

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 206**

51 Int. Cl.:

H04N 5/33 (2006.01)

G02B 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2011** **E 11723533 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.11.2015** **EP 2567537**

54 Título: **Procedimiento de obtención de imagen policroma**

30 Prioridad:

04.05.2010 FR 1053450

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

11.03.2016

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE SAS (100.0%)
51-61 Route de Verneuil
78130 Les Mureaux, FR

72 Inventor/es:

BROUARD, LAURENT y
TOURNEUR, CYRILLE

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 563 206 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

Procedimiento de obtención de imagen policroma

5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un procedimiento de obtención de imagen policroma que utiliza una óptica de toma de vistas integrada a bordo de una aeronave o de un vehículo espacial como un satélite. Se refiere también a un sistema de obtención de imagen policroma que está adaptado para implementar un procedimiento de este tipo.

10 Estado de la técnica

La obtención de imagen que se realiza a partir de una aeronave o de un satélite presenta unas limitaciones específicas que no existen para otros ámbitos como la fotografía que tiene por objeto el gran público. Entre estas limitaciones, pueden citarse:

- la necesidad de utilizar un instrumento de toma de vistas a distancia muy grande, como un telescopio;
- la búsqueda de una buena resolución, es decir, una resolución fina, a pesar de la distancia muy grande de toma de vistas;
- la reducción del peso y del espacio necesario del instrumento de toma de vistas, que depende en una gran medida de las dimensiones de los componentes ópticos que se utilizan para la óptica de toma de vistas;
- los movimientos parásitos de la aeronave o del satélite, que se transmiten al instrumento de toma de vistas;
- excepto los satélites geoestacionarios, el desplazamiento de una porción de la superficie de la Tierra que se fotografía, con respecto a la aeronave o al satélite; y
- la necesidad de reducir la cantidad de datos que se transmiten hacia la Tierra para una misma imagen capturada.

De manera habitual, se utilizan los parámetros siguientes para cuantificar los rendimientos de un sistema de obtención de imagen:

- la resolución, que se designa también mediante GSD para "Ground Sample Distance" en inglés, para un sistema de obtención de imagen integrado a bordo de una aeronave o de un satélite. Se trata de la distancia mínima entre dos puntos de la porción de superficie terrestre que se fotografía, para que estos puntos aparezcan separadamente en la imagen capturada. Es igual a la dimensión de los fotodetectores de la matriz considerada, dividida por la distancia focal ("focal length" en inglés) de la óptica de toma de vistas que se utiliza, y multiplicada por la distancia entre el objeto y la imagen: $GSD = (p/D_{foc}) \times H$, donde p es el paso de los fotodetectores, D_{foc} la distancia focal y H la distancia entre el objeto y la imagen;
- la frecuencia de Nyquist, que se anota ν_N y que igual a la inversa del doble del paso del muestreo de una vista que realiza una matriz de fotodetectores durante la captura de una imagen de esta vista. Dicho de otra manera: $\nu_N = 1/(2 \times GSD)$ en el espacio objeto, o $\nu_N = 1/(2 \times p)$ en el espacio imagen. Por lo tanto, la frecuencia de Nyquist solo depende de la dimensión de los fotodetectores de la matriz y de la distancia focal de la óptica de toma de vistas;
- la función de transferencia de modulación, que se designa mediante FTM y que caracteriza la variación de contraste entre la imagen y el objeto fotografiado, cuando este objeto presenta una variación espacial de intensidad luminosa. La función de transferencia de modulación depende de la frecuencia espacial de la variación de intensidad luminosa del objeto, y de la longitud de onda de la radiación que se detecta; y
- la frecuencia de corte de la óptica de toma de vistas, que se anota ν_c y que es la frecuencia espacial de la variación de intensidad luminosa del objeto para la que se anula la función de transferencia de modulación, para la longitud de onda de la radiación que se detecta.

La función de transferencia de modulación es el resultado de varias contribuciones, entre las que figuran:

- una contribución de la óptica de toma de vistas, que depende de la difracción luminosa causada por su pupila y de las aberraciones ópticas de este instrumento;
- una contribución de los fotodetectores, que depende de los rendimientos individuales de cada fotodetector y de una diafonía ("cross-talk" en inglés) que puede intervenir entre fotodetectores diferentes; y

- una contribución de los movimientos y de las vibraciones de la aeronave o del satélite durante la duración de exposición de una captura de imagen.

5 No obstante, la frecuencia de corte ν_c es una característica de la óptica de toma de vistas solamente, que depende del diámetro de la pupila, de la distancia focal y de la longitud de onda considerada. Dado que la frecuencia de corte depende esencialmente de la difracción de la radiación por la pupila de esta óptica, decrece en función de la longitud de onda de la radiación que transmite esta óptica. Por consiguiente, cuando se captura una vista, que se forma a partir de una radiación que contiene varias longitudes de onda, la frecuencia de corte ν_c resultante es la que corresponde a la mayor de estas longitudes de onda. Solo se transmiten mediante la óptica de toma de vistas las variaciones de intensidad luminosa del objeto que poseen unas frecuencias espaciales inferiores a la frecuencia de corte ν_c .

15 En general, un instrumento de toma de vistas que tiene por objeto utilizarse a bordo de una aeronave o de un satélite, frecuentemente el propio telescopio, se diseña a partir de un valor que se desea para la resolución. Este valor de resolución determina el par de parámetros que está constituido por la distancia focal de la óptica de toma de vistas y la dimensión de los fotodetectores de la matriz de detección de imagen que se utiliza. Después, se determinan las dimensiones de la pupila de entrada de la óptica de toma de vistas, con otros parámetros, con el fin de que la difracción luminosa que causa esta pupila sea compatible con el valor de resolución deseado. Para ello, la pupila se dimensiona para que la frecuencia de corte ν_c sea superior a la frecuencia de Nyquist ν_N .

20 Por otra parte, ya existen numerosos sistemas de obtención de imagen, que están adaptados para capturar una imagen de una porción de la superficie terrestre con una información de color. Habitualmente, se capturan varias imágenes de la misma porción de superficie terrestre a través de unos filtros que corresponden a colores diferentes, después se superponen las imágenes que se han capturado respectivamente para estos colores, para obtener una imagen reconstruida que es policroma. En la técnica de obtención de imagen policroma que se designa mediante "PANsharpening", uno de los filtros se llama de banda ancha, o "PANcromático", pues contiene el conjunto de los colores respectivos de los otros filtros. La imagen que corresponde al filtro PANcromático se captura, además, con un valor de resolución que es más fina que las de las imágenes monocromas. Por consiguiente, esta imagen PANcromática contiene la información de estructura de cada uno de los otros colores. La resolución de la imagen policroma reconstruida corresponde entonces al menor de los valores de resolución individual de las imágenes que se superponen, es decir, a la resolución más fina, que es la de la imagen PANcromática. El instrumento de toma de vistas, y concretamente su diámetro pupilar, se dimensiona entonces en función de este valor menor de las resoluciones de las imágenes individuales que se capturan. Entonces, este dimensionado es excesivo para las imágenes monocromas que tienen unas resoluciones individuales superiores, es decir, unas resoluciones menos finas. Además, la cantidad de datos que corresponde a la imagen policroma reconstruida es igual a la suma de las cantidades de datos de cada imagen individual que se captura, multiplicada por el número de filtros utilizados. Por lo tanto, la cantidad total de datos que corresponde a una imagen policroma reconstruida se aumenta.

40 En el ámbito de la fotografía que tiene por objeto el gran público, que es distinto del de la fotografía a partir de una aeronave o de un vehículo espacial por las razones que se han enumerado más arriba, una imagen tricromática se captura en una sola exposición. Para ello, cada fotodetector de la matriz se combina individualmente con un filtro de color, que puede ser azul, verde o rojo. Cuando se asigna un mismo número de fotodetectores a cada color de filtro, la resolución del aparato fotográfico corresponde a la de la matriz para cada color.

45 El documento de los Estados Unidos US 3.971.065 propone una afectación particular de los fotodetectores de la matriz de detección de imagen a los colores azul, verde y rojo: un fotodetector de dos se asocia al filtro verde, un fotodetector de cuatro se asocia al filtro azul, y un fotodetector de cuatro se asocia al filtro rojo. La resolución de la imagen que se asocia al color verde corresponde entonces al paso de la matriz utilizada, multiplicado por $\sqrt{2}$, mientras que las resoluciones que se asocian a los colores azul y rojo corresponden cada una al doble del paso de la matriz utilizada. De esta manera, el color verde se privilegia para reducir el valor de la resolución de la imagen policroma reconstruida. Como este color verde está cerca del máximo de la sensibilidad espectral del ojo humano, la imagen policroma que se reconstruye superponiendo las imágenes de los tres colores tiene sensiblemente la resolución del color verde.

55 El documento de los Estados Unidos US 2009/0051984 describe una mejora del procedimiento de captura de imagen del documento de los Estados Unidos US 3.971.065. Esta mejora consiste en añadir unos fotodetectores que se dedican a la adquisición de una imagen en color blanco, o PANcromática, además de las imágenes monocromas que se capturan mediante los fotodetectores asociados a los filtros verde, azul y rojo.

60 El documento de los Estados Unidos US 2006/054782 se refiere a la adquisición de imágenes policromas utilizando varias vías ópticas que se disponen en paralelo, y que se asignan respectivamente a unos colores diferentes. Las características de cada vía óptica, incluidos la resolución, el número de píxeles utilizados y las características de la óptica de formación de imagen, se optimizan separadamente para cada vía en función de la longitud de onda correspondiente.

65 Finalmente, el documento JP 5-066370 se refiere a un filtro de paso bajo del tipo red de fase, que hay que colocar

sobre una ruta de detección de imagen. La función de modulación de transferencia del filtro es superior para el color verde con respecto a los colores azul y rojo.

Objeto de la invención

5 En estas condiciones, un objetivo de la invención consiste en reducir las dimensiones de un instrumento de toma de vistas que se integra a bordo de una aeronave o de un vehículo espacial, sin reducir la resolución de imágenes policromas que se obtienen con este instrumento. Este objetivo se refiere concretamente al telescopio que constituye en general la parte más voluminosa y más pesada del instrumento de toma de vistas.

10 Otro objetivo de la invención consiste en mejorar la resolución aparente de un sistema de obtención de imagen policroma que se utiliza para capturar imágenes de la Tierra a partir de una aeronave o de un vehículo espacial, sin aumentar las dimensiones de la pupila del instrumento de toma de vistas con respecto a los sistemas de obtención de imagen conocidos.

15 Otro objetivo más consiste en mejorar el resultado visual de una imagen policroma que se obtiene a partir de una aeronave o de un vehículo espacial.

20 Otro objetivo más consiste en mejorar la función de transferencia de modulación de un sistema de obtención de imagen que está adaptado para capturar imágenes de la Tierra a partir de una aeronave o de un vehículo espacial, para una dimensión fijada de la pupila del instrumento de toma de vistas que se utiliza.

Finalmente, otro objetivo consiste en reducir la cantidad de datos que hay que transmitir para una imagen policroma, para un mismo valor de resolución de esta imagen policroma.

25 Para conseguir estos objetivos y otros, la invención propone un nuevo procedimiento de obtención de imagen policroma en la banda espectral de observación de 360 nm (nanómetro) a 950 nm, que es acorde con la reivindicación 1. Este procedimiento utiliza una óptica de toma de vistas que comprende un telescopio y que está adaptada para formar vistas en al menos un plano focal, respectivamente a partir de radiaciones que pertenecen a varias subbandas espectrales comprendidas cada una en la banda espectral de observación.

El procedimiento comprende las etapas siguientes:

- 35 /1/ integrar la óptica de toma de vistas que comprende el telescopio a bordo de una aeronave o de un satélite;
- /2/ colocar al menos una matriz de fotodetectores en dicho al menos un plano focal, para capturar una imagen intermedia de cada vista que se forma mediante la óptica de toma de vistas, con una resolución que se asocia a esta imagen intermedia;
- 40 /3/ capturar las imágenes intermedias de una misma escena, respectivamente para cada subbanda espectral; y
- /4/ fusionar las imágenes intermedias que se han capturado respectivamente para las subbandas espectrales, con el fin de formar una imagen final policroma.

45 Según una primera característica de la invención, las subbandas espectrales que se utilizan comprenden una primera subbanda espectral y al menos otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda, poseyendo esta última al menos una longitud de onda que es mayor que un límite superior de la primera subbanda espectral. Eventualmente, pueden utilizarse también otras subbandas espectrales para formar la imagen final policroma, además de la primera subbanda y de la llamada amplia hacia las grandes longitudes de onda.

50 Según una segunda característica de la invención, el telescopio de la óptica de toma de vistas determina una pupila que es común a las subbandas espectrales, y una dimensión de esta pupila común fija una frecuencia espacial de corte que es diferente para cada subbanda espectral. Entonces, la pupila se dimensiona de manera que la frecuencia espacial de corte para la primera subbanda espectral sea superior a la frecuencia de Nyquist de la imagen intermedia que se captura para esta primera subbanda espectral. Dicho de otra manera, la información contenida en la imagen intermedia que se captura para la primera subbanda espectral se limita mediante el muestreo de la vista correspondiente que se realiza mediante los fotodetectores.

60 Según una tercera característica de la invención, cada subbanda espectral se determina mediante un solo filtro que afecta a todos los fotodetectores que se utilizan para capturar la imagen intermedia correspondiente, ampliándose continuamente entre unos puntos de la vista referida que se obtienen en imagen sobre estos fotodetectores.

65 Según una cuarta característica de la invención, la pupila del telescopio se dimensiona, además, de manera que la frecuencia espacial de corte para dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda sea inferior a la frecuencia de Nyquist de la imagen intermedia que se captura para la primera subbanda espectral. Dicho de otra manera, la imagen intermedia de esta otra subbanda que se amplía hacia las grandes longitudes de onda no

contiene información de imagen a la resolución de la primera subbanda, al menos para la longitud de onda que se sitúa más allá de la primera subbanda.

5 Según una quinta característica de la invención, la imagen intermedia que se captura para la primera subbanda
espectral se forma utilizando un paso de muestreo de la vista correspondiente, que es dos veces menor que otro
paso de muestreo utilizado para capturar la imagen intermedia de la otra subbanda espectral amplia hacia las
grandes longitudes de onda, midiéndose dichos pasos de muestreo paralelamente a unas líneas y unas columnas de
los fotodetectores. De esta manera, el muestreo para la primera subbanda espectral corresponde a una densidad de
10 superficie que es cuatro veces más importante que el muestreo para la otra subbanda espectral amplia hacia las
grandes longitudes de onda.

De esta manera, la invención propone reducir el tamaño de la óptica de toma de vistas por debajo de lo que es
necesario para obtener una información de imagen máxima, para todas las subbandas espectrales. De ello resulta
una disminución importante para el peso y el espacio necesario de la óptica de toma de vistas, y en particular del
15 propio telescopio. Por lo tanto, el coste de esta óptica se reduce en consecuencia, y el vehículo portante que se
utiliza, aeronave o vehículo espacial, también puede ser más pequeño. En el caso de un satélite portante, su coste
de lanzamiento también se reduce.

No obstante, la imagen final policroma que se reconstruye en la etapa /4/ posee la resolución que es la más fina
20 entre la que se obtiene para la primera subbanda espectral y la que se obtiene para la subbanda espectral amplia
hacia las grandes longitudes de onda. Estas resoluciones de las imágenes intermedias se eligen preferentemente
para que la más fina sea la de la imagen intermedia que se captura para la primera subbanda espectral.

Según un modo de implementación preferente de la invención, la primera subbanda espectral comprende la longitud
25 de onda 550 nm. De hecho, esta longitud de onda, que se asocia al color verde, está cerca del máximo de la
sensibilidad espectral del ojo humano. De esta manera, un observador de la imagen final percibe bien los detalles de
esta a la resolución de la imagen intermedia que se captura para la primera subbanda espectral, aunque estos
detalles no se resuelvan en la imagen intermedia que se captura para la subbanda amplia hacia las grandes
longitudes de onda. No obstante, esta última imagen intermedia participa en la restitución de los colores, con lo que
30 el resultado policromo de la imagen final es satisfactorio.

Además, el procedimiento de la invención puede ser particularmente ventajoso cuando la escena de la que se
capturan las imágenes intermedias en la etapa /3/ es una porción de superficie de la Tierra. Este es el caso, muy
particularmente, cuando la primera subbanda espectral corresponde al color verde. De hecho, este color corresponde
35 también sensiblemente al máximo de intensidad espectral de la luz visible que se refleja mediante la superficie de la
Tierra hacia el espacio, fuera de las zonas que ocultan las nubes.

Para obtener un resultado policromo completo de la imagen final, las subbandas espectrales se reparten
ventajosamente de la manera siguiente: la primera subbanda corresponde al color verde, la otra subbanda espectral
40 que se amplía hacia las grandes longitudes de onda corresponde a un color rojo, y otra subbanda espectral más
corresponde a un color azul. No obstante, para una implementación de la invención, no es necesario que la
resolución de la imagen intermedia que se captura para el color azul sea la del color verde. Dicho de otra manera, la
subbanda azul puede utilizarse solo para participar en el resultado policromo de la imagen final, sin participar en su
resolución que solo se produce mediante la subbanda verde.

La invención también propone un sistema de obtención de imagen policroma que está adaptado para implementar
un procedimiento como se ha descrito anteriormente, y concretamente para integrarse a bordo de una aeronave o de
un satélite. Un sistema de este tipo comprende concretamente:

- 50 - la óptica de toma de vistas que comprende el telescopio;
- dicha al menos una matriz de fotodetectores;
- una unidad de mando, que está adaptada para controlar una captura de las imágenes intermedias de una misma
55 escena respectivamente para cada subbanda espectral; y
- una unidad de reconstrucción de imagen, que está adaptada para fusionar las imágenes intermedias capturadas
respectivamente para las subbandas espectrales, con el fin de formar la imagen final policroma.

60 Las subbandas espectrales, los filtros, la dimensión de la pupila del telescopio y los pasos de muestreo se
seleccionan para este sistema de obtención de imagen policroma de la manera que se ha descrito más arriba para el
procedimiento.

Descripción de las figuras

65 Otras particularidades y ventajas de la presente invención se mostrarán en la descripción de a continuación de tres

ejemplos de implementación no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 representa un satélite de observación de la Tierra, a bordo del que puede utilizarse la invención;
- 5 - la figura 2a ilustra un primer modo de captura de imágenes intermedias, que es compatible con la invención;
- las figuras 2b y 2c ilustran una utilización de una matriz de fotodetectores, para el primer modo de captura de imágenes intermedias de la figura 2a;
- 10 - la figura 3a corresponde a la figura 2a para un segundo modo de captura de imágenes intermedias, que también es compatible con la invención;
- la figura 3b corresponde a las figuras 2b y 2c para el segundo modo de captura de imágenes intermedias de la figura 3a; y
- 15 - la figura 4 corresponde a la figura 2a para un tercer modo de captura de imágenes intermedias, que también es compatible con la invención.

20 Por razón de claridad, las dimensiones de los elementos que se representan en estas figuras no corresponden ni a unas dimensiones reales ni a unas relaciones de dimensiones reales. Además, referencias idénticas que se indican en figuras diferentes designan elementos idénticos o que tienen funciones idénticas.

Descripción detallada de la invención

25 La invención se describe ahora a título de ilustración para unas imágenes de porciones de la superficie de la Tierra que se toman a partir de un satélite. Pero se entiende que puede aplicarse a unas imágenes del suelo que se toman a partir de cualquier vehículo portante situado en altitud, sea estacionario o en movimiento. En particular, la invención puede aplicarse para unas imágenes que se capturan a partir de cualquier aeronave, incluidos aviones sin piloto.

30 De conformidad con la figura 1, un satélite S está en órbita alrededor de la Tierra, que se designa mediante T. La altitud del satélite S puede ser cualquiera. Puede ser en particular un satélite geoestacionario o un satélite de baja altitud, llamado de órbita con desplazamiento. El satélite S está equipado con un instrumento de toma de vistas. Este posee un campo de entrada óptica que se orienta hacia una porción F de la superficie de la Tierra, que debe fotografiarse. La flecha designa la velocidad angular relativa V del satélite S con respecto a la porción de superficie terrestre F. Esta velocidad es nula para un satélite geoestacionario.

35 De manera habitual y con referencia a la figura 2a, el instrumento de toma de vistas comprende una óptica de toma de vistas 1, una matriz 2 de fotodetectores 20, y varios filtros de colores, por ejemplo, cuatro filtros 3a-3d.

40 La óptica de toma de vistas 1 puede ser de cualquier tipo operativo en toda la banda de luz visible y más allá, por ejemplo, entre 360 nm y 950 nm. Puede comprender una óptica de entrada 11 que hace de colector de radiación y una óptica de refocalización 12, con un plano de focalización intermedio que se anota PI. En las figuras 2a, 3a y 4, las ópticas 11 y 12 se representan por simplicidad en forma de lentes, pero se entiende que frecuentemente se trata de espejos. En general, las ópticas 11 y 12 tienen cada una una estructura compleja con varios componentes reflectores y/o refractivos. En el marco de la presente invención, la óptica de entrada 11 es un telescopio, que puede ser de cualquier tipo utilizado en el ámbito de la obtención de imagen espacial.

45 Los fotodetectores 20 son sensibles en toda la banda espectral de observación, entre 360 nm y 950 nm. La matriz 2 puede ser rectangular o cuadrada, por ejemplo, de 1.024 x 1.024 fotodetectores. Los fotodetectores 20 se disponen en líneas y en columnas que se yuxtaponen según dos direcciones perpendiculares. La matriz 2 se coloca en el plano focal PF de la óptica de toma de vistas 1.

50 El apuntamiento del instrumento de toma de vistas hacia la porción de superficie terrestre F puede realizarse de varias maneras. Por ejemplo, el satélite S puede girarse en su conjunto para llevar un eje de mira óptica del instrumento sobre un punto central de la porción F. Otro método consiste en montar el instrumento sobre un soporte intermedio que es orientable con respecto a la plataforma principal del satélite S. El apuntamiento del instrumento se realiza entonces accionando el mecanismo de orientación del soporte intermedio. Otro método más consiste en disponer un espejo orientable 10 delante de la entrada de la óptica de toma de vistas 1, y en ajustar la orientación del espejo 10 de manera que unos rayos luminosos que provienen de la porción de superficie terrestre F se reflejen mediante este espejo 10 hacia la óptica de entrada 11. Eventualmente, puede adquirirse una secuencia de imágenes múltiples según el procedimiento llamado "push-broom", conocido por el Experto en la materia. En un procedimiento de este tipo, el desplazamiento del satélite S por encima del suelo se utiliza para realizar un barrido de la superficie de la Tierra perpendicularmente a la velocidad V del satélite.

65 El instrumento de toma de vistas puede comprender, además, un módulo de codificación y de emisión, designado

más sencillamente como emisor (no representado), para transmitir datos que corresponden a las imágenes capturadas a un receptor R de una estación de recepción situada sobre la Tierra (figura 1). Estos datos transmitidos se obtienen a partir de señales de lectura de los fotodetectores 20. Entonces, el receptor R suministra estos datos de imagen intermedia a una unidad de reconstrucción de imagen (no representada).

5 Por razón de simplicidad, se considerará en adelante que los bordes de la matriz 2 de los fotodetectores 20 determinan el límite periférico de la porción de superficie terrestre F que se fotografía en cada exposición. Alternativamente, un diafragma de campo que se coloca en el plano de focalización intermedio PI puede determinar este límite de la porción F.

10 De manera conocida, puede obtenerse una imagen policroma de la porción de superficie terrestre F a partir de varias imágenes monocromas de esta misma porción, superponiendo estas últimas. Para ello, se captura cada imagen monocroma, llamada imagen intermedia, para una subbanda espectral diferente que está comprendida en la banda de observación, a través de un filtro que determina esta subbanda. Por ejemplo, pueden colocarse cuatro filtros 3a-3d sobre la ruta de los rayos luminosos que alcanzan la matriz 2 a través de la óptica de toma de vistas 1. Estos filtros pueden situarse en el plano de focalización intermedio PI, como se representa, pero puede ser preferible colocarlos fuera de este plano, concretamente en un plano de pupila o en las inmediaciones de una matriz de fotodetectores que se utilice. A título de ilustración, el filtro 3a puede determinar una subbanda espectral que corresponde al color azul, de 450 a 500 nm, el filtro 3b puede determinar otra subbanda que corresponde al color verde, de 520 a 560 nm, el filtro 3c otra subbanda más que corresponde al color amarillo, de 570 a 630 nm, y el filtro 3d en una última subbanda que corresponde al color rojo, de 640 a 680 nm.

25 De manera general, la invención puede implementarse con un número cualquiera n de subbandas espectrales en el interior de la banda de observación, siendo n un entero que es superior o igual a dos. Cada subbanda espectral tiene preferentemente una anchura que es inferior a 100 nm, incluso inferior a 60 nm. Una subbanda de este tipo es espectralmente estrecha, con lo que la imagen intermedia correspondiente se considera como que es monocroma o casi monocroma.

30 Para implementar la invención, una de las subbandas espectrales se limita a unas longitudes de onda más cortas con respecto a al menos otra de las subbandas, en el interior de la banda espectral de observación. La subbanda que se limita a unas longitudes de onda más cortas se llama primera subbanda espectral en la parte general de esta descripción, y la otra subbanda se llama amplia hacia las grandes longitudes de onda. Preferentemente, la primera subbanda contiene el color verde, es decir, la longitud de onda 550 nm. Por ejemplo, esta primera subbanda está comprendida entre 400 y 600 nm, preferentemente entre 510 y 570 nm. Este puede ser el intervalo espectral que se extiende de 520 nm a 560 nm, presentado anteriormente para el filtro 3b. La subbanda que se amplía hacia las grandes longitudes de onda puede contener la longitud de onda 650 nm, que corresponde al color rojo. Puede ser el intervalo espectral del filtro 3d. Estas dos subbandas espectrales, con una que es más limitada que la otra por el lado de los grandes valores de longitud de onda, es la estructura mínima de subbandas espectrales que es necesaria para aplicar la invención. Puede completarse mediante cualquier(cualesquier) subbanda(s) espectral(es) adicional(es) en el interior de la banda de observación, como uno y/u otro de los intervalos espectrales de los filtros 3a y 3c.

45 Las figuras 2a, 3a y 4 muestran tres configuraciones ópticas alternativas, para disponer los filtros 3a-3d en la óptica de toma de vistas 1. Estas configuraciones son equivalentes en su principio para la implementación de la invención, cuando la o las matriz(ces) de fotodetectores 20 se utiliza(n) o selecciona(n) de manera apropiada, como se describirá más adelante.

50 En la primera configuración que se representa en la figura 2a, los filtros 3a-3d pueden disponerse alternativamente sobre la ruta de los rayos luminosos que alcanzan la matriz 2. Uno solo de estos filtros afecta simultáneamente a la radiación que se recibe mediante todos los fotodetectores 20. Los filtros 3a-3d pueden intercambiarse entonces, con el fin de que se capturen unas imágenes intermedias sucesivamente mediante la matriz 2 con cada filtro, para la misma porción de superficie terrestre F. Para ello, se acciona un mecanismo conocido por el Experto en la materia entre dos capturas de imágenes intermedias, para sustituir uno de los filtros 3a-3d por otro. En esta configuración, cada imagen intermedia que se captura puede recubrir todos los fotodetectores 20 de la matriz 2. Cuando se utiliza un diafragma de campo, la imagen de este diafragma sobre la matriz 2 define un contorno sobre esta, y cada imagen intermedia recubre todos los fotodetectores 20 de la matriz 2 que se sitúan en el interior de este contorno, para cada una de las subbandas espectrales.

60 En la segunda configuración que se representa en la figura 3a, los filtros 3a-3d están fijos y dispuestos simultáneamente en el plano de focalización intermedio PI, formando una partición de la vista de la porción F que se forma en este plano mediante la óptica de entrada 11. Esta partición se reproduce sobre la matriz 2 mediante la óptica de refocalización 12, de manera que la matriz 2 aparece dividida en porciones separadas 2a-2d que se asignan respectivamente a los filtros 3a-3d. De esta manera, la porción 2a de la matriz 2 recoge la radiación de la subbanda de color azul, la porción 2b recoge la radiación de la subbanda de color verde, la porción 2c recoge la radiación de la subbanda de color amarillo, y la porción 2d recoge la radiación de la subbanda de color rojo. Preferentemente, los filtros 3a-3d tienen unas dimensiones idénticas, de manera que las porciones 2a-2d también

5 tienen unas dimensiones idénticas en el interior de la matriz 2. Los contornos de las porciones 2a-2d de la matriz 2 se determinan entonces mediante los de los filtros 3a-3d. Durante una misma exposición de la matriz 2, se obtienen en imagen unas porciones diferentes Fa-Fd de la superficie terrestre, en el interior de la porción F, respectivamente sobre las porciones 2a-2d de la matriz 2. El desplazamiento del satélite S permite producir un barrido B que desvía las vistas de las porciones de superficie terrestre Fa-Fd con respecto a las porciones de matriz 2a-2d. De esta manera, la vista de la porción de superficie terrestre Fd se lleva sobre la porción de matriz 2c para una segunda exposición, después sobre la porción de matriz 2b para una tercera exposición, y finalmente sobre la porción de matriz 2a para una cuarta exposición. Por lo tanto, cada una de las exposiciones produce una imagen intermedia de la porción de superficie terrestre Fd, a través de otro de los filtros 3a-3d. Además, cada imagen intermedia recubre todos los fotodetectores 20 de la matriz 2 en el interior del contorno de la porción de matriz 2a-2d correspondiente. La tercera configuración que se representa en la figura 4 comprende unas vías ópticas separadas que se asignan respectivamente a las subbandas espectrales. Por razón de claridad de esta figura, no se ha representado la vía óptica que se asigna a la subbanda de color amarillo, pero es idéntica en su principio a la que se asigna al color rojo. La óptica de entrada 11 puede ser común a todas las vías, que se separan a continuación mediante unas láminas semirreflectantes 13₁ y 13₂ o unos separadores dicróicos. De esta manera, el plano focal PF se multiplica, con las matrices de fotodetectores 2₁, 2₂ y 2₃ que se sitúan respectivamente en los planos focales PF₁, PF₂ y PF₃. Los filtros 3a, 3b y 3d están fijos y situados en los planos de focalización intermedios PI₁, PI₂ y PI₃, con unas ópticas de refocalización 12₁, 12₂ y 12₃ para conjugar cada plano de focalización intermedio con el plano focal que corresponde. En este caso, todas las matrices de fotodetectores se mandan para capturar al mismo tiempo las imágenes intermedias de la misma porción de superficie terrestre F para todas las subbandas utilizadas.

Finalmente, la segunda configuración presentada más arriba puede combinarse con un modo de adquisición de cada imagen intermedia que es de tipo TDI, para "Time Delay Integration". Se supone que este modo de adquisición es conocido por el Experto en la materia, con lo que no se repite aquí su funcionamiento. En este caso, cada una de las matrices de fotodetectores es del tipo TDI, y cada imagen intermedia se captura según unas fases de acumulación y de lectura que se combinan con unos desplazamientos progresivos de las vistas de la escena F con respecto a las matrices, en cada uno de los planos focales.

De manera general para la invención, cada filtro que determina una de las subbandas espectrales afecta a todos los fotodetectores 20 que se utilizan para capturar la imagen intermedia correspondiente, ampliándose continuamente entre dos puntos de la vista referida que se obtienen en imagen sobre estos fotodetectores. Esta configuración de los filtros es opuesta a los casos de filtros elementales de colores diferentes que se asocian a unos fotodetectores próximos a una misma matriz de fotodetectores, según un motivo de reparto de estos filtros elementales.

En cada configuración, una unidad de control 30, es se anota CTRL, manda las capturas de las imágenes intermedias mediante la(s) matriz(ces) de fotodetectores. Su mando se sincroniza, según el caso, con un intercambio de los filtros (figura 2a), el desplazamiento del satélite S o también una variación de la orientación del espejo 10 (figura 2b).

La matriz de fotodetectores 20 que se utiliza para capturar la imagen intermedia para la primera subbanda espectral, que corresponde preferentemente al color verde, determina una frecuencia de Nyquist ν_{Nb} . Esta frecuencia de Nyquist es igual a $1/(2 \times p_b)$, donde p_b es el paso de los fotodetectores 20 de la matriz que realiza el muestreo de la vista asociada al filtro 3b. Expresada en términos de frecuencia espacial en el espacio objeto, la frecuencia de Nyquist ν_{Nb} es igual a $1/(2 \times GSD)$.

Por otra parte, la óptica de toma de vistas 1 produce un filtrado de paso bajo del contenido de la porción de superficie terrestre F. Dicho de otra manera, cada vista que se forma mediante la óptica 1 solo contiene la información de imagen que corresponde a unas frecuencias espaciales que son inferiores a una frecuencia de corte.

De manera conocida, una óptica de toma de vistas posee una pupila que está en el origen del filtrado de las frecuencias espaciales de imagen que se transmiten mediante esta óptica. La frecuencia de corte de este filtrado de baso bajo de la óptica es una función creciente de la dimensión pupilar. En el caso presente de obtención de imagen espacial, la pupila de la óptica de toma de vistas 1 se fija mediante el telescopio 11, que es el componente óptico que necesita más espacio de esta óptica. Más precisamente, es el espejo de entrada del telescopio 11 el que limita frecuentemente la pupila, mediante el valor de su diámetro.

La frecuencia de corte que se produce de esta manera mediante el telescopio 11 depende de la subbanda espectral de la radiación filtrada que produce la vista referida. Dado que la frecuencia de corte de la óptica 1 es una función decreciente de la longitud de onda de radiación, la frecuencia de corte de la óptica 1, para cada una de las subbandas espectrales, depende del límite superior de esta subbanda. De esta manera, la frecuencia de corte ν_{Cb} de la óptica de toma de vistas 1 para la primera subbanda que contiene el color verde es superior a la frecuencia de corte ν_{Cc} o ν_{Cd} para una de las subbandas que contiene el color amarillo (filtro 3c) o el color rojo (filtro 3d).

De manera habitual, una óptica de toma de vistas se dimensiona para que su frecuencia espacial de corte ν_{Ci} , para cada subbanda espectral i que se utiliza no limite por sí misma la información de imagen más que el muestreo que se realiza mediante los fotodetectores que se utilizan para esta subbanda espectral. Dicho de otra manera, el

Experto en la materia elige habitualmente la dimensión de la pupila de la óptica de toma de vistas de manera que su frecuencia espacial de corte sea superior a la frecuencia de Nyquist para toda la banda espectral de observación. En la invención, la óptica 1 se selecciona para satisfacer esta condición para la primera subbanda espectral, que corresponde al color verde del filtro 3b: $\nu_{Nb} < \nu_{Cb}$.

5 Según la invención, la óptica 1 se selecciona, además, de manera que su frecuencia espacial de corte para al menos otra subbanda que contiene una longitud de onda superior al color verde sea inferior a la frecuencia de Nyquist para el color verde. De esta manera, por ejemplo: $\nu_{Cd} < \nu_{Nb} < \nu_{Cb}$, siendo ν_{Cd} la frecuencia espacial de corte de la óptica 1 para el color rojo del filtro 3d. De esta manera, la información de imagen de color rojo contenida en la vista correspondiente se limita mediante la óptica 1, pero esta óptica posee unas dimensiones que se reducen sustancialmente.

10 La dimensión de la pupila de la óptica de toma de vistas 1 se selecciona aplicando los principios que se conocen, para satisfacer la doble desigualdad anterior. De esta manera, según la invención, el diámetro de la pupila se elige justo superior a $H \times \lambda_{b \text{ máx}} / (2 \times \text{GSD})$, e inferior a $H \times \lambda_{r \text{ máx}} / (2 \times \text{GSD})$, donde:

H es la altitud del satélite S por encima del suelo terrestre;

20 $\lambda_{b \text{ máx}}$ es la longitud de onda máxima de la primera subbanda espectral, que corresponde preferentemente al color verde;

$\lambda_{r \text{ máx}}$ es la longitud de onda máxima de la subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda, que puede corresponder al color rojo; y

25 GSD es la resolución de la imagen final expresada en el espacio objeto.

Por ejemplo, aplicando la invención a un instrumento de toma de vistas que se integra a bordo de un satélite geostacionario, puede obtenerse una resolución de 10 m (metro) en el nadir para la imagen final policroma con una pupila circular de la óptica 1 de la que el diámetro está comprendido entre 1,15 m y 1,25 m. Sin utilizar la invención, el diámetro de pupila de la óptica 1 se aumentaría en un factor superior a dos.

30 Cuando la imagen intermedia que corresponde a la subbanda de color rojo se adquiere con la condición $\nu_{Cd} < \nu_{Nb}$, no es necesario que la frecuencia de Nyquist para esta subbanda roja sea igual a la de para la subbanda verde. Dicho de otra manera, la imagen intermedia de la subbanda roja puede adquirirse con una resolución que es superior, o menos fina, que la resolución de la imagen intermedia de la subbanda verde. Como las vistas se forman mediante la misma óptica 1 para todas las subbandas espectrales, el muestreo de la vista para la subbanda roja puede ser inferior al que se realiza para la subbanda verde.

40 Ahora se describen dos métodos para capturar las imágenes intermedias respectivas de la subbanda verde y de las otras subbandas espectrales con unas resoluciones que son diferentes. En estos ejemplos, la imagen intermedia capturada para la primera subbanda espectral, verde, se forma utilizando un paso de muestreo de la vista correspondiente, que es dos veces menor que otro paso de muestreo utilizado para capturar la imagen intermedia de otra subbanda espectral más amplia hacia las grandes longitudes de onda, por ejemplo, roja. Cada matriz de fotodetectores 20 está formada por líneas L_{DET} y por columnas C_{DET} de fotodetectores que son adyacentes, y todos los pasos de muestreo que se consideran se miden paralelamente a estas líneas y columnas de fotodetectores.

45 Las figuras 2b y 2c ilustran el primer método para la configuración de la figura 2a, cuando se utiliza una misma matriz 2 para capturar todas las imágenes intermedias. Representan esta matriz 2, con cada casilla que es un fotodetector 20. En estas figuras, los fotodetectores 20 que se marcan con una cruz se utilizan para capturar la imagen intermedia de la vista correspondiente, y los que no se marcan con una cruz no se utilizan, es decir, que los valores de intensidad que capturan no se transmiten. La figura 2b corresponde a la utilización de la matriz 2 para la subbanda verde del filtro 3b: todos los fotodetectores 20 se utilizan. La figura 2c corresponde a la utilización de la misma matriz 2 para la subbanda amarilla del filtro 3c o la subbanda roja del filtro 3d: los fotodetectores 20 que se utilizan se restringen a una selección de uno de dos a lo largo de las líneas L_{DET} y de las columnas C_{DET} . De esta manera, el muestreo para la subbanda espectral verde corresponde a una densidad de superficie que es cuatro veces más importante que el muestreo para las subbandas espectrales amarilla y roja. En las figuras 2b y 2c, p_b designa el paso de muestreo para el color verde, y $p_{c/d}$ el de para el color amarillo o rojo. Una ventaja de este modo de captura de las imágenes intermedias que nos sean la asociada al color verde, utilizando solo un fotodetector 20 de cuatro, es que reduce la diafonía ("cross-talk" en inglés) que puede intervenir entre unos fotodetectores 20 que están próximos en la matriz 2. De ello resulta una mejora de la contribución de los fotodetectores en la función de transferencia de modulación total del instrumento de toma de vistas.

60 La figura 3b ilustra una trasposición de este primer método de captura de las imágenes intermedias para la configuración de la figura 3a. Durante una misma exposición de la matriz 2, todos los fotodetectores 20 se leen en el interior de la porción 2b, que corresponde al filtro 3b de la subbanda verde, y un solo fotodetector 20 de cuatro no se lee o transmite en el interior de las porciones 2a, 2c y 2d que corresponden a las otras subbandas.

- El segundo método de captura de las imágenes intermedias es aplicable cuando se utilizan unas matrices de fotodetectores separadas para unas subbandas que son diferentes, como en la configuración de la figura 4. En este caso, la matriz de fotodetectores 2_1 que se utiliza para la subbanda verde puede poseer un paso p_b que es igual a la mitad del paso p_d de la matriz 2_3 que se utiliza para la subbanda roja: $p_b = 0,5 \times p_d$. En este caso donde se utilizan todos los fotodetectores 20 de cada matriz para capturar las imágenes intermedias, los pasos de muestreo son idénticos a las anchuras individuales de las líneas L_{DET} y de las columnas C_{DET} de fotodetectores de estas matrices. El muestreo de la vista para la subbanda verde corresponde entonces también a una densidad de superficie que es cuatro veces más importante que el muestreo de la vista para la subbanda espectral roja.
- De manera más general, el muestreo de la vista para la primera subbanda espectral corresponde preferentemente a una densidad de superficie que es cuatro veces más importante que el muestreo de la vista para la subbanda espectral que es más amplia hacia los grandes valores de longitud de onda.
- Dado que la resolución GSD es igual al paso de los fotodetectores 20 dividido por la distancia focal de la óptica de toma de vistas 1, y multiplicado por la altitud de toma de vista, la resolución de la imagen intermedia que se captura para el color verde es dos veces menor, o más fina, que la de la imagen intermedia que se captura para el color rojo. Por ejemplo, cuando la resolución es igual a 10 m para el color verde, puede de esta manera ser igual a 20 m para el color rojo.
- Cuando una imagen intermedia se captura también para la subbanda espectral que corresponde al color azul, se captura preferentemente utilizando el mismo paso de muestreo que para la subbanda amarilla o roja, es decir, dos veces mayor que el que se utiliza para capturar la imagen intermedia de la subbanda verde. Dicho de otra manera: $p_a = p_c = p_d$.
- En estas condiciones, las imágenes intermedias de los colores azul, amarillo y rojo corresponden cada una a cuatro veces menos de datos de imagen que la imagen intermedia del color verde. De esta manera, una duración de transmisión entre el emisor que está a bordo del satélite S y el receptor terrestre R (figura 1), para una imagen final policroma, se reduce con respecto al caso donde todas las imágenes intermedias, monocromas, tuvieran la misma resolución, es decir, la que se asocia al color verde. De manera más general, los datos de imagen intermedia que se transmiten entre el emisor y el receptor para la primera subbanda espectral corresponden a cuatro veces más de señales de lectura de fotodetectores que los datos de imagen intermedia que se transmiten para la subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda, para la misma escena que se captura en todas la subbandas espectrales.
- Entonces, la unidad de reconstrucción de imagen fusiona las imágenes intermedias de todas las subbandas espectrales, para obtener la imagen final policroma. Pueden utilizarse unos procedimientos de fusión de imágenes que son conocidos por el Experto en la materia. La imagen final posee entonces la resolución más fina entre las resoluciones respectivas de todas las imágenes intermedias. De esta manera, la imagen final posee la resolución de la imagen intermedia que se asocia al color verde. Además, el resultado visual policromo de esta imagen final reconstruida, que se aporta mediante los otros colores, aparece acorde con su resolución, pues el color verde corresponde sensiblemente al máximo de la sensibilidad espectral del ojo humano.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de obtención de imagen policroma en la banda espectral de observación de 360 nm a 950 nm, que comprende las etapas siguientes:

- 5 /1/ integrar una óptica de toma de vistas (1) a bordo de una aeronave o de un satélite (S), comprendiendo dicha óptica de toma de vistas un telescopio (11) y estando adaptada para formar unas vistas en al menos un plano focal (PF) respectivamente a partir de radiaciones que pertenecen a varias subbandas espectrales comprendidas cada una en la banda espectral de observación;
- 10 /2/ colocar al menos una matriz ($2_1, \dots, 2_n$) de fotodetectores (20) en dicho al menos un plano focal, para capturar una imagen intermedia de cada vista formada mediante la óptica de toma de vistas con una resolución asociada a dicha imagen intermedia;
- /3/ capturar las imágenes intermedias de una misma escena (F) respectivamente para cada subbanda espectral;
- 15 y
/4/ fusionar las imágenes intermedias capturadas respectivamente para las subbandas espectrales, con el fin de formar una imagen final policroma,

determinando el telescopio (11) de la óptica de toma de vistas (1) una pupila común a las subbandas espectrales, y fijando una dimensión de dicha pupila común una frecuencia espacial de corte diferente para cada subbanda espectral,

- 20 comprendiendo las subbandas espectrales una primera subbanda espectral y al menos otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda, con dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda que posee al menos una longitud de onda mayor que un límite superior de dicha primera subbanda espectral, dimensionándose la pupila del telescopio (11) de manera que la frecuencia espacial de corte para la primera subbanda espectral sea superior a la frecuencia de Nyquist de la imagen intermedia capturada para dicha primera subbanda espectral,
- 25 determinándose cada subbanda espectral mediante un solo filtro (3a-3d) que afecta a todos los fotodetectores (20) que se utilizan para capturar la imagen intermedia correspondiente, ampliándose continuamente entre unos puntos de la vista referida que se obtienen en imagen sobre estos fotodetectores,
- 30 estando el procedimiento **caracterizado por que** la pupila del telescopio (11) se dimensiona además para que la frecuencia espacial de corte para dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda sea inferior a la frecuencia de Nyquist de la imagen intermedia que se captura para dicha primera subbanda espectral, y **por que** la imagen intermedia capturada para la primera subbanda espectral se forma utilizando un paso de muestreo (p_b) de la vista correspondiente, que es dos veces menor que otro paso de muestreo (p_d) utilizado para capturar la imagen intermedia de la otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda,
- 35 midiéndose dichos pasos de muestreo paralelamente a unas líneas (L_{DET}) y unas columnas (C_{DET}) de los fotodetectores (20), de manera que el muestreo para dicha primera subbanda espectral corresponda a una densidad de superficie cuatro veces más importante que el muestreo para dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda.

40 2. Procedimiento según la reivindicación 1, de acuerdo con el que la primera subbanda espectral comprende la longitud de onda 550 nm.

45 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, de acuerdo con el que la imagen final policroma posee una resolución igual a la resolución de la imagen intermedia capturada para la primera subbanda espectral.

50 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, de acuerdo con el que la primera subbanda espectral corresponde a un color verde, la otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda corresponde a un color rojo, y otra subbanda espectral más corresponde a un color azul.

55 5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, de acuerdo con el que las líneas (L_{DET}) y las columnas (C_{DET}) de los fotodetectores (20) son adyacentes en cada matriz (2) de fotodetectores utilizada, y de acuerdo con el que la imagen intermedia capturada para la primera subbanda espectral se obtiene utilizando todos los fotodetectores de la matriz utilizada para dicha primera subbanda espectral, y de acuerdo con el que la imagen intermedia capturada para dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda se obtiene seleccionando un fotodetector de dos a lo largo de las líneas y de las columnas de los fotodetectores de la matriz utilizada para dicha otra subbanda espectral.

60 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, de acuerdo con el que la matriz (2_1) de fotodetectores (20) utilizada para capturar la imagen intermedia de dicha primera subbanda espectral posee una anchura de línea (L_{DET}) y de columna (C_{DET}) que es dos veces menor que una anchura de línea y de columna de la matriz (2_3) de fotodetectores utilizada para capturar la imagen intermedia de dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda.

65 7. Procedimiento según la reivindicación 4 y una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, de acuerdo con el que la imagen intermedia capturada para la subbanda espectral que corresponde al color azul se basa en el mismo paso

de muestreo (p_a) que para dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda, que corresponde al color rojo, y dos veces mayor que el paso de muestreo (p_b) utilizado para capturar la imagen intermedia de la primera subbanda espectral, que corresponde al color verde.

5 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la escena (F) de la que se capturan las imágenes intermedias en la etapa /3/ es una porción de superficie de la Tierra (T).

9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, de acuerdo con el que se transmiten unos datos de imagen intermedia entre la aeronave o el satélite (S) y una estación de recepción (R) para cada subbanda espectral, correspondiendo los datos de imagen intermedia transmitidos para la primera subbanda espectral a cuatro veces más de señales de lectura de fotodetectores (20) que los datos de imagen intermedia transmitidos para la otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda, para la misma escena (F) capturada en todas las subbandas espectrales.

15 10. Sistema de obtención de imagen policroma adaptado para integrarse a bordo de una aeronave o de un satélite (S), comprendiendo dicho sistema:

- una óptica de toma de vistas (1) que comprende un telescopio (11) y adaptada para formar unas vistas en al menos un plano focal (PF), respectivamente a partir de radiaciones que pertenecen a unas subbandas espectrales comprendidas cada una en la banda espectral de observación de 360 nm a 950 nm;
- al menos una matriz ($2_1, \dots, 2_n$) de fotodetectores (20) situada en dicho al menos un plano focal, adaptada para capturar una imagen intermedia de cada vista con una resolución asociada a dicha imagen intermedia;
- una unidad de mando (30) adaptada para controlar una captura de las imágenes intermedias de una misma escena (F) respectivamente para cada subbanda espectral; y
- una unidad de reconstrucción de imagen adaptada para fusionar las imágenes intermedias capturadas respectivamente para las subbandas espectrales, con el fin de formar una imagen final policroma,

determinando el telescopio (11) de la óptica de toma de vistas (1) una pupila común a las subbandas espectrales, y fijando una dimensión de dicha pupila común una frecuencia espacial de corte diferente para cada subbanda espectral,

estando adaptado el sistema para fijar una primera de las subbandas espectrales y otra de dichas subbandas espectrales que es amplia hacia las grandes longitudes de onda, con dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda que posee al menos una longitud de onda mayor que un límite superior de dicha primera subbanda espectral, dimensionándose la pupila del telescopio (11) de manera que la frecuencia espacial de corte para la primera subbanda espectral sea superior a la frecuencia de Nyquist de la imagen intermedia capturada para dicha primera subbanda espectral,

determinándose cada subbanda espectral mediante un solo filtro (3a-3d) que afecta a todos los fotodetectores (20) que se utilizan para capturar la imagen intermedia correspondiente, ampliándose continuamente entre unos puntos de la vista referida que se obtienen en imagen sobre estos fotodetectores,

estando el sistema **caracterizado por que** la pupila del telescopio (11) se dimensiona además para que la frecuencia espacial de corte para dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda sea inferior a la frecuencia de Nyquist de la imagen intermedia que se captura para dicha primera subbanda espectral,

y **por que** el sistema está adaptado además para capturar las imágenes intermedias según unos pasos de muestreo de las vistas correspondientes, respectivamente para las subbandas espectrales, con el paso de muestreo (p_b) utilizado para la primera subbanda espectral que es dos veces menor que el paso de muestreo (p_a) utilizado para capturar la imagen intermedia de la otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda,

midándose dichos pasos de muestreo paralelamente a unas líneas (L_{DET}) y unas columnas (C_{DET}) de los fotodetectores (20), de manera que el muestreo para dicha primera subbanda espectral corresponda a una densidad de superficie cuatro veces más importante que el muestreo para dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda.

11. Sistema según la reivindicación 10, adaptado de manera que la primera subbanda espectral comprenda la longitud de onda 550 nm.

55 12. Sistema según la reivindicación 10 u 11, en el que la unidad de reconstrucción de imagen está adaptada de manera que la imagen final policroma posee una resolución igual a la resolución de la imagen intermedia capturada para la primera subbanda espectral.

60 13. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, adaptado de manera que la primera subbanda espectral corresponda a un color verde, la otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda corresponda a un color rojo, y otra subbanda espectral más corresponda a un color azul.

65 14. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que las líneas (L_{DET}) y las columnas (C_{DET}) de los fotodetectores (20) son adyacentes en cada matriz (2) de fotodetectores, y en el que la unidad de mando (30) está adaptada para capturar la imagen intermedia para la primera subbanda espectral utilizando todos los fotodetectores de la matriz utilizada para dicha primera subbanda espectral, y para capturar la imagen intermedia

para dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda seleccionando un fotodetector de dos a lo largo de las líneas y de las columnas de los fotodetectores de la matriz utilizada para dicha otra subbanda espectral.

5 15. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, de acuerdo con el que la matriz (2₁) de fotodetectores utilizada para capturar la imagen intermedia de dicha primera subbanda espectral posee una anchura de línea (L_{DET}) y de columna (C_{DET}) que es dos veces menor que una anchura de línea y de columna de la matriz (2₃) de fotodetectores utilizada para capturar la imagen intermedia de dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda.

10 16. Sistema según la reivindicación 13 y una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, adaptado para capturar la imagen intermedia de la subbanda espectral que corresponde al color azul utilizando el mismo paso de muestreo (p_d) que para dicha otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda, que corresponde al color rojo, y dos veces mayor que el paso de muestreo (p_b) utilizado para capturar la imagen intermedia de la primera subbanda espectral, que corresponde al color verde.

15 17. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, que comprende además:

- 20
- un emisor dispuesto para transmitir unos datos de imagen intermedia para cada subbanda espectral, a partir de señales de lectura de los fotodetectores (20); y
 - un receptor dispuesto para recibir dichos datos de imagen intermedia transmitidos por el emisor, y para suministrar dichos datos de imagen intermedia a la unidad de reconstrucción de imagen,

25 estando adaptado el sistema de manera que los datos de imagen intermedia transmitidos entre el emisor y el receptor (R) para la primera subbanda espectral corresponden a cuatro veces más de señales de lectura de fotodetectores (20) que los datos de imagen intermedia transmitidos para la otra subbanda espectral amplia hacia las grandes longitudes de onda, para la misma escena (F) capturada en todas las subbandas espectrales.

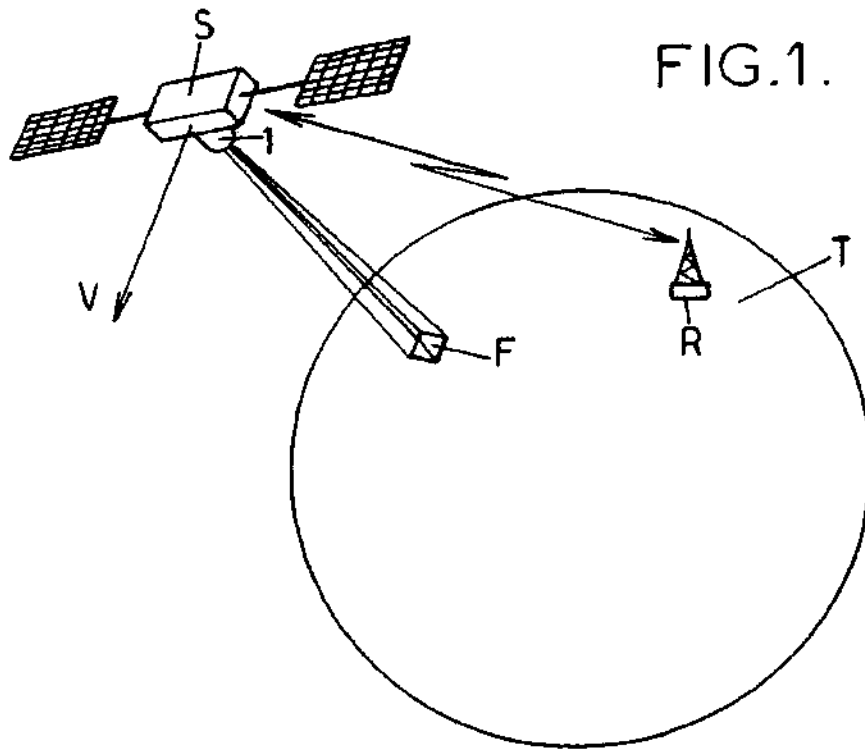


FIG. 1.

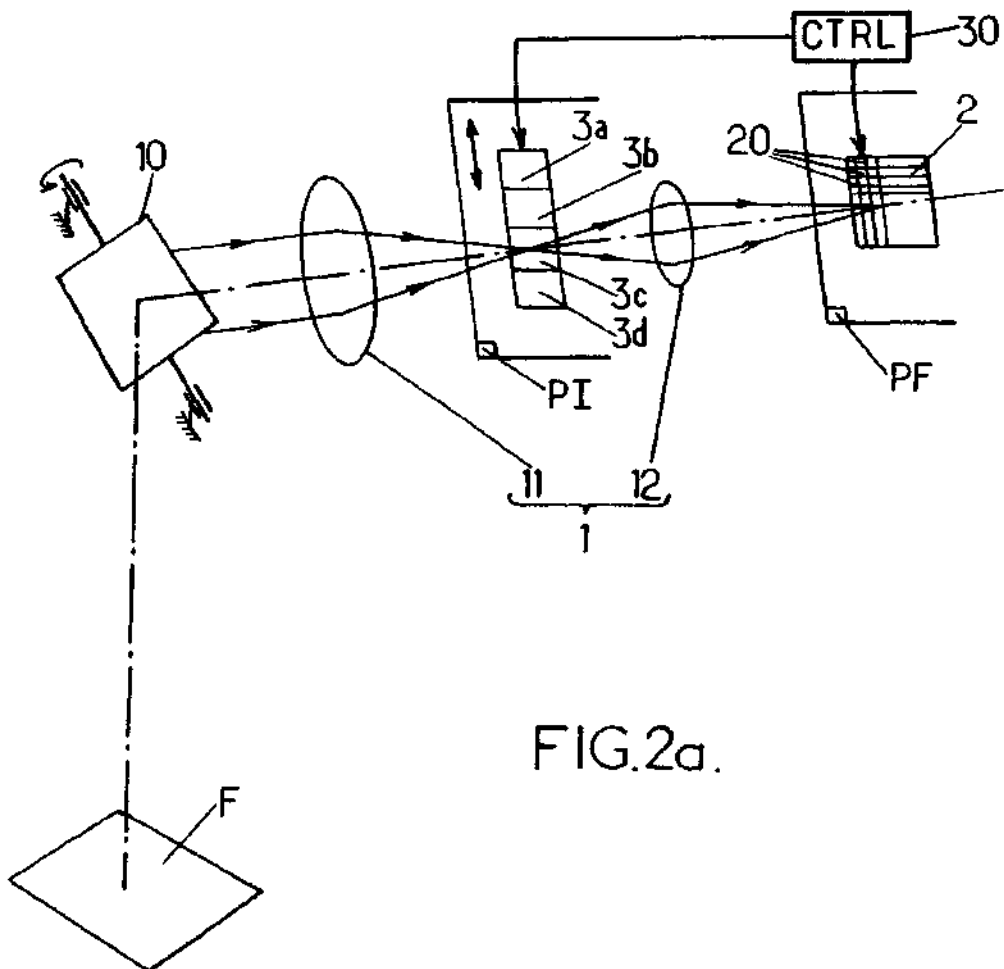


FIG. 2a.

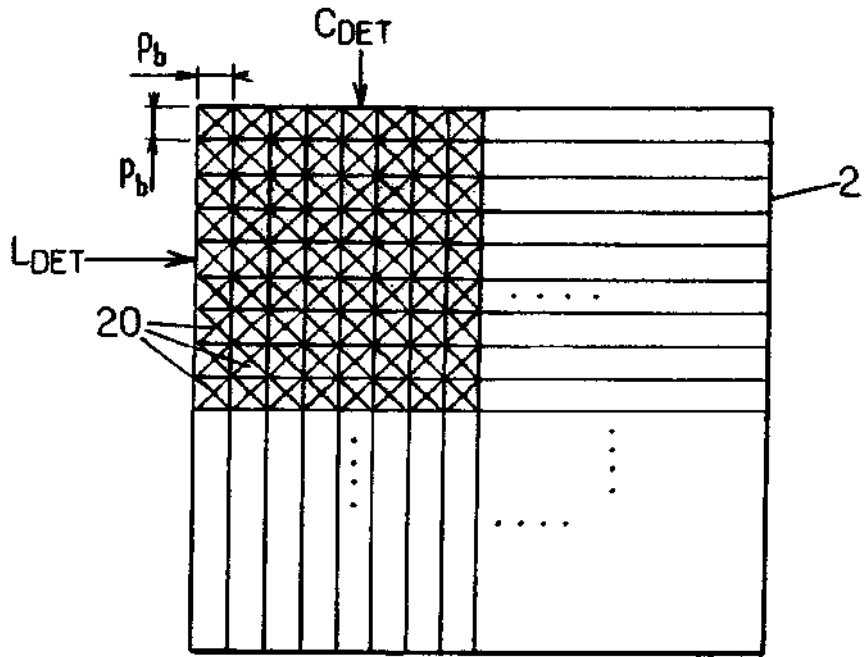


FIG. 2b.

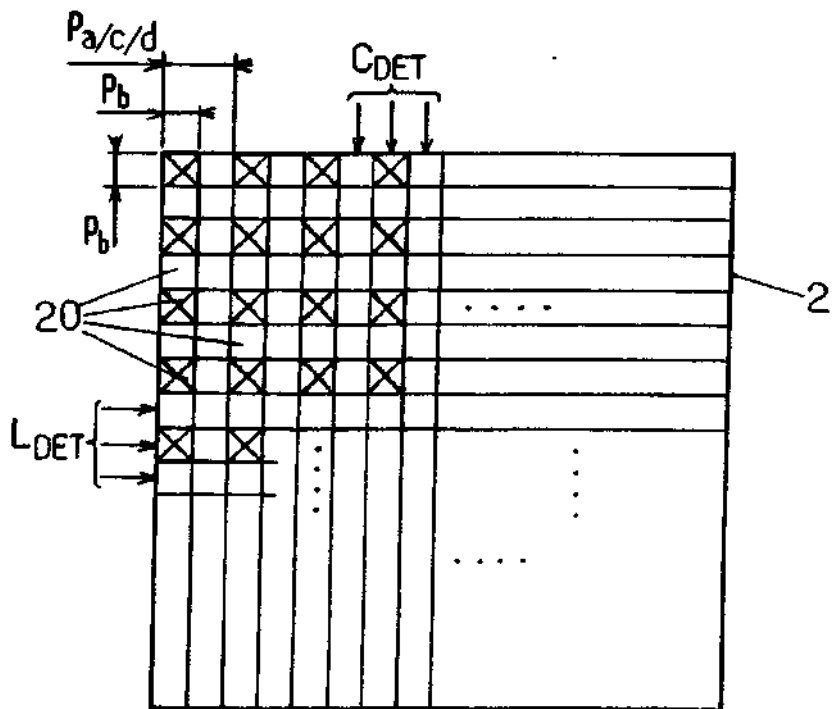


FIG. 2c.

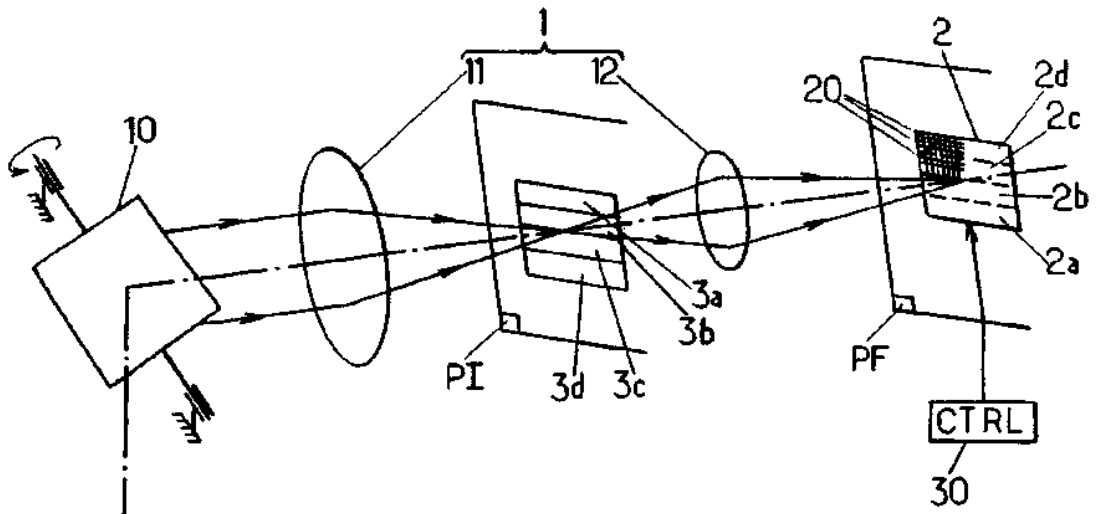


FIG.3a.

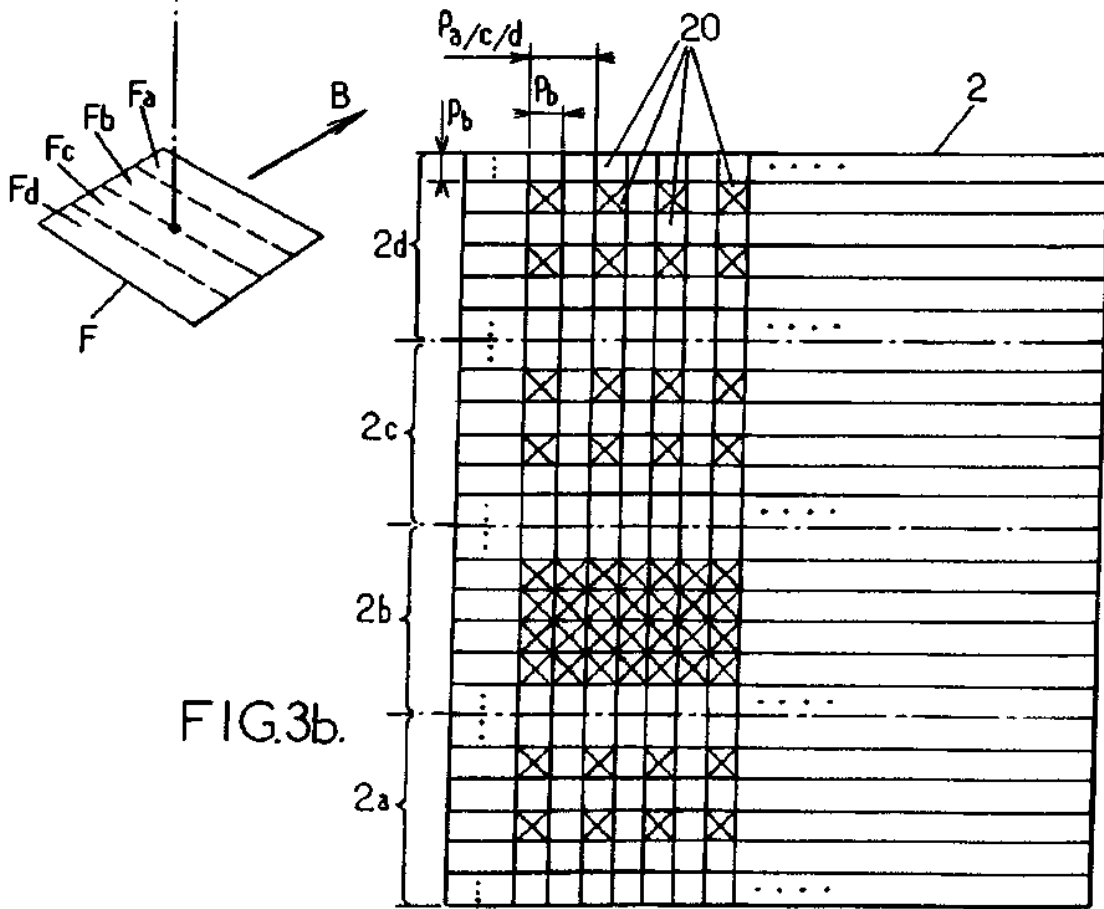


FIG.3b.

