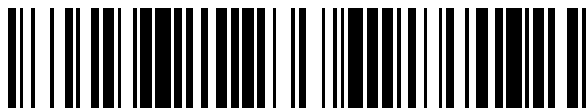


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 361 758**

21 Número de solicitud: 200931139

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2006.01)

H04N 13/00 (2006.01)

G02B 27/22 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación: **10.12.2009**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **22.06.2011**

Fecha de la concesión: **17.04.2012**

45 Fecha de anuncio de la concesión: **27.04.2012**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:
27.04.2012

73 Titular/es:

**Universitat de les Illes Balears
Campus Universitario
Ctra. de Valldemossa, Km 7,5 Edifici Son Lledó
07071 Palma de Mallorca, Illes Balears, ES**

72 Inventor/es:

**MOREL, JEAN-MICHEL HENRI, OLIVER;
COLL VICENS, BARTOMEU;
BUADES CAPO, ANTONIO y
ROUGE, BERNARD ROBERT**

74 Agente/Representante:

Ponti Sales, Adelaida

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE ESTABLECIMIENTO DE CORRESPONDENCIA ENTRE UNA PRIMERA IMAGEN DIGITAL Y UNA SEGUNDA IMAGEN DIGITAL DE UNA MISMA ESCENA PARA LA OBTENCIÓN DE DISPARIDADES.**

57 Resumen:

Procedimiento de establecimiento de correspondencia entre una primera imagen digital y una segunda imagen digital de una misma escena para la obtención de disparidades.

Procedimiento de establecimiento de correspondencia entre una primera imagen digital (U1) y una segunda (U2), que comprende las etapas de:

- seleccionar U1 un bloque B1(x) de forma determinada centrado en un píxel x de U1;
- seleccionar de U2 una serie de bloques B2(y_i) de misma forma que B1(x);
- calcular para cada B2(y_i) una distancia entre B2(y_i) y B1(x) como suma ponderada por f(x,z) de una función de las diferencias entre valores asociados al color de los píxeles de misma posición relativa z;
- seleccionar el píxel y_i que minimiza la distancia entre bloques, estableciéndose una correspondencia entre píxeles x e y_i y dando la disparidad de x como la diferencia y_i-x, donde f depende de x y de z y es una función decreciente y no constante respecto al módulo del gradiente direccional de U1(x+z) en una dirección determinada.

ES 2 361 758 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de establecimiento de correspondencia entre una primera imagen digital y una segunda imagen digital de una misma escena para la obtención de disparidades.

La presente invención se refiere a un procedimiento de establecimiento de correspondencia entre una primera imagen digital y una segunda imagen digital de una misma escena para la obtención de disparidades que evita el efecto de adherencia o *fattening*.

Antecedentes de la invención

Los métodos de estereoscópica numérica parten de un par de imágenes de una misma escena y reconstruyen el relieve por un método de paralaje cuyo principio es bien conocido.

De entrada, el conocimiento de la posición de las cámaras y su calibración previa permite colocar las dos imágenes en geometría estéreo-rectificada, tal como se aprecia en la figura 1, lo que significa que las dos imágenes son corregidas por una homografía de tal manera que un punto de la primera imagen U1 tenga su punto correspondiente, modulo un error numérico pequeño, sobre la misma línea horizontal de la otra imagen U2.

Concretamente, en la figura 1 se ilustra una posible hipótesis de partida del procedimiento, a saber, que las imágenes tratadas por el procedimiento de la invención son estereo-rectificadas.

A la izquierda hay dos cámaras con centros ópticos C y C'. Los dos paralelogramos representan las dos imágenes que se forman en las dos cámaras. El segmento entre C y C' es la línea de base o "*baseline*". Los puntos x y x' son las proyecciones del punto de arriba sobre los dos planos imagen, por lo tanto son los puntos homólogos. Los puntos e y e' son los puntos de intersección de los planos imagen con la *baseline*: son los puntos epipolares.

Para cada punto de la escena, las rectas (e, x) y (e', x') están en correspondencia: son las rectas epipolares. A la derecha se muestra la posición de los planos imagen después de la estereo-rectificación.

En el proceso de estereo-rectificación se mandan los puntos epipolares al infinito. Todas las rectas epipolares se vuelven paralelas y horizontales en cada imagen.

En la descripción de la invención, se supondrá en general que las dos imágenes U1 y U2 han sido puestas en esta geometría epipolar, de tal manera que un bloque alrededor de x en la imagen de la izquierda se compara con todos los bloques alrededor de la imagen de la derecha, en la misma línea epipolar. Esta línea se llama línea epipolar de x en U2.

Los valores del color o del nivel de gris de los píxeles x e y no son suficientemente discriminantes para su comparación directa. Se necesita comparar un bloque B1(x) de píxeles, usualmente un cuadrado centrado en x , con un bloque de misma forma B2(y) centrado en y , punto de U2 que pertenece a la línea epipolar de x , tal como se indica en la figura 2.

Concretamente, en la figura 2 se muestran dos imágenes estereoscópicas con un error de adherencia. Los píxeles sobre el edificio E tienen una disparidad diferente de los píxeles del suelo. El bloque B, con su píxel central sobre el suelo, también contiene píxeles del edificio. El bloque de la otra imagen que se parece mas a B es B', pues contiene el contorno del edificio, que está muy contrastado. Por ello, el píxel central de B se pone falsamente en correspondencia con el píxel central de B', que tiene la misma disparidad que los píxeles del edificio. La correspondencia correcta de B hubiera sido B''.

Por lo tanto, la selección del punto correspondiente de x en U2 es el punto y que hace mínima la distancia $d(B1, B2)$ entre los bloques B1(x) y B2(y). La altitud de x es entonces deducida por paralaje del desplazamiento $m(x)=y-x$ que lleva x en y .

Este calculo de paralaje refleja cuantitativamente la intuición cualitativa que cuanto mayor la disparidad entre x y y , mas cerca de las cámaras el punto de la escena X que se proyecte en x sobre U1, y en y sobre U2, tal como se aprecia en las figuras 3 y 4.

El fenómeno de adherencia se ilustra en esta toma de una vista de un edificio, ya sea aérea o tomada desde un satélite. El techo del edificio esta mucho mas iluminado que el suelo, por lo cual los bloques que incluyen una porción del techo tienen píxeles bien contrastados. Por lo tanto, la puesta en correspondencia de los bloques esta determinada por el techo, como se ha explicado con respecto a la figura 2.

De aquí resulta el fenómeno de adherencia o "*fattening*": la disparidad correcta del punto r debería ser r'' pero el bloque Br se encuentra en correspondencia con Br', cuyo resultado es un relieve como el descrito por la línea punteada de la figura 5.

En esta figura, la línea continua representa el perfil de una casa con su techo inclinado. La línea discontinua representa el perfil del relieve obtenido, deformado por el fenómeno de adherencia.

Este fenómeno se produce cuando el techo presenta un fuerte contraste de color con el suelo. Por lo tanto, la adherencia provoca una dilatación del edificio, y también un allanamiento interior del techo.

La distancia entre bloques en las diferentes implementaciones propuestas en la literatura viene dada ya sea por una suma de cuadrados de diferencias de colores, ya sea por esa misma distancia cuadrática después de haber normalizado las medias de los dos bloques, o bien por una correlación entre los dos bloques, lo que equivale a calcular de nuevo una distancia cuadrática de los bloques divididos por sus normas euclidianas respectivas. Este método clásico de puesta en correspondencia de bloques por minimización de distancia sufre el defecto llamado comúnmente “efecto de adherencia”, en inglés “*fattening effect*” que se produce para todas las distancias mencionadas, e incluso con otras distancias mas generales. Para una descripción más detallada del problema véase la descripción que dan del problema T. Kanade y M. Okutomi (1994) en “*A stereo matching algorithm with an adaptive window: Theory and experiment*”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 16,9 páginas 920 a 932, 1994.

Aunque se haya ilustrado más arriba con edificios, el problema de la adherencia se produce en toda la imagen, siempre y cuando en el bloque $B1(x)$ haya dos grupos de puntos $P1$ y $P2$ a dos altitudes diferentes.

Ocurre con frecuencia que el grupo $P1$ contenga puntos en los cuales la imagen $U1$ está bien contrastada, mientras que en el grupo $P2$ la imagen $U1$ está menos contrastada. En estas condiciones, la puesta en correspondencia por minimización de la distancia entre los valores de color de los dos bloques $B1(x)$ y $B2(y)$, distancia donde el grupo $P1$ predomina, atribuye al centro del bloque x la disparidad de los puntos de $P1$. Si x pertenece al grupo $P2$, es un error.

Por ejemplo, en el caso de una imagen aérea, los puntos de $P1$ pueden estar situados sobre el borde contrastado de un edificio. Entonces la altitud del borde de este edificio se atribuye a todos los puntos x tales que el bloque centrado en x intercepte el borde del edificio, tal como se puede apreciar en las figuras 2 y 3.

Como consecuencia, este efecto de adherencia provoca una dilatación aparente de los objetos que están en primer plano, y un allanamiento de los techos inclinados en un entorno de su borde: es el “*fattening effect*”, que se ilustra en puntos en la figura 5.

Existen varios procedimientos para evitar el efecto de adherencia, que se describen a continuación.

Un primer tipo de procedimiento consiste en guardar solamente los bloques $B1(x)$ que no encuentran las líneas contrastadas en la imagen $U1$, lo que permite evitar los bordes de objetos reales donde el relieve es ambiguo. Un ejemplo de procedimiento de este tipo se describe en A. Fusiello, and V. Roberto y E. Truoco, “*Symmetric Stereo with Multiple Windowing*”, Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 14,8, 2000.

En este procedimiento de selección, para cada píxel, se consideran los bloques que lo contienen y se selecciona el bloque que lo contenga que presente la similitud más grande respecto a un bloque en la otra imagen. De esta manera los bloques que no contengan una fuerte disparidad de altura son en general los seleccionados y se evitan los bloques que contienen líneas de contraste fuerte (*edges*).

Un segundo tipo de procedimiento, basado en el mismo principio, adapta la forma de los bloques de comparación $B1(x)$ de tal manera, que estos bloques no encuentren las líneas contrastadas de la imagen, o bien de forma que den la distancia cuadrática mínima, tal como se describe por ejemplo en H. Hirschmuller, P.R. Innocent y J. Garibaldi “*Real-Time Correlation-Based Stereo Vision with Reduced Border Errors*” - International Journal of Computer Vision, 2002.

Este artículo propone seleccionar los sub-bloques de un bloque más grande que tengan la menor distancia respecto a los bloques correspondientes de la otra imagen.

De esta manera, de cada bloque se deduce un sub-bloque de forma adaptativa, que en general excluye las líneas de fuerte contraste (*edges*).

Otro ejemplo de este segundo tipo de procedimiento se describe en K. Wang, “*Adaptive stereo matching algorithm based on edge detection*”, 2004 International Conference on Image Processing, Vol. 2 (18 April 2005), pp. 1345-1348 Vol. 2.

Un tercer tipo de procedimiento no guarda más que los bloques de geometría rectangular variable donde la disparidad es estadísticamente coherente, tal como se describe en el documento de T. Kanade y M. Okutomi, ya referenciado más arriba.

Finalmente, un cuarto tipo de procedimiento consiste en atribuir la disparidad del bloque $B1(x)$ no a x sino al baricentro de los puntos del bloque ponderados por sus gradientes, tal como se indica en el documento de Bernard Rougé, “*Appariement fin d’images stéréoscopiques et instrument dédié avec un faible coefficient stéréoscopique*”, patente francesa FR 2868168 presentada el 30 de septiembre de 2005.

Por lo tanto, el objeto de la invención es definir una distancia entre bloques que evite el efecto de adherencia y que permita sin embargo mantener una forma de bloque de comparación fija y al mismo tiempo que permita también comparar sin excepción todos los bloques de la imagen atribuyéndoles la disparidad al centro del bloque, evitando no obstante el efecto de adherencia.

Descripción de la invención

Para ello, la presente invención es un procedimiento de establecimiento de correspondencia entre una primera imagen digital (U1) y una segunda imagen digital (U2) de una misma escena para la obtención de disparidades, que comprende las etapas de:

a) seleccionar de la primera imagen (U1) un bloque B1(x) de forma determinada centrado en un píxel x de dicha primera imagen (U1);

b) seleccionar de la segunda imagen (U2) una serie de bloques B2(y_i) de la misma forma determinada que el bloque B1(x) y centrados cada uno en un píxel y_i de la segunda imagen (U2);

c) calcular para cada bloque B2(y_i) una distancia entre dicho bloque B2(y_i) y el bloque B1(x), obteniéndose dicha distancia como suma en el bloque de una función de las diferencias entre valores asociados al color de los píxeles de misma posición relativa z en los bloques B1(x) y B2(y_i), siendo esa suma ponderada por una función de ponderación f(x,z);

d) seleccionar el píxel y_i para el cual se obtiene la mínima distancia entre el bloque B2(y_i) y el bloque B1(x), estableciéndose de este modo una correspondencia entre dichos píxeles x e y_i, y dando la disparidad de x como la diferencia y_i-x, de modo que es posible calcular por paralaje la distancia a la cámara del punto correspondiente al píxel x,

que se caracteriza por el hecho de que f depende de x y de z y es una función decreciente y no constante respecto al modulo del gradiente direccional de U1(x+z) en una dirección determinada.

Con la forma preferida de la invención,

- la función f(x,z) responde a la siguiente ecuación:

$$f(x, z) = p(z) / U1'(x+z)^2$$

Los inventores han podido comprobar que la selección entre distancias ponderadas con un filtro como el reivindicado permite eliminar el efecto de adherencia, obteniéndose relieves sin este efecto, y por lo tanto más fieles a la realidad. Más precisamente en la forma preferida la invención permite calcular, no la disparidad real, pero si una versión filtrada de ésta dada por un filtro lineal de convolución cuyo núcleo de convolución p(z) puede ser fijado por el usuario.

Para evitar varios problemas debidos al ruido en las imágenes y a la anulación de la derivada U1', una variante más general considerada por la invención es cuando

- la función f(x,z) responde a la siguiente ecuación:

$$f(x, z) = p(z) / \max(U1'(x+z)^2, e)$$

donde:

p(z) es una función de peso fija para todos los bloques,

U1'(x+z) es la derivada parcial de U1 en el punto x+z y en dicha dirección determinada y

e es una constante.

- otra variante considerada por las mismas razones es cuando la función f(x,z) responde a la siguiente ecuación:

$$f(x, z) = p(z) / (U1'(x+z)^2 + e)$$

donde:

p(z) es una función de peso fija para todos los bloques,

$U1'(\mathbf{x}+\mathbf{z})$ es la derivada parcial de $U1$ en el punto $\mathbf{x}+\mathbf{z}$ y en dicha dirección determinada y

e es una constante.

- 5 - la dirección determinada es la dirección epipolar.
- la función $p(\mathbf{z})$ es una función cuya suma de valores en el bloque $B(\mathbf{O})$ es 1.
- más ventajosamente, en el procedimiento de la invención se realiza una etapa adicional de minimización de la distancia entre bloques con una precisión inferior a un píxel arbitraria mediante traslaciones de la imagen $U2$ de recorrido inferior al tamaño de píxel.
- Mas generalmente, en el caso en que la geometría epipolar sea imprecisa, o en el caso en que la escena fotografiada tenga variaciones temporales de forma, la búsqueda de y_i se hace sobre diversas líneas de la imagen $U2$ y no tan solo en la dirección epipolar. Esto se produce por ejemplo cuando las fotografías son de un planeta cuyo relieve evoluciona, o cuando las fotografías son de un material sujeto a presiones que lo deforman. En tal caso el paralaje no viene al caso; lo que interesa es la deformación del objeto debido a otras causas que no sean la perspectiva.
- Más preferentemente, se trata una pluralidad de imágenes de la misma escena, comparándolas dos a dos, con la finalidad de obtener estimaciones múltiples de la disparidad y eventualmente del relieve, que pueden ser posteriormente fusionadas. Estas imágenes pueden ser obtenidas mediante dos cámaras dispuestas separadas y enfocadas hacia la misma escena o bien puede tratarse de una única cámara que se va desplazando manteniendo una orientación general sustancialmente fija.
- 25 - Aún más preferentemente, se vuelven a realizar las etapas a, b, c y d pero intercambiando $U1$ y $U2$.

El procedimiento de la invención halla una aplicación preferentemente para la obtención de relieves a partir de imágenes obtenidas por uno o varios satélites de observación de un planeta.

Más preferentemente, las imágenes $U1$ y $U2$ son obtenidas por una o más cámaras conectadas a uno o más ordenadores configurado(s) para obtener valores aproximados de las disparidades y deducir el relieve de la escena observada por paralaje.

Finalmente, en el procedimiento de la invención las imágenes $U1$ y $U2$ son obtenidas como fotografías sucesivas de una escena física que se deforma, y la disparidad calculada mide la deformación de la escena entre los dos momentos en que se tomaron las fotos.

Breve descripción de los dibujos

Para mejor comprensión de cuanto se ha expuesto se acompañan unos dibujos en los que, esquemáticamente y tan sólo a título de ejemplo no limitativo, se ilustra el problema técnico resuelto por la invención.

La figura 1 ilustra el proceso inicial de estereo rectificación.

La figura 2 ilustra dos tipos de correspondencia, una correcta C y otra incorrecta I .

La figura 3 ilustra las posiciones relativas de los puntos desde los que se toma la imagen y de los puntos centrales de los bloques.

La figura 4 ilustra las posiciones relativas de la figura 3 en planta.

La figura 5 ilustra la diferencia entre el relieve real y el obtenido por culpa del efecto de adherencia.

Descripción de una realización preferida

A continuación se describe una realización preferida del procedimiento de la invención.

Un calculo prueba que la eliminación del efecto de adherencia es óptima cuando la función de ponderación es $f(\mathbf{x},\mathbf{z}) = p(\mathbf{z})/(U1'(\mathbf{x}+\mathbf{z})^2)$, donde $p(\mathbf{z})$ es una función de ponderación fija, de tal manera que $f(\mathbf{x},\mathbf{z})$ sea inversamente proporcional al cuadrado del gradiente direccional de $U1$ en la dirección epipolar.

En este caso, se obtiene simplemente

$$m(\mathbf{x}) = \text{SUMA_para_}\mathbf{z}\text{_en_}B(\mathbf{O})\text{_de } [p(\mathbf{z}) a(\mathbf{x}+\mathbf{z})],$$

es decir, la disparidad calculada es la disparidad real entre las dos imágenes, convolucionada con el filtro $p(\mathbf{z})$. O, dicho de otra manera, la función de disparidad $m(\mathbf{x})$ que minimiza la distancia entre bloques en cada punto $\mathbf{x}$ de la imagen U1 es una media ponderada de los valores dentro del bloque $B1(\mathbf{x})$ de la disparidad real $a(\mathbf{x})$, siendo los pesos unos valores fijos $p(\mathbf{z})$. La función de peso $p(\mathbf{z})$ definida sobre el bloque $B(O)$ puede ser elegida por el usuario.

En todo el presente documento se han empleado las siguientes notaciones:

$U1(\mathbf{x})$: imagen 1, valor de la imagen en $\mathbf{x}$. Ese valor puede ser cualquier valor vectorial (nivel de gris, color, ...)

$U2(\mathbf{y})$: imagen 2, valor de la imagen en $\mathbf{y}$.

$B(O)$: bloque de píxeles de forma fija, a menudo cuadrada o rectangular, centrado en el origen $O(0,0)$. El bloque es típicamente un cuadrado cuyo tamaño puede ir de 3×3 a 16×16 píxeles o un rectángulo.

$B1(\mathbf{x}) = \mathbf{x} + B(O)$: bloque de forma fija, en general cuadrado, centrado en $\mathbf{x}$, de la imagen U1

$B2(\mathbf{y}) = \mathbf{y} + B(O)$ bloque de la misma forma, centrado en $\mathbf{y}$, de la imagen U2.

$p(\mathbf{z})$: función de peso fija, definida para $\mathbf{z}$ en $B(O)$.

La función $d(B1(\mathbf{x}), B2(\mathbf{y})) = \text{SUMA_para_}\mathbf{z_en_}B(O)_de_ [p(\mathbf{z})(U1(\mathbf{x}+\mathbf{z})-U2(\mathbf{y}+\mathbf{z}))^2]$: se trata de la suma de los cuadrados de las diferencias de valores de las imágenes U1 en $B1(\mathbf{x})$ con los valores correspondientes de U2 en $B2(\mathbf{y})$. Esos términos son ponderados por la función de peso $p(\mathbf{z})$. Esa función de distancia entre bloques es clásica.

$U'(\mathbf{x})$: para una imagen $U(\mathbf{x})$, en la que después de la rectificación estéreo las líneas horizontales son las líneas epipolares, denotamos por $U'(\mathbf{x})$ la derivada parcial de $U(\mathbf{x})$ en la dirección de la línea epipolar. Esta derivada parcial puede ser calculada aproximadamente por diferencias finitas, o exactamente por la trasformada de Fourier Discreta, bajo la hipótesis clásica de que la imagen es periódica y de espectro acotada.

La función $f(\mathbf{x}, \mathbf{z}) = p(\mathbf{z})/U1'(\mathbf{x}+\mathbf{z})^2$: se trata de los pesos especiales propuestos en la invención para evitar la adherencia. Estos pesos en el bloque $B(\mathbf{x})$ dependen de $\mathbf{x}$ y no tan solo de $\mathbf{z}$ como en los métodos clásicos.

La nueva función de distancia entre bloques $d(B1(\mathbf{x}), B2(\mathbf{y})) = \text{SUMA_para_}\mathbf{z_en_}B(O)_de_ [f(\mathbf{x}, \mathbf{z})(U1(\mathbf{x}+\mathbf{z})-U2(\mathbf{y}+\mathbf{z}))^2]$: con las notaciones precedentes, es pues la función distancia dependiente de $\mathbf{x}$, que permite seleccionar por minimización el punto $\mathbf{y}$ de U2 correspondiente al punto $\mathbf{x}$ de U1. Este punto es el $\mathbf{y}$ que, para $\mathbf{x}$ fijo, realiza el mínimo de $d(B1(\mathbf{x}), B2(\mathbf{y}_i))$ para todos los $\mathbf{y}_i$ en un entorno o vecindad de la línea epipolar.

Disparidad real: es la función desconocida $a(\mathbf{x})$ definida sobre el dominio de la imagen U1, que es la disparidad físicamente correcta, que lleva la imagen U1 sobre la imagen U2, de manera que se cumpla la identidad

$$U1(\mathbf{x} + (a(\mathbf{x}), 0)) = U2(\mathbf{x})$$

La relación fundamental que justifica la invención viene dada por el teorema siguiente: si se utiliza la función peso definida anteriormente para comparar el bloque $B1(\mathbf{x})$ con los bloques $B2(\mathbf{y})$, entonces la disparidad $m(\mathbf{x})$ con la que se logra el mínimo de $d(B1(\mathbf{x}), B2(\mathbf{y}))$ verifica la propiedad siguiente:

$$m(\mathbf{x}) = \text{SUMA_para_}\mathbf{z_en_}B(O)_de_ [p(\mathbf{z}) a(\mathbf{x} + \mathbf{z})] .$$

En otros términos, la disparidad $m(\mathbf{x})$ calculada en $\mathbf{x}$ por la invención en su implementación preferida, es una media ponderada de la disparidad real en un entorno fijo de $\mathbf{x}$, y con una ponderación dada por los pesos $p(\mathbf{z})$ en el bloque, independiente de $\mathbf{x}$, con el que se logra establecer una correspondencia óptima entre puntos de diferentes imágenes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de establecimiento de correspondencia entre una primera imagen digital (U1) y una segunda imagen digital (U2) de una misma escena para la obtención de disparidades, que comprende las etapas de:

a) seleccionar de la primera imagen (U1) un bloque B1(x) de forma determinada centrado en un píxel x de dicha primera imagen (U1);

b) seleccionar de la segunda imagen (U2) una serie de bloques B2(y_i) de misma forma determinada que el bloque B1(x) y centrados cada uno en un píxel y_i de la segunda imagen (U2);

c) calcular para cada bloque B2(y_i) una distancia entre dicho bloque B2(y_i) y el bloque B1(x), obteniéndose dicha distancia como suma en el bloque de una función de las diferencias entre valores asociados al color de los píxeles de misma posición relativa z de los bloques B1(x) y B2(y_i), siendo esa suma ponderada por una función de ponderación f(x,z);

d) seleccionar el píxel y_i para el cual se obtiene la mínima distancia entre el bloque B2(y_i) y el bloque B1(x), estableciéndose de este modo una correspondencia entre dichos píxeles x e y_i, y dando la disparidad de x como la diferencia y_i-x,

caracterizado por el hecho de que f depende de x y de z y es una función decreciente y no constante respecto al modulo del gradiente direccional de U1(x+z) en una dirección determinada.

2. Procedimiento según la reivindicación anterior, en el que dicha función f(x,z) responde a la siguiente ecuación:

$$f(x, z) = p(z) / \max(U1'(x+z)^2, e)$$

donde:

p(z) es una función de peso fija para todos los bloques,

U1'(x+z) es la derivada parcial de U1 en el punto x+z y en dicha dirección determinada y

e es una constante.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha función f(x,z) responde a la siguiente ecuación:

$$f(x, z) = p(z) / (U1'(x+z)^2 + e)$$

donde:

p(z) es una función de peso fija para todos los bloques,

U1'(x+z) es la derivada parcial de U1 en el punto x+z y en dicha dirección determinada y

e es una constante.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha dirección determinada es la dirección epipolar, de modo que es posible calcular por paralaje la distancia a la cámara del punto correspondiente al píxel x.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la función p(z) es una función positiva cuya suma de valores en el bloque B(O) es 1.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se realiza una etapa adicional de minimización de la distancia entre bloques con una precisión inferior a un píxel arbitraria mediante traslaciones de la imagen U2 de recorrido inferior al tamaño de píxel.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la búsqueda de y_i se hace sobre diversas líneas de la imagen U2.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se trata una pluralidad de imágenes de la misma escena, comparándolas dos a dos, con la finalidad de obtener estimaciones múltiples del relieve, que pueden ser posteriormente fusionadas.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se vuelven a realizar las etapas a, b, c y d pero intercambiando U1 y U2.

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se emplean imágenes obtenidas por uno o varios satélites de observación de un cuerpo celeste (planeta, asteroide, sol).

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las imágenes U1 y U2 son obtenidas por una o más cámaras conectadas a uno o más ordenadores configurado(s) para obtener valores aproximados de las disparidades y deducir el relieve de la escena observada por paralaje.

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las imágenes U1 y U2 son obtenidas como fotografías sucesivas de una escena física que se deforma, y la disparidad calculada mide la deformación entre los dos momentos en que se tomaron las fotos.

Fig. 1

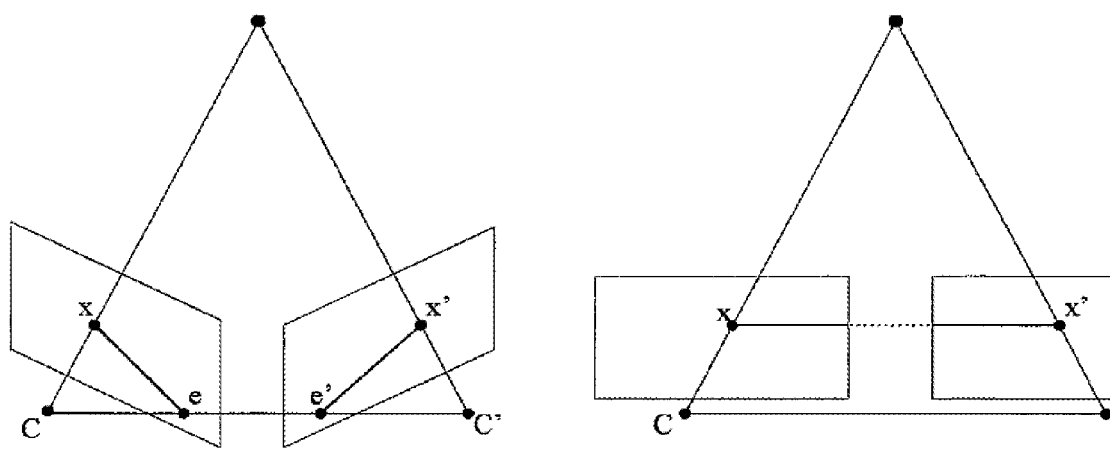
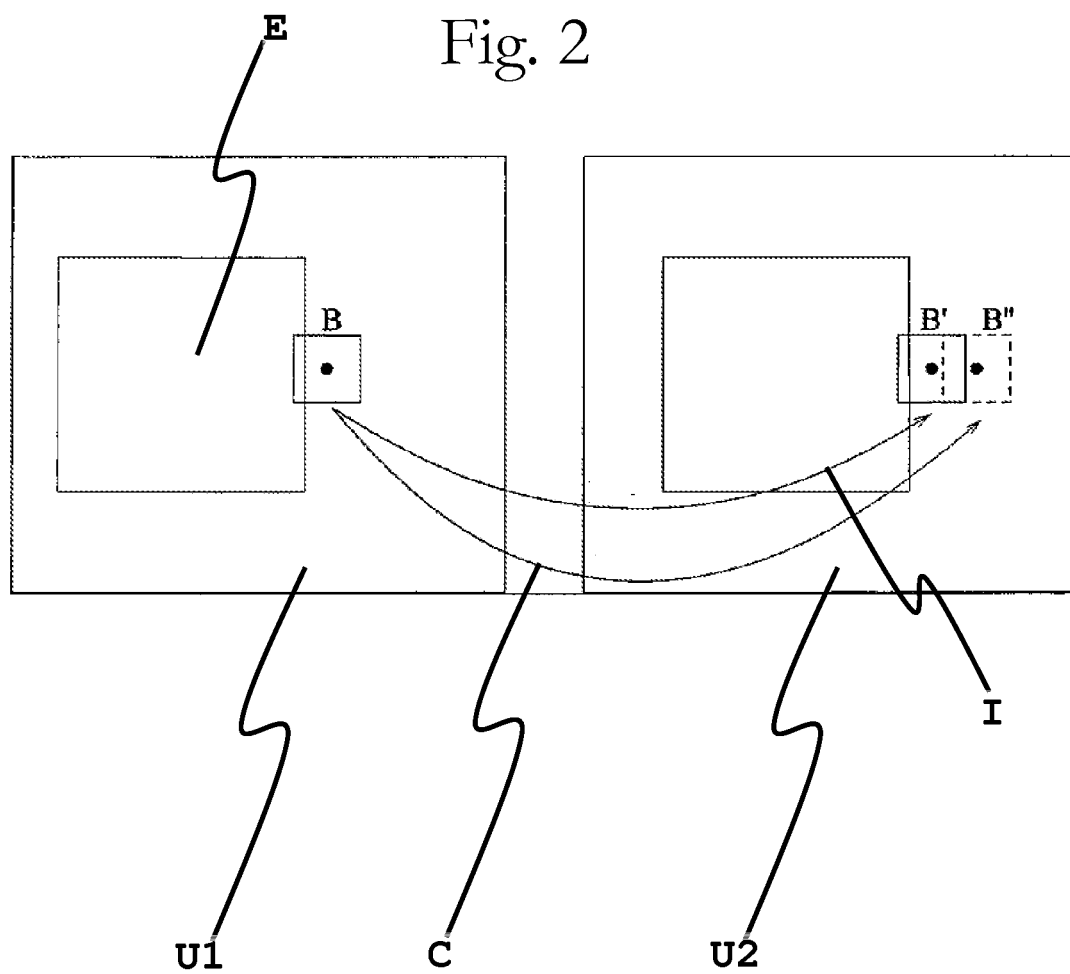


Fig. 2



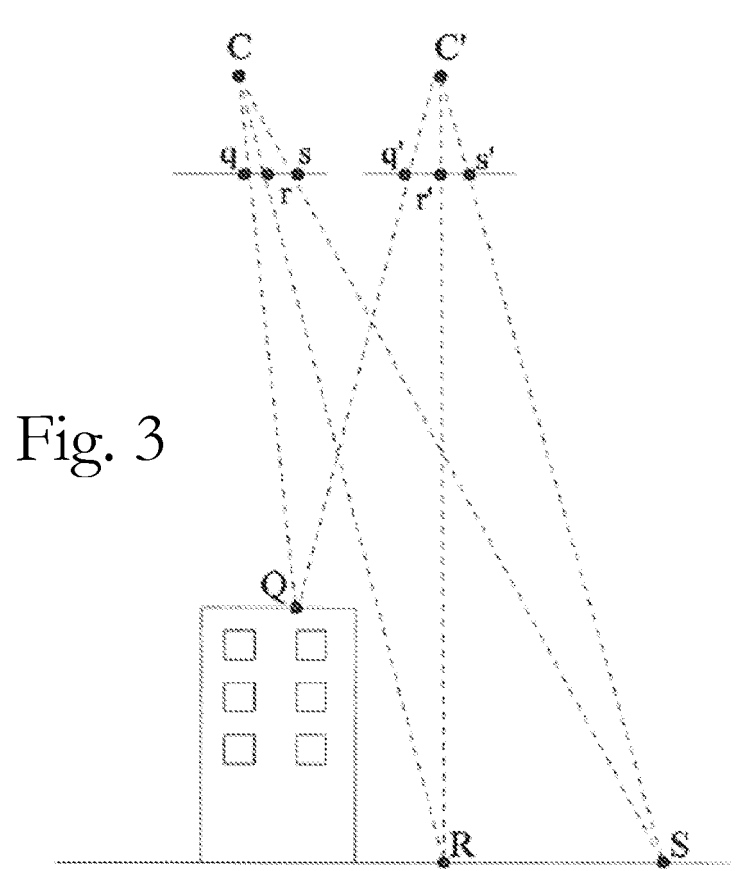


Fig. 4

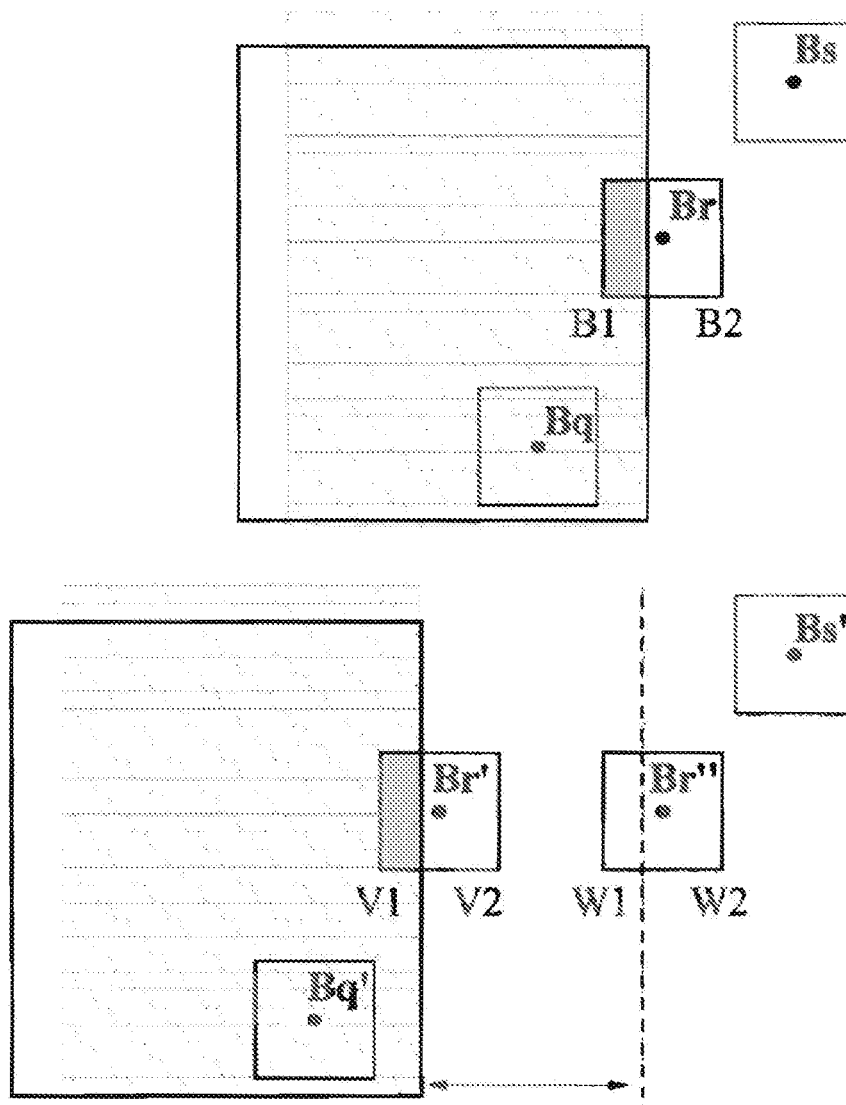
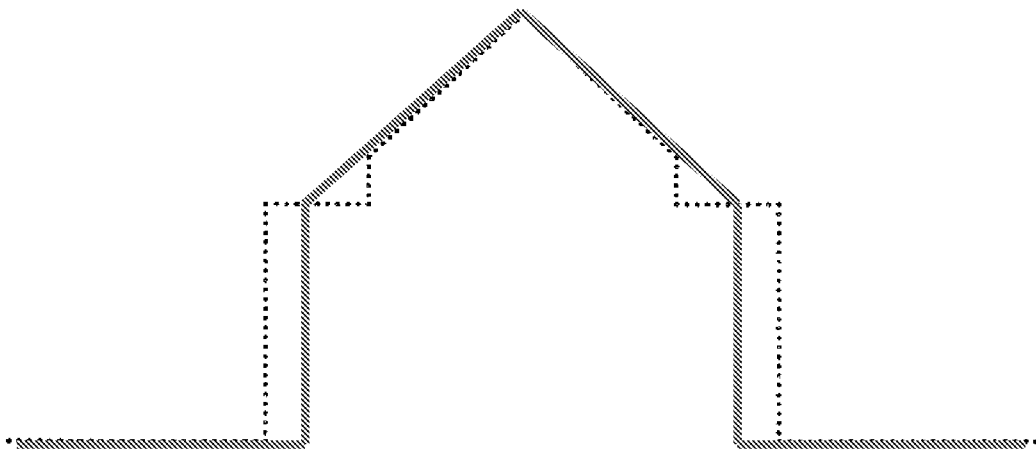


Fig. 5





OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200931139

②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.12.2009

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2007072102 A1 (TELECOM ITALIA SPA et al.) 28.06.2007	1
A	US 2005129325 A1 (WU WEIGUO) 16.06.2005	1
A	EP 1610271 A2 (ST MICROELECTRONICS INC) 28.12.2005	1
A	WO 9119265 A1 (EUROP VISION SYST CENTRE) 12.12.1991	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
31.03.2011

Examinador
M. González Vasserot

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G06T7/00 (2006.01)**H04N13/00** (2006.01)**G02B27/22** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G06T, H04N, G02B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 31.03.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-12	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-12	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2007072102 A1 (TELECOM ITALIA SPA et al.)	28.06.2007
D02	US 2005129325 A1 (WU WEIGUO)	16.06.2005
D03	EP 1610271 A2 (ST MICROELECTRONICS INC)	28.12.2005
D04	WO 9119265 A1 (EUROP VISION SYST CENTRE)	12.12.1991

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Los documentos citados solo muestran el estado general de la técnica, y no se consideran de particular relevancia. Así, la invención reivindicada se considera que cumple los requisitos de novedad, actividad inventiva y aplicación industrial.

1.- El **objeto** de la presente solicitud de patente consiste en un procedimiento de establecimiento de correspondencia entre una primera imagen digital y una segunda imagen digital de una misma escena para la obtención de disparidades que evita el efecto de adherencia o fattening.

Tiene aplicación preferentemente para la obtención de relieves a partir de imágenes obtenidas por uno o varios satélites de observación de un planeta.

Más preferentemente, las imágenes U1 y U2 son obtenidas por una o más cámaras conectadas a uno o más ordenadores configurados para obtener valores aproximados de las disparidades y deducir el relieve de la escena observada por paralaje.

En el procedimiento de la invención se incluyen etapas donde las imágenes U1 y U2 son obtenidas como fotografías sucesivas de una escena física que se deforma, y la disparidad calculada mide la deformación de la escena entre los dos momentos en que se tomaron las fotos.

2.- El **problema** planteado por el solicitante es resolver el problema de adherencia que deforma el relieve obtenido.

El fenómeno de adherencia se puede ver en la toma de una vista de un edificio, ya sea aérea o tomada desde un satélite. El techo del edificio esta mucho mas iluminado que el suelo, por lo cual los bloques que incluyen una porción del techo tienen píxeles bien contrastados. Por lo tanto, la puesta en correspondencia de los bloques está determinada por el techo. Este fenómeno se produce cuando el techo presenta un fuerte contraste de color con el suelo. Por lo tanto, la adherencia provoca una dilatación del edificio, y también un allanamiento interior del techo.

Aunque se haya ilustrado más arriba con edificios, el problema de la adherencia se produce en toda la imagen, siempre y cuando en el bloque Bl(x) haya dos grupos de puntos P1 y P2 a dos altitudes diferentes.

Se resuelve el caso en que la geometría epipolar sea imprecisa, o en el caso en que la escena fotografiada tenga variaciones temporales de forma, ya que la búsqueda de y1 se hace sobre diversas líneas de la imagen y no tan solo en la dirección epipolar. Esto se produce por ejemplo cuando las fotografías son de un planeta cuyo relieve evoluciona, o cuando las fotografías son de un material sujeto a presiones que lo deforman. En tal caso el paralaje no viene al caso; lo que interesa es la deformación del objeto debido a otras causas que no sean la perspectiva.

Se puede realizar una pluralidad de imágenes de la misma escena, comparándolas dos a dos con la finalidad de obtener estimaciones múltiples de la disparidad y eventualmente del relieve, que pueden ser posteriormente fusionadas. Estas imágenes pueden ser obtenidas mediante das cámaras dispuestas separadas y enfocadas hacia la misma escena o bien puede tratarse de una única cámara que se va desplazando manteniendo una orientación general sustancialmente fija.

El documento D1 puede considerarse como el representante del estado de la técnica más cercano ya que en este documento confluyen la mayoría de las características técnicas reivindicadas.

Análisis de la reivindicación independiente 1

D1 se diferencia del documento de solicitud de patente en que la función de ponderación $f(x,z)$ que se realiza en la etapa c no es decreciente ni variable respecto al módulo del gradiente direccional de U1 ($x+z$) de la primera imagen en una dirección determinada.

La reivindicación 1 es nueva (Art. 6.1 LP 11/1986) y tiene actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986).

Análisis del resto de los documentos

De este modo, ni el documento D1, ni ninguno del resto de los documentos citados en el Informe del Estado de la Técnica, tomados solos o en combinación, revelan la invención en estudio tal y como es definida en las reivindicaciones independientes, de modo que los documentos citados solo muestran el estado general de la técnica, y no se consideran de particular relevancia. Además, en los documentos citados no hay sugerencias que dirijan al experto en la materia a una combinación que pudiera hacer evidente la invención definida por estas reivindicaciones y no se considera obvio para una persona experta en la materia aplicar las características incluidas en los documentos citados y llegar a la invención como se revela en la misma.