

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 896**

51 Int. Cl.:

H04N 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2011 E 11191976 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 2466901**

54 Título: **Sobre-muestreo de datos de profundidad**

30 Prioridad:

14.12.2010 TR 201010439

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

24.10.2017

73 Titular/es:

**VESTEL ELEKTRONIK SANAYI VE TICARET A.S.
(100.0%)
Organize Sanayi Bölgesi
45030 Manisa, TR**

72 Inventor/es:

CIGLA, CEVAHIR

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 638 896 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

Sobre-muestreo de datos de profundidad

5 Ámbito técnico

[0001] La presente invención proporciona un procedimiento y un dispositivo para procesar datos de imagen tridimensionales mediante Sobre-muestreo de un mapa de profundidad de contenido estéreo, tal como en particular una secuencia de vídeo de vídeo digital estéreo, imágenes digitales estéreo, tramas estéreo de película impresa escaneada a través de un sistema de difusión en vivo en tiempo real o a través de un medio de almacenamiento tal como un disco duro, escáner, disco óptico o similar.

Técnica anterior

15 [0002] La estimación de mapa de disparidad es una de las herramientas fundamentales y más importantes para el procesamiento de imágenes estéreo (vistas múltiples [multi-view]). Como los televisores 3D están disponibles en el mercado, el enfoque del procesamiento estéreo también ha ganado en atención. De esta manera, la estimación de mapa de disparidad que proporciona información sobre la posición 3D de los objetos o píxeles del contenido estéreo (vistas múltiples) es inevitable. En la bibliografía existen varios procedimientos que proporcionan mapas de
 20 disparidad a partir de contenido 3D que incluye vídeo estéreo o de múltiples vistas. Sin embargo, considerando la resolución del contenido 3D proporcionado por televisores 3D, la complejidad de cálculo es muy alta para proporcionar mapas de disparidad fiables. En la bibliografía, los algoritmos de estimación de mapas de disparidad en tiempo real (en sistemas embebidos) se ejecutan en resoluciones alrededor de (300x200) que están muy lejos de las resoluciones de la pantalla HD (1920x1080). Está claro que ejecutar algoritmos de estimación de disparidad
 25 conocidos para datos de alta resolución no permite aplicaciones en tiempo real.

[0003] El documento de la técnica anterior US2010110070 A1, revela un generador de imágenes tridimensionales aumentando un mapa de profundidad, el aumento se realiza aplicando un filtro cruzado para agudizar una región borrosa del mapa de profundidad basado en la información de ubicación del mapa de profundidad y la correspondiente imagen bidimensional.

30 [0004] En el documento de la técnica anterior US 2008/0267494 A1, se revela un dispositivo de Sobre-muestreo bilateral conjunto que utiliza una señal de entrada de alta resolución para guiar la interpolación de un conjunto de soluciones de baja resolución derivado de una versión sub-muestreada de la señal de entrada desde baja hasta alta resoluciones. Sin embargo, los filtros bilaterales son filtros basados en ventanas cuyo peso depende de las similitudes de color y las distancias espaciales entre el píxel central y los píxeles correspondientes dentro de una
 35 ventana. Así, los píxeles con coeficientes de color similares tienen pesos más altos, mientras que los píxeles disímiles tienen pesos más bajos. Los pesos están determinados por imágenes en color y se aprovechan para filtrar y aumentar mapas de disparidad. La estrategia de ponderación de los filtros bilaterales proporciona bordes de intensidad a preservar, por lo tanto, el mapa de disparidad sobre muestreado implica discontinuidades de profundidad en las regiones de borde y la variación suave en regiones sin texturizar. Los filtros bilaterales proporcionan una alta precisión de Sobre-muestreo de datos de baja resolución, tales como mapas de disparidad, mapeo de tono. Como se da en la ecuación (A), una vez que se determinan los pesos, la información se obtiene a
 40 partir de los datos de baja resolución por sumatorio ponderado dentro de una ventana (N, N).

$$D(x, y) = \frac{1}{W_{sum}} \sum_{j \in N} \sum_{i \in N} w(I(x+i, y+j)) d(x_{\downarrow}, y_{\downarrow}) \tag{A}$$

45 [0005] En (A), x_{\downarrow} y y_{\downarrow} corresponden a coordenadas de píxeles de x e y del mapa de disparidad de baja resolución, d es el mapa de disparidad de baja resolución, D es el mapa de disparidad de alta resolución, $w()$ es la función de ponderación dependiente de similitud de color y de distancia espacial, siendo W_{sum} el coeficiente de normalización que da la suma de todos los pesos a "1". Para obtener un muestreo satisfactorio, el tamaño del filtro debe ser lo mayor posible.

50 [0006] Sin embargo, un inconveniente del Sobre-muestreo de profundidad bilateral es que se supone que los bordes de intensidad también implican discontinuidades de profundidad que se denominan copiado de textura. En algunos casos, los bordes de intensidad pueden no coincidir con discontinuidades de profundidad e implican variaciones suaves de profundidad. Sin embargo, los filtros bilaterales no suavizan el mapa de disparidad en estas regiones, lo que conduce a un aumento incorrecto. Otra desventaja de los filtros bilaterales es la complejidad de cálculo. La
 55 distribución de pesos en la ventana de filtro cambia para cada píxel, por lo tanto, los píxeles no tienen relaciones estrictas con píxeles vecinos. Por lo tanto, a medida que aumentan los tamaños de las ventanas, lo que está directamente relacionado con la ratio de aumento, la complejidad de cálculo se aumenta enormemente. Una desventaja adicional de los filtros bilaterales es que la ventana de soporte puede no estar conectada, lo que depende de la similitud de color y de la distancia espacial, pudiendo existir espacios entre píxeles de soporte que conducen a discontinuidades. Este hecho conduce a que píxeles de color similares de diferentes objetos están en las mismas regiones de soporte que el tamaño del filtro aumenta, lo que conduce a un Sobre-muestreo incorrecto.

Breve descripción de la invención

[0007] Este objeto se resuelve mediante un procedimiento según la reivindicación 1 de esta invención.

[0008] Además, el objetivo anterior de la invención se resuelve mediante un dispositivo según la reivindicación 5.

5 [0009] Las reivindicaciones dependientes de esta invención se refieren a realizaciones específicas, en las que dichas realizaciones pueden combinarse en vista de la siguiente descripción, que sea obvio para un experto en la materia.

10 [0010] El Sobre-muestreo de mapas de profundidad de baja resolución obtenidos mediante estimación estéreo o sensores activos, de acuerdo con las imágenes en color de alta resolución observadas, es una herramienta importante para reducir la complejidad de cálculo del procesamiento estéreo de datos tridimensionales y proporcionar datos de profundidad de alta resolución coincidentes con imágenes en color de alta resolución de la misma escena.

15 [0011] El enfoque fundamental para la solución del aumento de mapas de disparidad o profundidad de baja resolución es realizando el filtrado entre el mapa de disparidad aumentada de vecino más próximo, utilizando ventanas de soporte adaptativas detectadas mediante el procesamiento de imágenes en color de alta resolución. Las ventanas de soporte adaptativas se determinan detectando límites vertical y horizontal para cada píxel que tiene un intervalo de intensidad dentro de un umbral. Después, para cada píxel, se realiza un promedio de los valores de disparidad entre los límites detectados de los píxeles vecinos situados dentro de los límites del píxel correspondiente. Para ahorrar cálculo y ser independiente del tamaño de la ventana de soporte, se utiliza la tabla de área sumada del mapa de disparidad aumentada de vecino más próximo, lo que permite calcular el promedio en dirección horizontal o vertical con una resta. Los límites vertical y horizontal determinan la forma de la ventana adaptativa a partir de la variación de intensidad (color), de manera que se utilizan píxeles similares en color para obtener el mapa de disparidad de alta resolución. Las ventanas de soporte adaptativas también proporcionan regiones continuas y compactas durante el promedio de disparidad, lo que es vital para ignorar píxeles sin relacionar

25 Objeto de la invención

[0012] Debido a lo anterior, el objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo para Sobre-muestreo de un mapa de profundidad para un contenido estéreo que reduce la complejidad de cálculo y consigue un mapa de profundidad de alta resolución preciso.

Breve descripción de los dibujos

[0013] En los dibujos, los que números de referencia similares denotan elementos similares a través de las vistas:

35 La figura 1 es un diagrama de flujo del aumento de los mapas de disparidad de baja resolución hasta imágenes en color de alta resolución de una escena de acuerdo con la invención;

La figura 2 muestra los límites de intensidad horizontal y vertical de un píxel;

40 La figura 3 muestra la utilización de límites vecinos para reducir la complejidad de cálculo durante la búsqueda de límite de un píxel;

La figura 4 muestra la región de soporte arbitraria correspondiente extraída por los límites horizontal y vertical;

La figura 5 muestra datos integrales de datos bidimensionales de un mapa de disparidad;

45 La figura 6 muestra un algoritmo de dos pasadas para calcular los valores de disparidad total entre una región con forma arbitraria mediante la utilización de datos de integral, un primer sumatorio horizontal y, a continuación, un sumatorio vertical sobre datos de integral de acuerdo con la invención; y

La figura 7 es una realización de un dispositivo para Sobre-muestreo de datos de profundidad de baja resolución de acuerdo con la presente invención.

[0014] Los números de referencia utilizados en las figuras pueden poseer los siguientes significados;

Sobre-muestreo de vecino más próximo	(10)
Detección de límite	(20)
50 Filtrado de región de soporte adaptativa	(30)
Proveedor de contenido 3D	(101)
Unidad de procesamiento 3D	(102)
Unidad estimadora de profundidad	(103)
Unidad de correspondencia estéreo	(104)
55 Dispositivo de Sobre-muestreo	(105)
Unidad de procesamiento basada en profundidad	(106)
Dispositivo de sub muestreo	(107)

60 Descripción detallada de la invención

[0015] A continuación, las realizaciones de la presente invención se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. La presente invención no está restringida a las siguientes realizaciones y son posibles muchas variaciones dentro del alcance de la presente invención. Las realizaciones de la presente invención se proporcionan con el fin de explicar a un experto en la técnica más completamente los ejemplos de la presente invención.

65 [0016] Ha de mencionarse que el contenido estéreo puede estar presente en diversos formatos y puede ser suministrado a través de varias fuentes, que pueden proporcionar escenas de vídeo de vídeo estéreo digital,

imágenes estéreo digitales, tramas estéreo de película impresa escaneadas, a través de un sistema de difusión en vivo en tiempo real o un soporte de almacenamiento tal como un disco duro, escáner, disco óptico o similar.

[0017] Con relación a las figuras 1 a 6, se explica un procedimiento de Sobre-muestreo de datos de profundidad de baja resolución de acuerdo con la invención, en el que los datos de profundidad de baja resolución pueden tener la forma de un mapa de disparidad obtenido mediante procesamiento de imágenes estéreo o la forma de un mapa de alcance obtenido por sensores activos. De acuerdo con el principio de la invención, los datos de profundidad de baja resolución se combinan con datos de color de alta resolución correspondientes de la misma escena para proporcionar datos de profundidad de alta resolución con una precisión mejorada alcanzada por el Sobre-muestreo de datos de profundidad de acuerdo con la invención. De este modo, el mapa de profundidad de alta resolución recibido por el procedimiento de Sobre-muestreo de datos de profundidad de acuerdo con la invención puede usarse para síntesis de vistas virtuales, mejora basada en profundidad o aplicaciones 3D relacionadas para televisores 3D o similares aplicaciones 3D para ordenadores, proyectores de video o similares para ver películas en 3D u otros contenidos 3D por los consumidores.

[0018] Cuando los datos de profundidad de baja resolución están en forma de un mapa de disparidad, el mapa de disparidad estimado se registra en sí con una de las imágenes estéreo. Sin embargo, cuando los datos de profundidad de baja resolución se encuentran en la forma de un mapa de alcance, se requiere un registro entre datos de color y datos de profundidad, lo que se puede conseguir mediante mapeado homógrafos. Según la invención se supone que los datos de profundidad y los datos de color son registrados.

[0019] La figura 1 muestra el procedimiento de acuerdo con la presente invención de Sobre-muestreo de mapas de profundidad de disparidad de baja resolución aprovechando imágenes en color de alta resolución de la misma escena en dos etapas. En particular, en un primer procedimiento, el mapa de disparidad de baja resolución se sobre muestrea utilizando una interpolación de vecino más próximo (10). En el segundo procedimiento, la imagen en color de alta resolución de la misma escena, como en relación al primer procedimiento, se utiliza para detectar los límites vertical y horizontal (20), lo que se explicará con más detalle. Una vez que se determinan los límites vertical y horizontal, se aplica un filtro de promedio entre la región con forma arbitraria mediante la utilización de datos de integral horizontal y vertical del mapa de disparidad de manera que el filtrado de regiones de soporte adaptativas (30) conduce al mapa de disparidad de alta resolución.

[0020] En particular, el segundo procedimiento implica la detección de regiones de configuración adaptativas para cada píxel que define grupos de píxeles similares en color de la imagen en color de alta resolución que se consigue mediante búsqueda de límites vertical y horizontal que delimitan la variación de color interior. Durante la búsqueda de límite, límites de píxeles vecinos son necesarios para disminuir la complejidad de cálculo. Una vez que se determinan los límites vertical y horizontal, se aplica el filtro de promedio entre la región con forma arbitraria, utilizando datos de integral horizontal y vertical del mapa de disparidad, en donde los datos de integral permiten el cálculo rápido que es independiente de un aumento de los tamaños de ventana. La operación de promedio dentro de grupos de píxeles similares en color proporciona nitidez, especialmente en los límites de objeto, y datos de profundidad de alta resolución suaves en los que las regiones erróneas también se corrigen de alguna manera.

[0021] La ventaja del procedimiento de acuerdo con la invención a la vista de los conocidos algoritmos de Sobre-muestreo bilateral conjunto es que la complejidad de cálculo puede ser reducida, utilizando tablas de área sumadas en las que se consigue una mayor precisión en los límites de objeto debido a regiones de soporte conectadas.

[0022] A continuación, la presente invención se explica con más detalle en relación a las figuras 2 a 6.

[0023] Es un inconveniente adicional de la técnica anterior que durante el Sobre-muestreo de mapas de disparidad de baja resolución por filtros de coeficiente fijo, tales como bicúbico y bilineal, los bordes de disparidad no corresponden a bordes de color, lo que causa artefactos en los límites de objeto y no proporciona corrección de asignaciones de disparidad erróneas. No obstante, el Sobre-muestreo debe preservar la información de borde, así como también mapa de disparidad suave en las regiones sin textura, proporcionando corrección de disparidad. De esta manera, la presente invención aumenta primero el mapa de disparidad de baja resolución al tamaño de imagen de alta resolución original mediante interpolación de vecino más próximo ampliamente utilizada, tal como se da en la ecuación (B). En (B), *HighDisp* y *LowDisp* corresponden a mapas de disparidad de alta y baja resolución, S_H y S_V corresponden al factor de aumento horizontal y vertical entre dos resoluciones. Los valores de disparidad también son aumentados por el factor de aumento horizontal, ya que la disparidad se define entre el eje horizontal y está directamente relacionada con la anchura de las tramas estéreo.

$$HighDisp(x, y) = s_H \cdot LowDisp(x/s_H, y/s_V) \quad (B)$$

[0024] El aumento en la ecuación (B) no es adecuado para proporcionar un mapa de disparidad sobre muestreado de alta precisión. Por lo tanto, la operación de filtrado de la región de soporte adaptativo se realiza para refinar el mapa de disparidad. De acuerdo con una región de soporte adaptativa, la idea puede usarse para estimar mapas de disparidad entre pares estéreo.

[0025] Sin embargo, la presente invención aprovecha la idea de región de soporte adaptativa para sobre muestrear y suavizar mapas de disparidad de baja resolución de acuerdo con la imagen en color de alta resolución en lugar de la estimación de mapa de disparidad estéreo. Los valores de coste de dispersión pueden agregarse entre regiones de soporte y a los píxeles se asignan los valores de disparidad que proporcionan un coste mínimo. En la presente invención, se utiliza una región de soporte adaptativa para filtrar mapas de disparidad. La región de soporte adaptativa para cada píxel se determina detectando los límites de intensidad vertical y horizontal en la imagen en color de alta resolución.

[0026] Como se muestra en la figura 2, para cada píxel se realiza una búsqueda en cuatro direcciones (arriba, abajo, izquierda y derecha) para determinar la vecindad basada en color. En cualquier dirección, la búsqueda continúa hasta que se alcanza el primer píxel cuya diferencia de intensidad absoluta con el píxel central se encuentre por encima de un umbral predeterminado, que realmente forma el límite en la dirección correspondiente. Por lo tanto, para cada píxel se determinan cuatro límites en cuatro direcciones que definen límites de región de píxel similares basada en color. Esta búsqueda se puede realizar para cada píxel independientemente que realmente aumenta la complejidad de cálculo a medida que aumenta el ancho de búsqueda. Sin embargo, de acuerdo con esta invención, la detección de límite se realiza de una manera computacionalmente eficiente imponiendo límites de píxeles vecinos durante la búsqueda de un píxel. Como se ilustra en la figura 3, antes de la detección de límite de un píxel, se han detectado los límites de píxeles vecinos izquierdo (con índice 1) y superior (con índice 2) en el orden de exploración. La búsqueda de límite horizontal del píxel (círculo negro) comienza desde los límites izquierdo (L1) y derecho (R1) del píxel vecino izquierdo, si la diferencia de intensidad de L1 con el píxel correspondiente es inferior (superior) del umbral predeterminado, la búsqueda continúa en la dirección izquierda (derecha); si la diferencia de intensidad de R1 y el píxel central es inferior (superior) al umbral, la búsqueda continúa en la dirección derecha (izquierda). También se sigue el mismo procedimiento durante la detección de límite vertical; la búsqueda de límite en dirección ascendente comienza desde el límite superior (U2) del píxel superior vecino y la dirección se determina de acuerdo con la diferencia de intensidad entre U2 y el píxel central. Si la diferencia es inferior (superior) al umbral, la búsqueda continúa hacia arriba (hacia abajo). La búsqueda de límite en sentido descendente comienza desde el límite inferior (D2) del píxel vecino superior y la dirección de búsqueda se determina a partir de la diferencia de intensidad. Si la diferencia absoluta es inferior (superior) al umbral, la búsqueda se realiza en dirección descendente (ascendente). La utilización de los límites de los píxeles vecinos proporciona una disminución del rango de búsqueda, lo que realmente ahorra casi el 50% del cálculo de la búsqueda de límite. La idea en esta búsqueda es lógica, ya que los píxeles vecinos coloreados similarmente tienen límites próximos, por lo tanto se evita búsqueda innecesaria.

[0027] Una vez que son determinados los límites para cada píxel en la imagen de color de alta resolución (límite superior UB, límite inferior DB, LB izquierdo y RB derecho), la siguiente etapa implica el promedio de los valores de disparidad aprovechando los límites y los mapas de disparidad. La región de soporte adaptativa para un píxel se extrae considerando límites horizontales de los píxeles en el límite vertical del píxel correspondiente como se ilustra en la figura 4. Esta región (3) define los píxeles de color similar localmente alrededor del píxel de una manera eficiente y la siguiente etapa implica una operación de promediado de los valores de disparidad dentro de la región de soporte. Es importante señalar que, calcular el valor de disparidad promedio entre la región de soporte para cada píxel requiere mucho cálculo, y a medida que aumentan los tamaños de la región de soporte, tal proceso se vuelve ineficaz. Por lo tanto, se utilizan tablas de área sumadas para realizar un promedio eficiente y ser independiente del tamaño de la región. Las tablas de área sumadas o imágenes de integral son herramientas vitales para el filtrado de cajas eficiente, cuyos coeficientes son todos iguales, es decir, filtros de promedio. La imagen de integral de una imagen se obtiene mediante la ecuación (C), donde cada valor de píxel implica la suma de los valores antes de ese píxel como se ilustra en la figura 5, la suma de los píxeles (4).

$$Integral(x, y) = \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y I(i, j) \quad (C)$$

[0028] Una vez que se calcula la imagen integral, los valores medios dentro de una ventana de caja (rectángulo) pueden calcularse con la siguiente operación (ecuación D) independiente del tamaño de ventana.

$$AverageVal(x) = \frac{Integral(p4) + Integral(p1) - Integral(p2) - Integral(p3)}{TotalArea} \quad (D)$$

[0029] La misma idea puede ser explotada para el promedio de la región de soporte arbitraria por imágenes de integral horizontal y vertical ortogonales, que implican realmente dos integraciones 1D en lugar de una integración 2D. De esta manera, inicialmente se construye la imagen de integral horizontal del mapa de disparidad aumentado de vecino más próximo (ecuación E), donde cada fila se trata de forma independiente y la integral se calcula entre columnas consecutivas.

$$HorInt(x, y) = \sum_{i=0}^{\infty} HighDisp(i, y) \quad (E)$$

[0030] Se puede utilizar la imagen de integral horizontal del mapa de disparidad para determinar fácilmente la suma de valores de disparidad dentro de un límite horizontal próximo (ecuación F), por lo que para cada fila ilustrada en la figura 6 se calcula el valor de disparidad total entre los límites horizontales (píxeles de color gris horizontales) y determinándose el valor de disparidad total mediante el sumatorio de estos valores en dirección vertical empezando desde el píxel a al píxel b como se da en la ecuación (G).

$$HSum(x, y) = HorInt(RB(x, y), y) - HorInt(LB(x, y), y) \quad (F)$$

$$Sum(x, y) = \sum_{i=UB(x,y)}^{DB(x,y)} HSum(x, i) \quad (G)$$

5 **[0031]** El sumatorio vertical dado en la ecuación (G) puede lograrse también mediante datos de integral también con el fin de disminuir la complejidad de cálculo. De esta manera, los datos de integral vertical de los datos de suma horizontal se obtienen mediante (H),

$$VerInt(x, y) = \sum_{i=0}^y Hsum(x, i) \quad (H)$$

10 y el valor de disparidad total dentro de la región de soporte se obtiene mediante una sustracción entre los datos de integral vertical dados en la ecuación (I). Por lo tanto, la complejidad de cálculo no depende de la longitud del límite vertical, lo que permite la utilización de vecindad más amplia, aumentando la robustez y precisión.

$$Sum(x, y) = VerInt(x, DB(x, y)) - VerInt(x, UB(x, y)) \quad (I)$$

15 **[0032]** La utilización de datos de integral vertical y horizontal proporciona la complejidad de cálculo del filtro de promedio para ser independiente de la anchura de la región adaptativa; de esta manera se puede elegir la anchura de búsqueda horizontal y vertical lo más amplia posible.

20 **[0033]** El valor de disparidad promedio dentro de la región de soporte adaptativa, se calcula finalmente normalizando la suma total con el número de píxeles en la región, lo que se determina también sumando el ancho de los límites horizontales de los píxeles situados entre los límites verticales del píxel correspondiente, como en la ecuación (J).

$$Area(x, y) = \sum_{i=DB(x,y)}^{UB(x,y)} |RB(x, i) - LB(x, i)| \quad (J)$$

25 **[0034]** Al igual que en el sumatorio de valores de disparidad total dentro de una región arbitraria, se pueden utilizar datos de integral vertical y horizontal para calcular el área de la región arbitraria para cada píxel en lugar de la ecuación J, que resulta ser carga desde el punto de vista de cálculo cuando aumenta el tamaño de la región. De esta manera, asignando inicialmente índices de columna a los datos de recuento (*InitCount*) que forman los datos de integral horizontal, se puede calcular el ancho horizontal para cada píxel utilizando los límites horizontales como:

$$\begin{aligned} InitCount(x, y) &= x + 1 \quad x \in (0, anchura); y \in (0, altura) \\ HorCount(x, y) &= InitCount(RB(x, y), y) - InitCount(LB(x, y), y) \end{aligned} \quad (K)$$

35 **[0035]** En la ecuación (K), *HorCount* da la anchura de los límites horizontales para cada píxel; para calcular el número total de píxeles, también se requiere un sumatorio vertical. Por lo tanto, los datos de integral vertical se obtienen a partir de los datos de integral horizontal de la siguiente manera en la ecuación (L):

$$VerCount(x, y) = \sum_{i=0}^y HorCount(x, i) \quad (L)$$

40 **[0036]** Finalmente, el número total de píxeles se puede encontrar mediante la ecuación (M) cuya complejidad de cálculo es insensible al área a diferencia de la solución dada en la ecuación (1J).

$$Area(x, y) = VerCount(x, DB(x, y)) - VerCount(x, UB(x, y)) \quad (M)$$

45 **[0037]** La asignación de disparidad se logra normalizando la suma de valores de disparidad por el área de la región arbitraria como en la ecuación N

$$DispMap(x, y) = \frac{Sum(x, y)}{Area(x, y)} \quad (N)$$

50 **[0038]** Es importante observar que, el procedimiento de Sobre-muestreo propuesto aprovecha el filtro de promedio entre las ventanas locales con forma arbitraria mediante pasadas verticales y horizontales. La utilización de tablas

de área sumadas (datos de integral) proporciona la independencia del algoritmo respecto del área de la región de soporte. De esta manera, el procedimiento propuesto es mucho más rápido que el Sobre-muestreo bilateral conjunto con conservación de borde, que realmente es un algoritmo ampliamente utilizado. Además, durante la detección de límites de región utilizando relaciones de vecindad entre píxeles disminuye enormemente la complejidad de cálculo del algoritmo. La presente invención proporciona regiones de soporte conectadas para cada píxel, que tienen una relación compacta, que no es el caso en el sub muestreo bilateral, y precisión aumentada.

[0039] A continuación, se describe una realización, en la que el procedimiento de la invención es una combinación de ocho etapas.

Etapa 1: Aumento hasta la resolución deseada del mapa de profundidad de entrada de baja resolución por interpolación de vecino más próximo.

Etapa 2: Detección de los límites horizontales y verticales de cada píxel en la imagen en color de alta resolución en función de las diferencias de intensidad. Para disminuir la complejidad cálculo, aprovechar límites de píxeles vecinos para iniciar la búsqueda de límite. Por lo tanto, para cada píxel se detectan *RB* límite derecho, *LB* límite a izquierdo, *UB* límite superior y *LB* límite inferior.

Etapa 3: Obtención del mapa de disparidad de integral horizontal utilizando la siguiente fórmula (E) independientemente para cada fila.

$$HorInt(x, y) = \sum_{i=0}^x Disp(i, y) \quad (E)$$

Etapa 4: Para cada píxel, calcular la suma de valores de disparidad entre la dirección horizontal utilizando la imagen de integral horizontal y los límites horizontales (izquierdo y derecho *LB*, *RB*).

$$HSum(x, y) = HorInt(RB(x, y), y) - HorInt(LB(x, y), y) \quad (F)$$

Etapa 5: Obtención de la integral vertical del mapa de disparidad sumado horizontalmente, integrando independientemente sobre cada columna.

$$VerInt(x, y) = \sum_{i=0}^y Hsum(x, i) \quad (H)$$

Etapa 6: Para cada píxel, calcular los valores de disparidad total entre la región de soporte arbitraria mediante una sustracción de los límites inferior y superior sobre los datos de integral verticales extraídos en la etapa 5.

$$Sum(x, y) = VerInt(x, DB(x, y)) - VerInt(x, UB(x, y)) \quad (I)$$

Etapa 7: Calcular el área total de la región de soporte arbitraria para cada píxel mediante datos de integral vertical y horizontal. En primer lugar, formar la integral horizontal, y calcular anchuras de límite horizontal para cada píxel; luego formar los datos de integral vertical de los límites horizontales.

Finalmente, calcular el sumatorio vertical de los datos de anchura horizontal utilizando los límites verticales, lo que da el área de las regiones arbitrarias para cada píxel.

$$InitCount(x, y) = x + 1 \quad x \in (0, anchura); y \in (0, altura)$$

$$HorCount(x, y) = InitCount(RB(x, y), y) - InitCount(LB(x, y), y) \quad (K)$$

$$VerCount(x, y) = \sum_{i=0}^y HorCount(x, i) \quad (L)$$

$$Area(x, y) = VerCount(x, DB(x, y)) - VerCount(x, UB(x, y)) \quad (M)$$

Etapa 8: El valor de disparidad final para cada píxel se obtiene normalizando el valor de suma determinado en la etapa 6 por área de soporte calculada en la etapa 7.

$$DispMap(x, y) = \frac{Sum(x, y)}{Area(x, y)} \quad (N)$$

[0040] Con respecto a la figura 7, se explica a continuación un dispositivo de Sobre-muestreo de datos de profundidad.

[0041] El dispositivo de sub muestreo de datos de profundidad, es un dispositivo que aumenta la resolución de datos de profundidad dependiendo de la imagen en color de alta resolución. Los datos de profundidad corresponden a la estructura 3D que se puede obtener mediante un estimador de profundidad estéreo (multi-view [vistas múltiples]) o sensores activos (IR o láser) que aprovechan la técnica time-of-flight (tiempo de vuelo). Por lo tanto, el proveedor de contenidos 3D (101) proporciona imágenes de vídeo estéreo digitales (multiview [vistas múltiples]), imágenes, imágenes, tramas (vistas múltiples) estereoscópicas de película impresa escaneadas o color y sus datos de

profundidad de baja resolución medidos hasta una unidad de procesamiento 3D (102). El contenido en estereoscópico 3D o en múltiples vistas puede proporcionarse a través de un sistema de difusión en directo, o de un soporte de almacenamiento, en el que puede ser proporcionada la profundidad de color superior a través de un sensor activo que conlleva transmisor y receptor IR o láser, capturando datos de profundidad y una cámara para captura de datos de color.

[0042] La unidad de procesamiento en 3D (102) es un dispositivo que explota datos 3D para varias aplicaciones, de manera que la unidad (102) puede ser parte de un sistema de TV 3D, un ordenador especializado para aplicaciones 3D o un procesador incorporado en sensores activos para proporcionar datos de profundidad procesados.

[0043] Dependiendo del tipo de los datos de entrada, la unidad de procesamiento 3D (102) puede conllevar una unidad estimadora de profundidad (103) para contenido estereoscópico o de múltiples vistas, que conlleva una unidad de Sobre-muestreo de profundidad (105) y una unidad de procesamiento basada en profundidad (106). Para el contenido estereoscópico o de múltiples vistas, se requiere extraer datos de profundidad, de esta manera, la unidad estimadora de profundidad (103) está especializada en estimar la estructura 3D. En una unidad estimadora de profundidad (103), se requiere una unidad de sub muestreo (107) para disminuir la resolución de los datos de entrada de modo que se pueda lograr un procesamiento rápido especialmente para sistemas en tiempo real de televisores 3D. El sub muestreo reduce el número de hipótesis de profundidad y el número de píxeles en las imágenes, lo que permite una baja complejidad de cálculo. A esta unidad le sigue un estimador de profundidad estereoscópica (múltiples vistas) o una unidad de correspondencia (104) que extrae la estructura 3D por correspondencia de píxeles. Aprovechando los datos sub muestreados, la salida del estimador de profundidad (104) es un mapa o mapas de profundidad de baja resolución de tramas estereoscópicas o de múltiples vistas. En la mayoría de los casos, se requiere que los datos de profundidad de baja resolución sean sobre muestreados especialmente para aplicaciones basadas en profundidad en televisores 3D y ordenadores. Los datos de profundidad proporcionados por sensores activos también son de baja resolución y el Sobre-muestreo es vital para diversas aplicaciones, tal como síntesis de vistas virtuales. La invención se refiere en particular a un dispositivo de Sobre-muestreo de profundidad (105) y al procedimiento correspondiente, que son importantes para unidades de procesamiento en 3D de casi todas las aplicaciones. El dispositivo de Sobre-muestreo de profundidad (105) obtiene dos entradas, datos de profundidad de baja resolución y la correspondiente vista en color de alta resolución. Para el caso estereoscópico o de múltiples vistas, los datos de profundidad pueden pertenecer a cualquiera de las vistas y sus datos de color están disponibles para el caso de profundidad de color plus, ambos se proporcionan a través de un dispositivo de captura o un proveedor de contenido 3D (101). El dispositivo de Sobre-muestreo de profundidad (105), emite datos de profundidad de alta resolución para la correspondiente vista en color de alta resolución siguiendo las etapas explicadas en la figura 1. Los datos de profundidad de alta resolución pueden ser utilizados por otra unidad en la unidad de procesamiento 3D (102). La unidad de procesamiento basada en profundidad (106) es un módulo que realiza cualquier aplicación dirigida por profundidad implicando síntesis de vistas virtuales, incrustación de visualización de escenas, realce basado en profundidad. Dependiendo del tipo de unidad de procesamiento 3D, la unidad de procesamiento basada en profundidad (106) puede mostrar variaciones. Por ejemplo, para televisores 3D, la unidad de procesamiento basada en profundidad (106) puede implicar ajuste de profundidad adaptativo mediante síntesis de vista virtual o mejora basada en profundidad. Para un ordenador que proporciona datos de profundidad de alta resolución puede ser suficiente o visita virtual dentro del contenido en 3D puede lograrse mediante síntesis de vistas virtuales. Para un procesador incorporado en un sensor activo, puede ser suficiente proporcionar datos de profundidad de alta resolución.

[0044] En resumen, la presente invención proporciona un procedimiento y un dispositivo para Sobre-muestreo de datos de profundidad de baja resolución de una secuencia de vídeo hasta a una resolución más alta. En particular, la invención proporciona la capacidad para que los sistemas que estiman mapas de profundidad procesen a resoluciones más bajas de modo que se reduce la complejidad de cálculo, en el que los mapas de profundidad estimados se sub muestrean a la resolución de vídeo original. Además, también se proporciona el registro de información de profundidad de baja resolución recopilada desde sensores activos a imagen en color de alta resolución.

[0045] El procedimiento de Sobre-muestreo de acuerdo con la invención se consigue básicamente aumentando hasta la resolución deseada los datos de profundidad de baja resolución por medio de una conocida interpolación de vecino más próximo que no conserva los bordes de color y de profundidad. El procedimiento de la invención implica además la detección para cada píxel de regiones de configuración adaptativas pixel que definen grupos de píxeles similares en color de la imagen en color de alta resolución, lo que se logra mediante búsqueda de límite vertical y horizontal que limita la variación de color interior. Durante la búsqueda de límite, se restringen los límites de píxeles vecinos para disminuir la complejidad de cálculo. Una vez que se determinan los límites vertical y horizontal, se aplica un filtro de promedio entre la región de forma arbitraria, utilizando de datos de integral horizontal y vertical del mapa de disparidad. Los datos de integral permiten un cálculo rápido insensible al aumento de tamaño de ventana. La operación de promediado dentro de grupos de píxeles similares en color proporciona nitidez, especialmente en los límites de objeto, y datos de profundidad de alta resolución suaves, donde las regiones erróneas también se corrigen de alguna manera. La ventaja del procedimiento propuesto sobre el conocido algoritmo de muestreo bilateral conjunto es la menor complejidad de cálculo mediante la utilización de tablas de área sumadas y una mayor precisión en los límites de los objetos debido a región de soporte conectada. La invención se puede extender a la extracción de profundidad (disparidad) para vídeos capturados a través de múltiples cámaras además de estéreo analizando imágenes por parejas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para procesar datos de imagen tridimensional mediante sobre-muestreo de datos de profundidad de baja resolución, en el que dichos datos de profundidad se registran para unos datos de color de una imagen de color de alta resolución mediante mapeado de homografía, que comprende las etapas sucesivas siguientes:

- 5 - aumento, hasta la resolución de dicha imagen en color de alta resolución, de los datos de profundidad de baja resolución para obtener un mapa de disparidad aumentada, utilizando una interpolación de vecino más próximo (10),
- detectar los límites horizontales y verticales para cada píxel de dicha imagen en color de alta resolución (20) basándose en diferencias de intensidad, en donde en dicha detección para cada píxel se realiza una búsqueda en cuatro direcciones y dicha búsqueda continúa hasta alcanzar un primer píxel que define dicho límite horizontal o
- 10 vertical en la dirección correspondiente y cuya diferencia de intensidad absoluta con el píxel central se encuentra por encima de un umbral predeterminado,
- combinar el mapa de disparidad aumentada y los límites vertical y horizontal detectados (30), aplicando un filtro de promedio entre una región con forma arbitraria que se determina por búsqueda de límites vertical y horizontal que delimitan la variación de color dentro del umbral predeterminado, mediante la utilización de datos de integral horizontal y vertical del mapa de disparidad aumentada para obtener un mapa de disparidad de alta resolución,
- 15 en el que dicho filtro de promedio realiza un filtrado entre el mapa de disparidad aumentada de vecino más próximo utilizando ventanas de soporte adaptativas detectadas mediante el procesamiento de las imágenes de color de alta resolución, en donde las ventanas de soporte adaptativas se determinan detectando los límites vertical y horizontal para cada píxel, en donde para cada píxel se realiza entonces el promediado de los valores de disparidad entre los
- 20 límites detectados de los píxeles vecinos situados dentro de los límites de los píxeles correspondientes.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el promedio de los valores de disparidad se realiza utilizando tablas de área sumadas del mapa de disparidad aumentada del vecino más próximo en direcciones horizontal y vertical.

25 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la imagen de integral horizontal del mapa de disparidad aumentada de vecino más próximo se calcula mediante la ecuación

$$HorInt(x, y) = \sum_{i=0}^x HighDisp(i, y)$$

30 en el que cada fila se trata independientemente y la integral se calcula entre columnas consecutivas y en el que para cada píxel, se calcula la suma de valores de disparidad en dirección horizontal, utilizando la imagen de integral horizontal y los límites horizontales de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$35 HSum(x, y) = HorInt(RB(x, y), y) - HorInt(LB(x, y), y)$$

donde LB son límites a izquierda y RB son límites a derecha.

40 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la integral vertical del mapa de disparidad sumado horizontalmente se obtiene integrando sobre cada columna independientemente mediante la siguiente ecuación:

$$VerInt(x, y) = \sum_{i=0}^y Hsum(x, i)$$

45 en el que los valores de disparidad total se calculan para cada píxel entre la región de soporte arbitraria mediante una sustracción de límites inferior y superior sobre los datos de integral vertical que dan como resultado Sum(x, y), en el que el área total de la región de soporte con forma arbitraria para cada píxel Area(x, y) se calcula mediante datos de integral vertical y horizontal, y en el que el valor de disparidad final para cada píxel se calcula normalizando el valor de suma Sum(x, y) por el área de soporte Area(x, y) mediante la ecuación

$$50 Disp(x, y) = \frac{Sum(x, y)}{Area(x, y)}$$

5. Dispositivo para procesar datos de imagen tridimensional mediante sobre-muestreo de datos de profundidad de baja resolución, en el que dichos datos de profundidad se registran en unos datos de color de una imagen en color de alta resolución mediante mapeado de homografía, que comprende

- 55 - una unidad de estimación de profundidad (103) que proporciona los datos de profundidad de baja resolución,
- una unidad de sobre-muestreo de profundidad (105) que combina los datos de profundidad de baja resolución de la unidad de estimación de profundidad (103) y los correspondientes datos de color de alta resolución para procesar un

mapa de disparidad de alta resolución, en el que los datos de profundidad de baja resolución se aumentan hasta resolución de dicha imagen en color de alta resolución, utilizando una interpolación de vecino más próximo para obtener un mapa de disparidad aumentada,

5 en el que se detectan los límites horizontal y vertical para cada píxel de una imagen en color de alta resolución basándose en diferencias de intensidad, en donde en dicha detección para cada píxel se realiza una búsqueda en cuatro direcciones y continuándose dicha búsqueda hasta alcanzar un primer píxel que define dicho límite horizontal o vertical en la dirección correspondiente y cuya diferencia de intensidad absoluta con el píxel central se encuentra por encima de un umbral predeterminado,

10 en el que los datos de profundidad de baja resolución corresponden a la imagen en color de alta resolución y en el que el mapa de disparidad aumentada y los límites vertical y horizontal detectados se combinan aplicando un filtro de promedio entre una región con forma arbitraria determinada por búsqueda de límites vertical y horizontal que delimitan la variación de color dentro del umbral predeterminado, mediante la utilización de datos de integral horizontal y vertical del mapa de disparidad aumentada para obtener el mapa de disparidad de alta resolución,

15 en el que el filtro de promedio realiza un filtrado entre el mapa de disparidad aumentada de vecino más próximo, utilizando de ventanas de soporte adaptativas, detectadas mediante procesamiento de las imágenes en color de alta resolución, en donde las ventanas de soporte adaptativas se determinan detectando los límites vertical y horizontal para cada píxel, en donde para cada píxel se realiza entonces el promedio de los valores de disparidad entre los límites detectados de los píxeles vecinos situados dentro de los límites de los píxeles correspondientes.

20 6. Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque el promedio de los valores de disparidad se realiza utilizando de tablas de área sumadas del mapa de disparidad aumentada de vecino más próximo en direcciones horizontal y vertical.

25 7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 5 ó 6, en el que la imagen de integral horizontal del mapa de disparidad aumentada de vecino más próximo se calcula mediante la ecuación

$$HorInt(x, y) = \sum_{i=0}^x HighDisp(i, y)$$

30 en el que cada fila se trata independientemente y la integral se calcula entre columnas consecutivas y en el que para cada píxel se calcula la suma de valores de disparidad en dirección horizontal, utilizando la imagen de integral horizontal y los límites horizontales de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$HSum(x, y) = HorInt(RB(x, y), y) - HorInt(LB(x, y), y)$$

35 donde LB son límites a izquierda y RB son límites a derecha.

8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que la integral vertical del mapa de disparidad horizontalmente sumada se obtiene integrando sobre cada columna independientemente mediante la siguiente ecuación:

40

$$VerInt(x, y) = \sum_{i=0}^y Hsum(x, i)$$

en el que los valores de disparidad total se calculan para cada píxel entre la región de soporte arbitraria mediante una sustracción de límites inferior y superior sobre los datos de integral vertical que dan como resultado Sum(x, y)

45 en el que el área total de la región de soporte con forma arbitraria para cada píxel Area(x, y) se calcula mediante datos de integral vertical y horizontal,

y en el que el valor de disparidad final para cada píxel se calcula normalizando el valor de suma Sum(x, y) por el área de soporte Area(x, y) mediante la ecuación

$$Disp(x, y) = \frac{Sum(x, y)}{Area(x, y)}$$

50

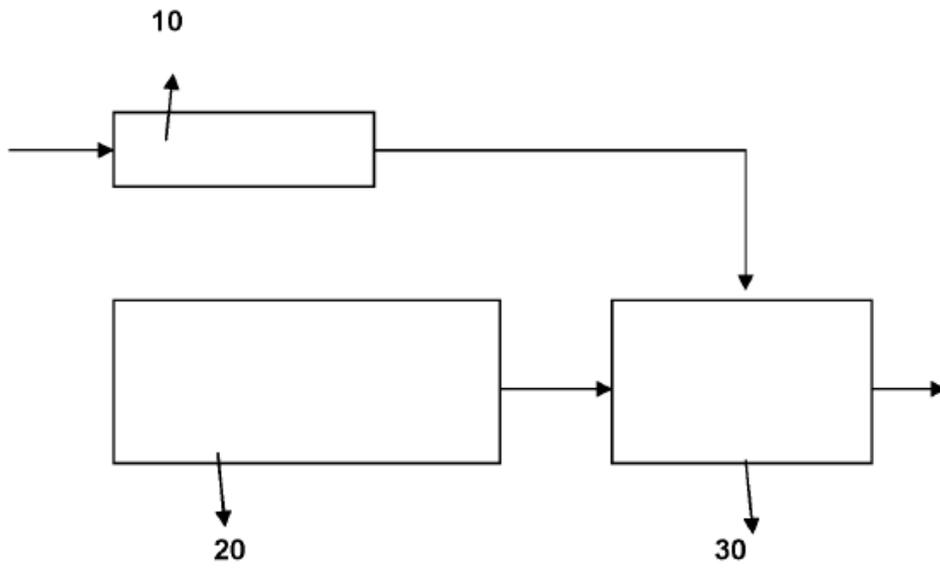


Figura - 1

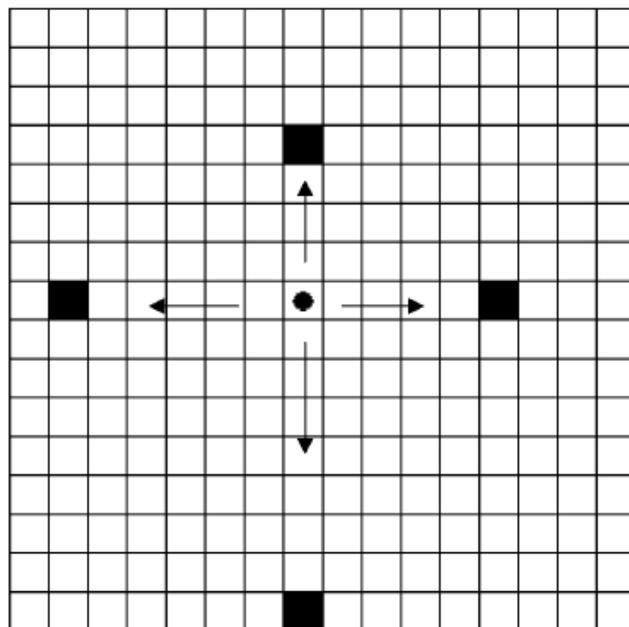


Figura - 2

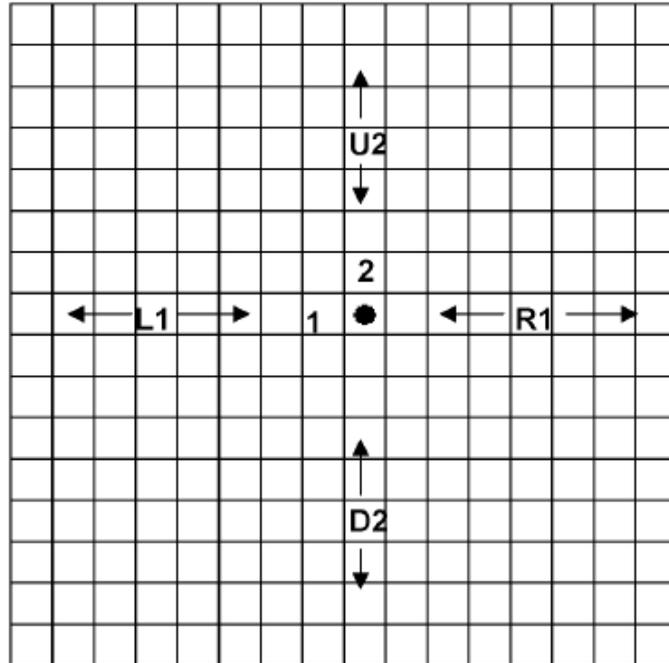


Figura - 3

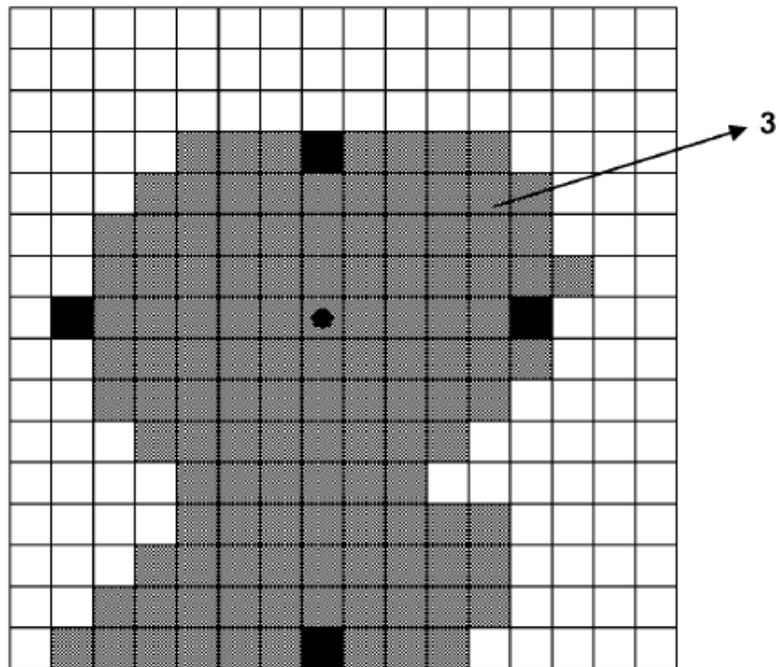


Figura - 4

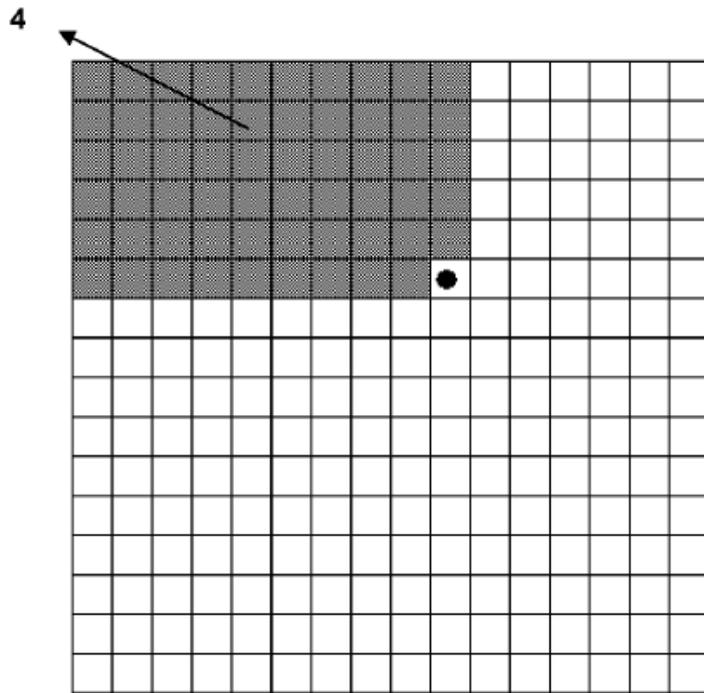


Figura - 5

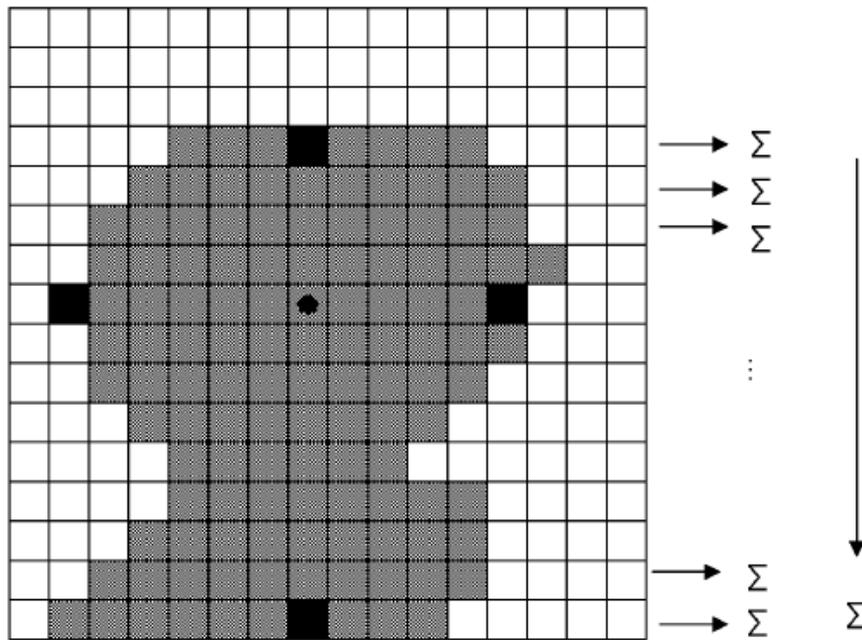


Figura - 6

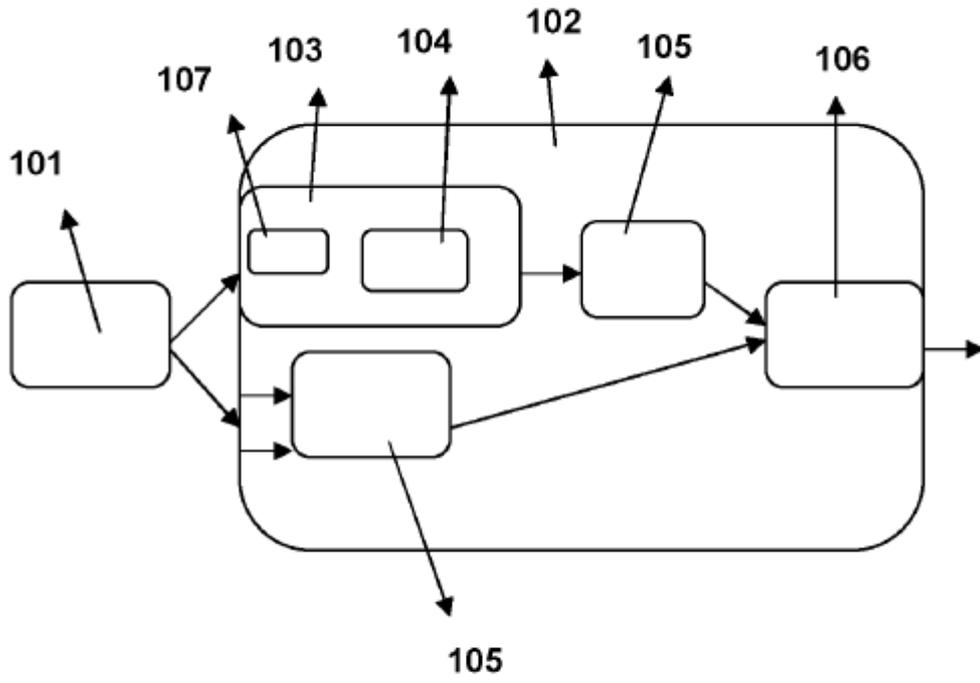


Figura - 7

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

10

• US 2010110070 A1 [0003]

• US 20080267494 A1 [0004]