar a alturas más elevadas (y, normalmente, mucho más suaves), las innovaciones también pueden incluir la utilización de acelerómetros MEMS (Micro- Electro-Mechanical Systems, Sistemas Micro Electro Mecánicos) de bajo coste para
- 5 detectar los cambios rápidos de cabeceo. Los acelerómetros MEMS son muy baratos (se usan en los airbags), aunque no son adecuados para numerosas mediciones de IMU porque varían con el tiempo. No obstante, los modos de realización de MEMS con aceleración de aeronave o plataforma, cabeceo rápido, etc. y los dispositivos de captura de imágenes relacionados ofrecen ventajas particulares a los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento. Las innovaciones del presente documento implican la utilización de acelerómetros MEMS para
- 10 medir los cambios de cabeceo rápido a corto plazo, el giro o el balanceo, y la utilización de esta información para aumentar el número de fotografías y eventos de obturación durante estos momentos de cambios rápido para garantizar que las cámaras detalladas con campos de visión estrechos sigan cubriendo todo el área de terreno necesaria incluso durante los cambios rápidos de la posición de la plataforma del sensor.
- 15 Por último, los modelos de elevación digital (Digital Elevation Models, DEM) son un producto derivado común del proceso de ajuste de paquetes fotogramétrico. Los DEM resultan útiles en sí mismos para aplicaciones como el modelado de incendios e inundaciones, y también son necesarios para producir fotomapas ortorectificados usando los procedimientos usuales de la técnica anterior tal y como están presentes en aplicaciones como ER Mapper (Nixon, Earth Resource Mapping, [www.ermapper.com](http://www.ermapper.com)). La precisión general de los DEM es normalmente mucho
- 20 más importante que la densidad de las mediciones para el propio DEM. La ortorectificación usa normalmente DEM con una resolución de  $1/10^\circ$  o menos que las imágenes de fotografías que se rectifican. Aspectos de las innovaciones del presente documento ofrecen un alto nivel de superposición entre imágenes capturadas por cámaras generales. Un solo punto de tierra se puede observar normalmente en varios órdenes de magnitud con más fotografías que lo que sería posible en los sistemas de cámaras existentes. Como tal, la redundancia de las
- 25 observaciones de puntos de tierra proporcionada por las innovaciones del presente documento también permiten producir DEM resistentes y precisos.

En la presente descripción, los términos componente, módulo y unidad funcional pueden hacer referencia a cualquier tipo de bloques o procesos lógicos o funcionales que se pueden usar en una gran variedad de formas. Por

30 ejemplo, las funciones de varios bloques se pueden combinar entre sí para formar cualquier otra cantidad de módulos. Cada módulo se puede implementar como un programa de software guardado en una memoria tangible (p. ej., memoria de acceso aleatorio, memoria de solo lectura, memoria en CD-ROM, unidad de disco duro) para ser leída por una unidad de procesamiento con el fin de implementar las funciones de las innovaciones del presente documento. O bien, los módulos pueden comprender instrucciones de programación que se transmiten a un

35 ordenador de uso general o a hardware de procesamiento de gráficos a través de una onda portadora de transmisión. Los módulos también se pueden implementar como circuitos lógicos de hardware con las funciones que abarcan las innovaciones del presente documento. Por último, los módulos se pueden implementar usando instrucciones con fines específicos (instrucciones SIMD), conjuntos de lógica programable en el terreno o cualquier combinación de los anteriores para ofrecer el nivel deseado de rendimiento y coste.

40

Como se divulga en el presente documento, los modos de realización y características de la invención se pueden implementar a través de hardware informático, software y/o firmware. Por ejemplo, los sistemas y procedimientos divulgados en el presente documento se pueden realizar de varias formas, incluido, por ejemplo, un procesador de

45 datos, como un ordenador que puede incluir también una base de datos, circuitos electrónicos digitales, medios legibles por ordenador, firmware, software o combinaciones de estos elementos.

Además, aunque algunas de las implementaciones divulgadas describen componentes como software, los sistemas y procedimientos conformes con las innovaciones del presente documento se pueden implementar con cualquier combinación de hardware, software y/o firmware. Además, las características indicadas anteriormente y otros

50 aspectos y principios de las innovaciones del presente documento se pueden implementar en varios entornos. Dichos entornos y aplicaciones relacionadas se pueden construir especialmente para llevar a cabo los distintos procesos y operaciones de conformidad con la invención o bien pueden incluir un ordenador de uso general o plataforma informática activados o reconfigurados de forma selectiva mediante código para proporcionar la funcionalidad necesaria. Los procesos divulgados en el presente documento no están relacionados inherentemente

55 con ningún ordenador, red, arquitectura, entorno ni otros aparatos en particular, y se pueden implementar mediante una combinación adecuada de hardware, software y/o firmware. Por ejemplo, se pueden usar varias máquinas de uso general con programas escritos de conformidad con aprendizajes de la invención, o bien puede ser más cómodo construir un aparato o sistema especializado para llevar a cabo las técnicas y procedimientos necesarios.

- Los aspectos del procedimiento y el sistema descritos en el presente documento se pueden implementar como una funcionalidad programada en cualquier variedad de circuitos, incluidos dispositivos de lógica programable ("PLD"), como conjuntos lógicos programables de campo ("FPGA"), dispositivos de lógica de matrices programables ("PAL"), dispositivos de memoria y lógica programables eléctricamente y dispositivos estándar basados en celdas, así como
- 5 circuitos integrados específicos de la aplicación. Algunas otras posibilidades de implementación de los aspectos son las siguientes: dispositivos de memoria, microcontroladores con memoria (como EEPROM), microprocesadores incrustados, firmware, software, etc. Además, se pueden integrar aspectos en microprocesadores con emulación de circuitos basados en software, lógica discreta (secuencial y combinatoria), dispositivos personalizados, lógica difusa (neural), dispositivos quantum e híbridos de cualquiera de los tipos de dispositivos anteriores. Las tecnologías
- 10 subyacentes de los dispositivos se pueden ofrecer en varios tipos de componentes, p. ej., tecnologías de transistores de efecto de campo con semiconductores de óxido metálico ("MOSFET") como semiconductores complementarios de óxido metálico ("CMOS"), tecnologías bipolares como la lógica de emisores acoplados ("ECL"), tecnologías de polímeros (p. ej., estructuras de polímeros conjugados con silicón y metal de polímeros conjugados con metal), combinación analógico y digital, etc.
- 15
- Debe tenerse en cuenta también que las distintas funciones divulgadas en el presente documento se pueden describir usando cualquier número de combinaciones de hardware, firmware y /o como datos y/o instrucciones integradas en varios medios legibles por máquina u ordenador, como a través de uno o varios medios legibles por ordenador que contengan instrucciones ejecutables o legibles por ordenador, incluidas instrucciones adaptadas para
- 20 que uno o varios procesadores ejecuten y/o implementen la funcionalidad de cualquier otra forma, características y/o aspectos indicados en el presente documento, en cuanto a, a modo de ejemplo y sin carácter exhaustivo, su comportamiento, transferencia de registros, componente lógico y/u otras características. Los medios legibles por ordenador en los que esos datos y/o instrucciones formateados se pueden integrar incluyen, entre otros, medios de almacenamiento no volátiles de varias formas (p. ej., medios de almacenamiento ópticos, magnéticos o de
- 25 semiconductores) y ondas portadoras que se pueden usar para transferir dichos datos y/o instrucciones formateados a través de medios de señalización inalámbricos, ópticos o cableados o cualquier combinación de los mismos. Ejemplos de transferencias de dichos datos y/o instrucciones formateados por ondas portadoras incluyen, entre otros, transferencias (cargas, descargas, correo electrónico, etc.) por Internet y/u otras redes informáticas a través de uno o varios protocolos de transferencia de datos (p. ej., HTTP, FTP, SMTP, etc).
- 30
- A menos que el contexto exija claramente lo contrario, a lo largo de la descripción y las reivindicaciones, las palabras "comprender", "incluir" y similares deben interpretarse en sentido inclusivo por oposición a un sentido exclusivo o exhaustivo; es decir, en el sentido de "incluido, sin carácter exhaustivo / entre otros". Las palabras que empleen el singular o el plural también incluirán el plural o el singular respectivamente. Además, las palabras "en el presente
- 35 documento", "con arreglo al presente", "anterior", "siguiente" y similares se referirán a la presente solicitud en su totalidad y no a ninguna parte en particular de la misma. Cuando la palabra "o" se use en referencia a una lista de dos o más elementos, esa palabra abarcará todas las interpretaciones siguientes de la palabra: cualquiera de los elementos de la lista, todos los elementos de la lista y cualquier combinación de los elementos de la lista.
- 40 Debe tenerse en cuenta que la descripción anterior pretende ilustrar y no limitar el alcance de la invención, que se define por el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Otros modos de realización están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para capturar imágenes de una o varias plataformas móviles (310) para fotogrametría de una gran área, que comprende:
- 5 a. desplazar una o varias plataformas (310) en relación con la gran área a lo largo de un conjunto de ejes de imágenes sustancialmente paralelas (114, 130); y b. capturar una tira de imágenes generales (112) a lo largo de un eje de imágenes generales (114) donde las imágenes generales representan áreas generales dentro del área grande, áreas generales consecutivas a lo largo del eje de imágenes generales con una primera cantidad de superposición hacia delante, áreas generales adyacentes asociadas a ejes de imágenes generales adyacentes con superposición lateral; y c. capturar una tira de imágenes detalladas (122, 124, 126) a lo largo de un eje de imágenes detalladas (130) donde las imágenes detalladas representan áreas detalladas dentro del área grande, áreas detalladas consecutivas a lo largo del eje de imágenes detalladas con una segunda cantidad de superposición hacia delante, áreas detalladas adyacentes asociadas a ejes de imágenes detalladas adyacentes con superposición lateral; y:
- 10 i. las áreas detalladas son subconjuntos de las áreas generales;
- ii. las imágenes detalladas tienen una resolución más alta que las partes correspondientes de las imágenes generales, y **caracterizado por que**:
- 20 d. la segunda cantidad de superposición hacia delante es más pequeña que la primera cantidad de superposición hacia delante; y
- e. estimar, a través del ajuste de paquetes y empleando las ubicaciones de los puntos de imágenes identificados en la pluralidad de imágenes generales e imágenes detalladas, una orientación interior y exterior asociada a cada imagen detallada, y
- 25 f. combinar la imágenes detalladas para producir un fotomapa detallado.
- 30 2. El procedimiento de la reivindicación 1, incluida la captura de imágenes generales (112) en áreas generales de superposición secuencial para formar una tira cuya dimensión más larga es sustancialmente paralela al eje de imágenes generales.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, incluida la captura de imágenes detalladas (122, 124, 126) en áreas detalladas de superposición secuencial para formar una tira cuya dimensión más larga es sustancialmente paralela al eje de imágenes detalladas.
- 35 4. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, incluida la captura de imágenes detalladas (122, 124, 126) con una resolución suficiente como para producir un fotomapa detallado con una resolución de píxeles de tierra de al menos 10 cm.
- 40 5. El procedimiento de la reivindicación 1, incluida la captura de un punto de imagen común que es visible y se puede medir en más de 30 y hasta 500 imágenes generales (112).
- 45 6. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 incluida la adquisición de imágenes generales de superposición secuencial (112) en tiras longitudinales a lo largo o sustancialmente paralelas al eje de imágenes generales y con áreas generales con:
- a. entre un 94 % y un 99 % de primera cantidad de superposición hacia delante; y/o
- b. entre un 45 % y un 65 % de cantidad de superposición lateral entre tiras sustancialmente paralelas de áreas generales transversales a dicho eje.
- 50 7. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, incluida la adquisición de imágenes detalladas (122, 124, 126) que tienen áreas detalladas con:
- a. entre un 0 % y un 10 % de segunda cantidad de superposición hacia delante; y/o
- 55 b. entre un 0 % y un 10 % de superposición lateral entre tiras sustancialmente paralelas de áreas detalladas transversales al eje de imágenes detalladas.
8. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que incluye además la captura de imágenes para varias vistas diferentes, incluida una o varias vistas oblicuas y/o una o varias vistas de nadir.

9. El procedimiento de la reivindicación 1, en la que un primer grupo de dispositivos de imágenes detalladas proporciona una vista detallada vertical, que tiene como resultado un fotomapa de nadir.
- 5 10. El procedimiento de la reivindicación 9 incluye además la captura, a través de un segundo grupo de dispositivos de imágenes detalladas con un ángulo de visión oblicuo del área grande, subpartes detalladas de las imágenes generales, que tiene como resultado un fotomapa oblicuo.
11. El procedimiento de la reivindicación 1, en la que una o varias plataformas móviles (310) es una  
10 aeronave tripulada de un solo motor y un vehículo aéreo no tripulado (UAV).
12. Un sistema de captura de imágenes móvil para la fotogrametría de una gran área que comprende:
- a. una o varias plataformas (310) configuradas para desplazarse en relación con la gran área a lo largo de un  
15 conjunto de ejes de imágenes sustancialmente paralelas; y
- b. un sistema de imágenes generales dispuesto en una o varias plataformas (310), que comprende uno o varios dispositivos de captura de imágenes generales que están configurados para capturar una tira de imágenes generales (112) a lo largo de un eje de imágenes generales (114) en el que las imágenes generales representan  
20 áreas generales dentro del área grande, áreas generales consecutivas a lo largo de un eje de imágenes generales que tiene una primera cantidad de superposición hacia delante, áreas generales adyacentes asociadas a los ejes de imágenes generales adyacentes que tienen una superposición lateral; y
- c. un sistema de imágenes detalladas dispuesto en una o varias plataformas (310), que comprende una pluralidad  
25 de dispositivos de captura de imágenes detalladas que están configurados para capturar una tira de imágenes detalladas (122, 124, 126) a lo largo de un eje de imágenes detalladas en el que las imágenes detalladas representan áreas detalladas dentro del área grande, áreas detalladas consecutivas a lo largo de un eje de imágenes detalladas que tiene una segunda cantidad de superposición hacia delante, áreas detalladas adyacentes asociadas a los ejes de imágenes detalladas adyacentes que tienen una superposición lateral; y  
30
- i. las áreas detalladas son subconjuntos de las áreas generales;
- ii. las imágenes detalladas tienen una resolución más alta que las partes correspondientes de las imágenes generales, y **caracterizado por**:
- 35 d. una disposición en la que los sistemas de imágenes están configurados de forma que la segunda cantidad de superposición hacia delante es más pequeña que la primera cantidad de superposición hacia delante; y
- e. un sistema informático configurado para estimar, a través del ajuste de paquetes y empleando las ubicaciones de los puntos de imágenes identificados en la pluralidad de imágenes generales e imágenes detalladas, una orientación  
40 interior y exterior asociada a cada imagen detallada, y
- f. un sistema informático configurado para combinar las imágenes detalladas para producir un fotomapa detallado.
13. El sistema de la reivindicación 12, en el que los dispositivos de captura de imágenes son cámaras  
45 digitales disponibles en el mercado, configuradas con sistemas de montaje extraíbles de forma que las cámaras se puedan extraer de forma individual.
14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el que los dispositivos de captura de imágenes detalladas están configurados para capturar imágenes detalladas (122, 124, 126) que tienen áreas  
50 detalladas con entre un 0 % y un 10 % de segunda cantidad de superposición hacia delante.
15. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que los dispositivos de captura de imágenes generales están configurados para capturar imágenes generales (122) que tienen áreas generales con  
entre un 94 % y un 99 % de primera cantidad de superposición hacia delante.  
55
16. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, en el que el sistema está configurado para capturar imágenes correspondientes a varias vistas diferentes, incluida una o varias vistas oblicuas y/o una o varias vistas de nadir.

17. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, en el que el sistema detallado comprende:

a. un primer subconjunto de dispositivos de captura de imágenes detalladas para capturar imágenes detalladas de vista de nadir;

5

b. un segundo subconjunto de dispositivos de captura de imágenes detalladas para capturar primeras imágenes detalladas de vista oblicua; y

10 c. un tercer subconjunto de dispositivos de captura de imágenes detalladas para capturar segundas imágenes detalladas de vista oblicua.

18. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17, que comprende además:

a. un componente de procesamiento (310) en cada dispositivo de captura de imágenes que comprime los datos de las imágenes del dispositivo; y

15 b. un almacén de datos de estado sólido (430/430A) en cada dispositivo de captura de imágenes que está configurado para guardar los datos de las imágenes comprimidos para ese dispositivo.

19. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 18, en el que el sistema de captura de imágenes

20 tira de áreas dentro de las imágenes generales.



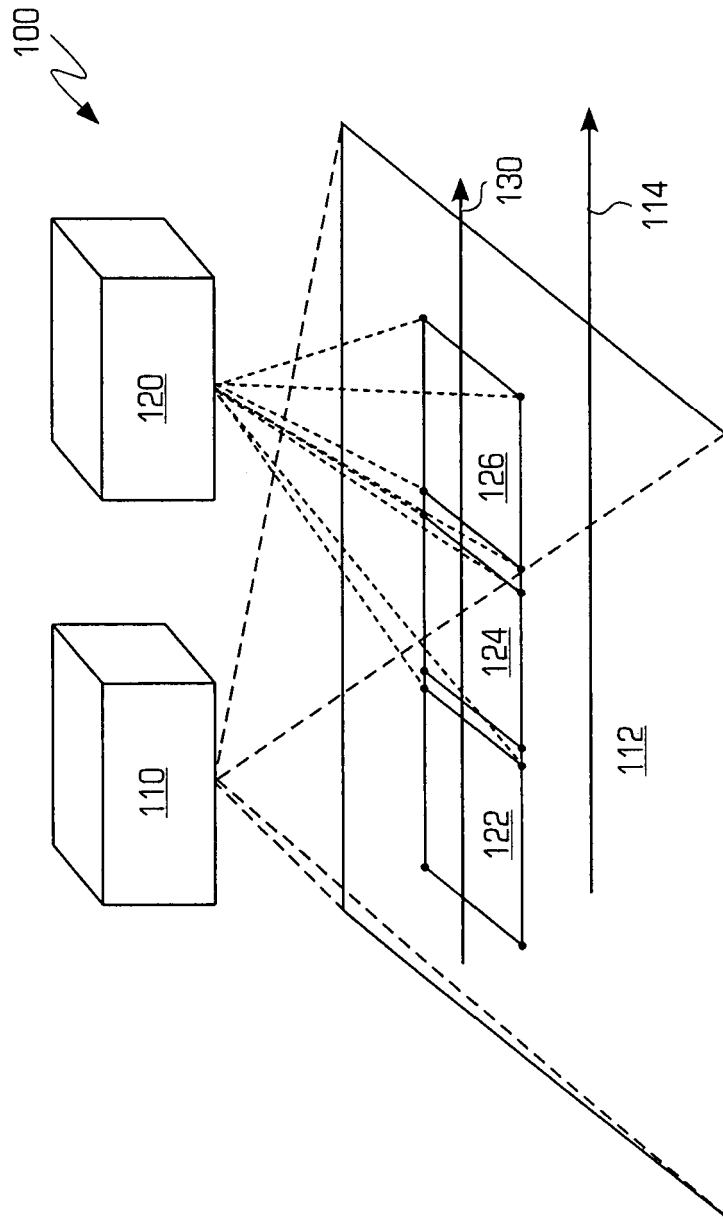


FIG. 1

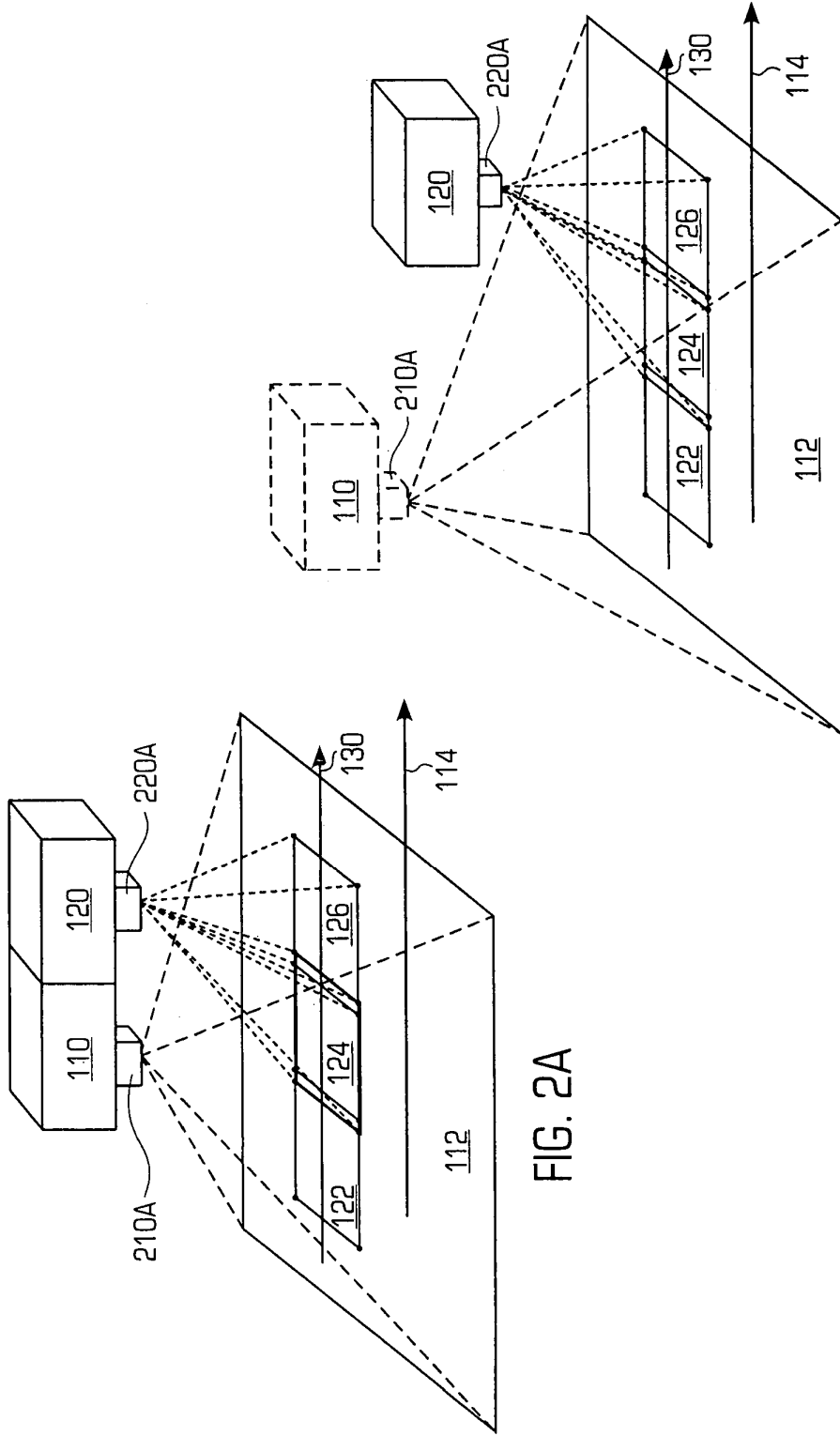
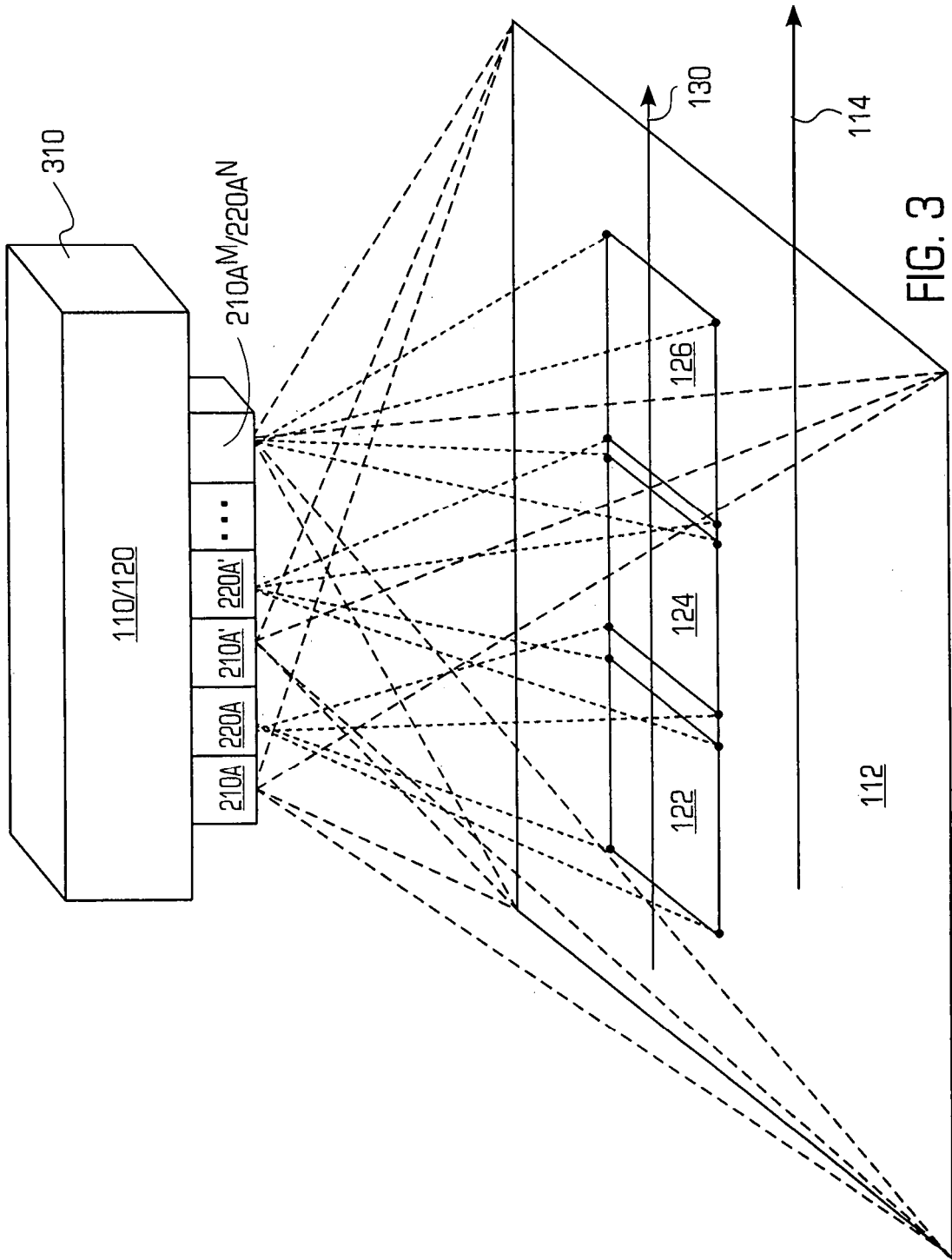


FIG. 2A

FIG. 2B



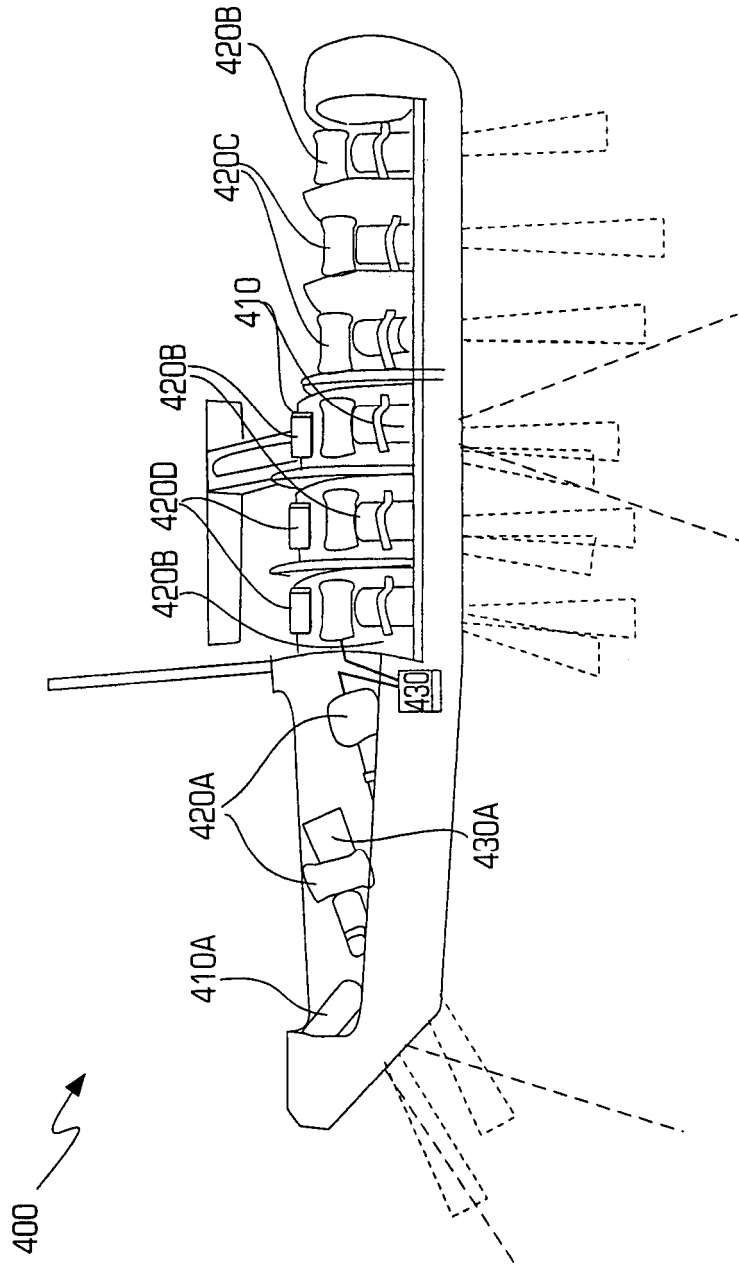


FIG. 4

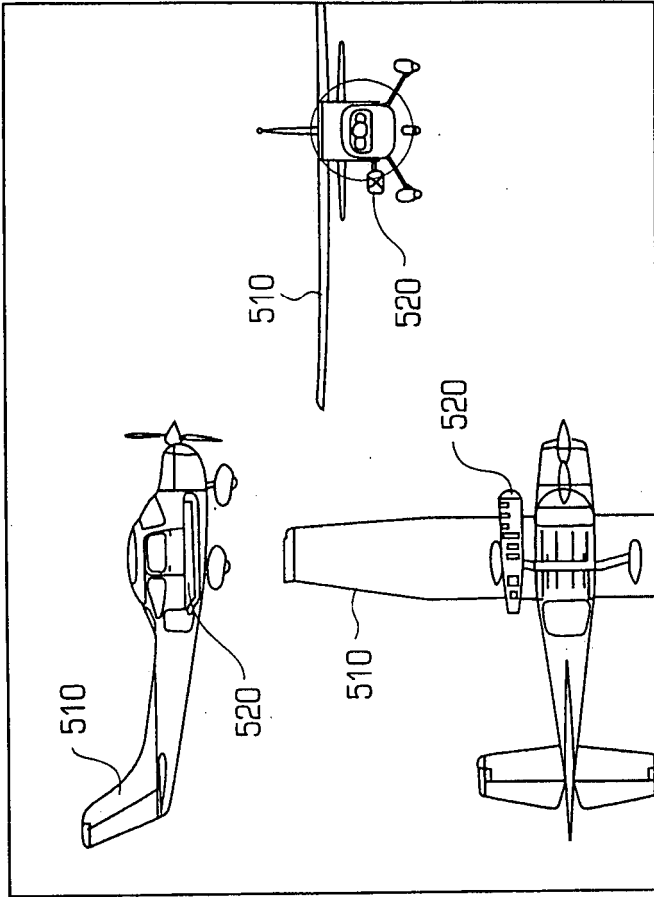


FIG. 5A

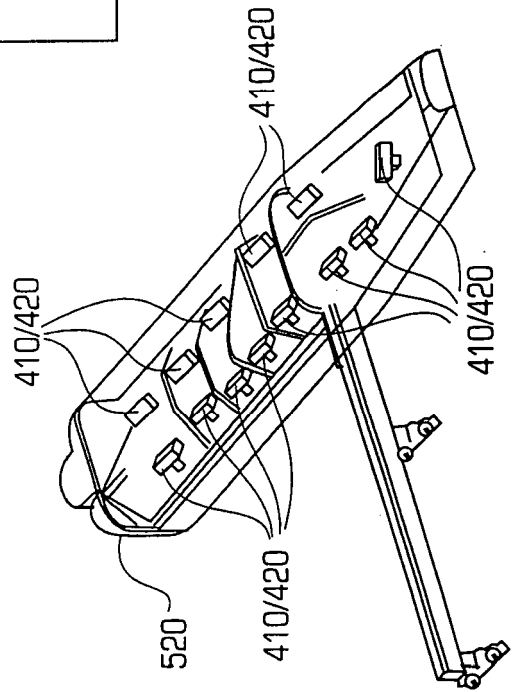
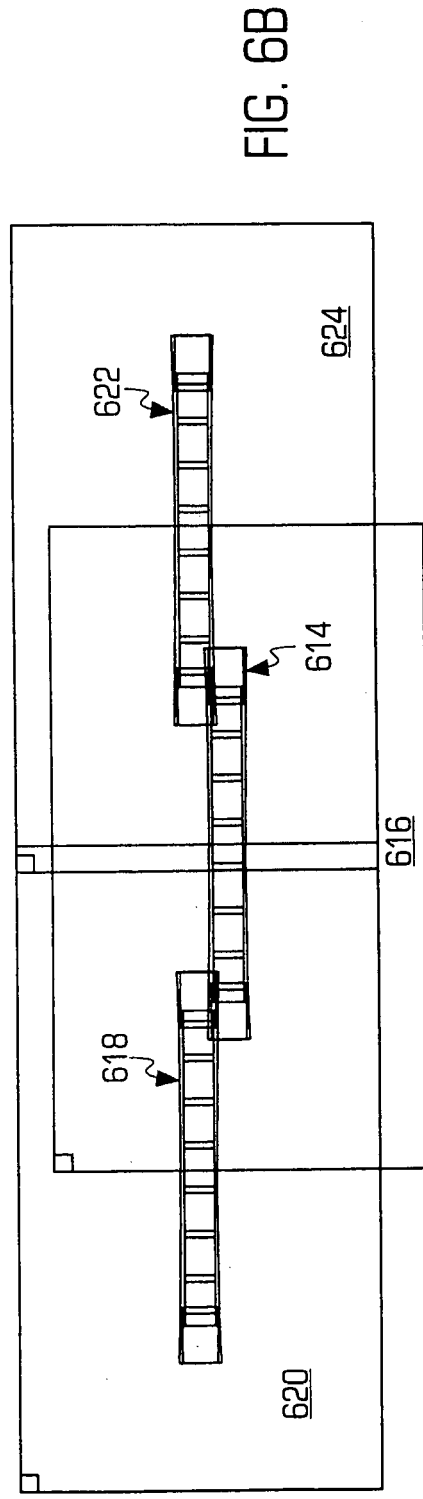
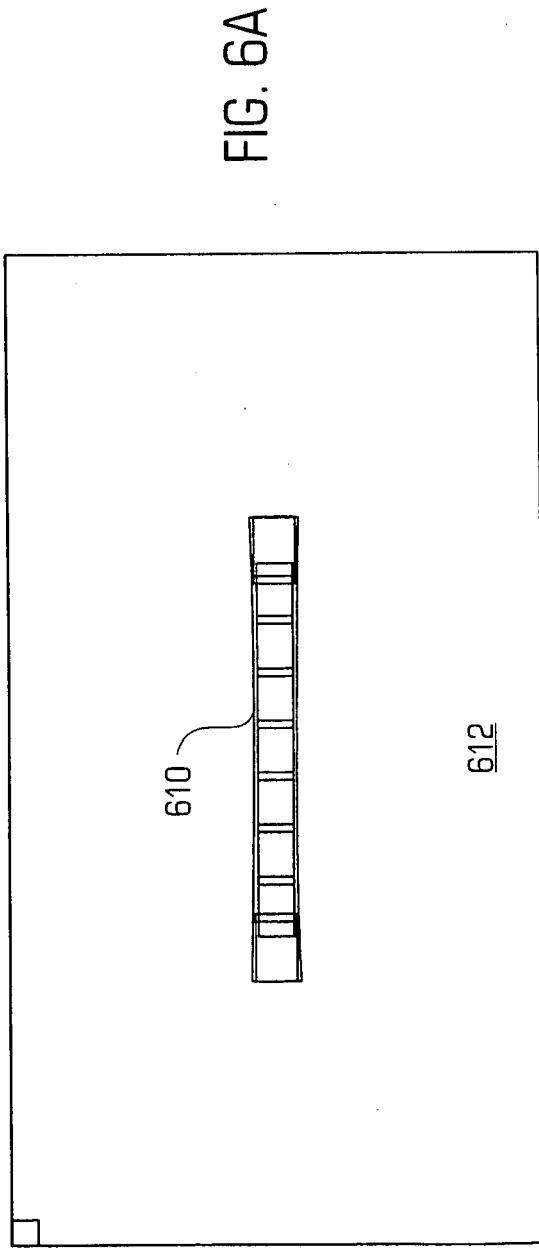


FIG. 5B



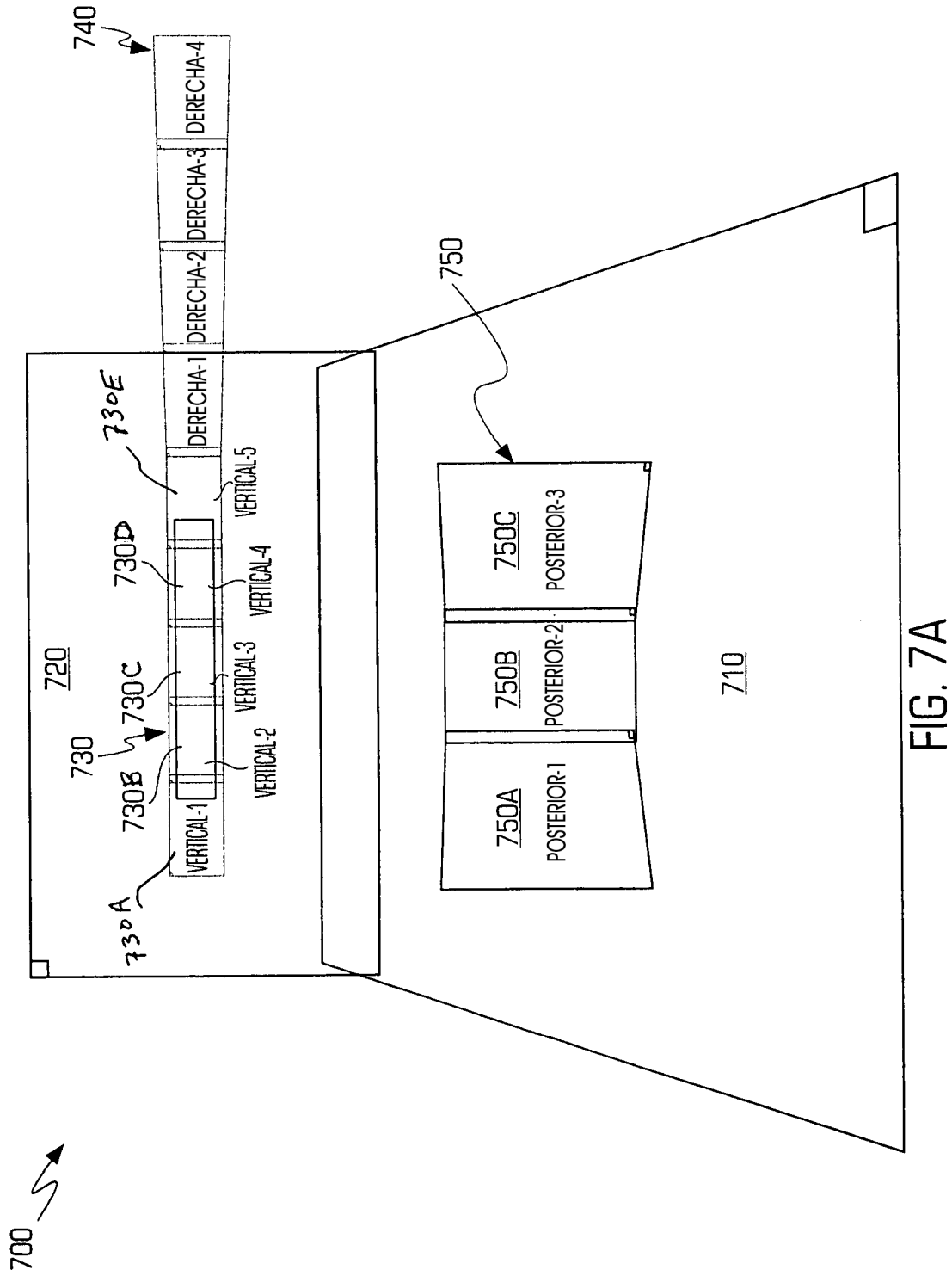


FIG. 7A

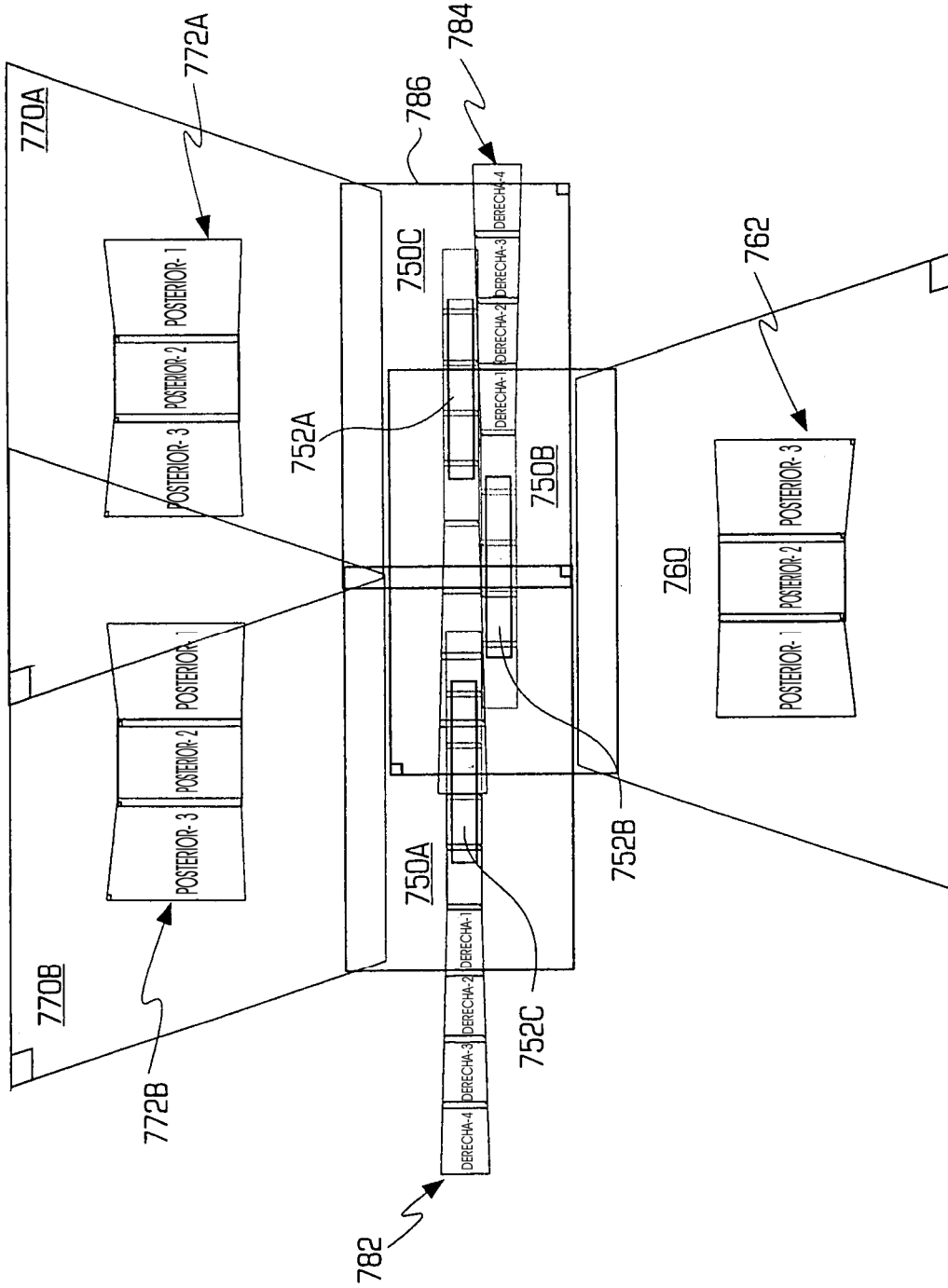


FIG. 7B



