

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 653 841**

51 Int. Cl.:

G06T 7/529 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2012** E 12172821 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017** EP 2677496

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar una imagen de profundidad**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.02.2018

73 Titular/es:
VESTEL ELEKTRONIK SANAYI VE TICARET A.S.
(100.0%)
Organize Sanayi Bölgesi
45030 Manisa, TR

72 Inventor/es:
BASTUG, AHMET y
OZER, NURI

74 Agente/Representante:
ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 653 841 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 y dispositivo para determinar una imagen de profundidad

5 Ámbito técnico

[0001] Las diversas realizaciones se refieren en general al procesamiento de imágenes. Además, varias realizaciones se refieren a un procedimiento y a un dispositivo para determinar una imagen de profundidad.

10 Antecedentes

[0002] Con el desarrollo y el éxito de las tecnologías de tres dimensiones (3D), su aplicación no se limita a películas 3D en cines, sino que se extiende a la electrónica doméstica, como televisores 3D y otros productos de consumo 3D. La visión 3D o visión estereoscópica pueden crearse, en general, presentando dos conjuntos de imágenes ligeramente diferentes a un espectador, donde un conjunto incluye imágenes del ojo izquierdo correspondientes a un punto de vista del ojo izquierdo y el otro incluye imágenes del ojo derecho correspondientes al punto de vista del ojo derecho. Las pantallas 3D (p. ejemplo, TRC, LCD, plasma, etc.) muestran las vistas del ojo izquierdo y del ojo derecho en la misma superficie, y mediante multiplexado temporal o espacial, hacen que el ojo izquierdo del espectador solo vea la vista del ojo izquierdo y el ojo derecho solo vea la vista del ojo derecho. Las disparidades entre las dos vistas proporcionan una visión con percepción de profundidad para el espectador, y hacen que el espectador perciba una visión estereoscópica.

[0003] Las imágenes bidimensionales (2D) con múltiples puntos de vista son usualmente necesarias para proporcionar una imagen o video 3D con información de profundidad. Sin embargo, el contenido 3D accesible es escaso, por ejemplo limitado a algunas transmisiones deportivas y documentales obtenidos por costosas tarifas de suscripción. En situaciones en las que solo está disponible el contenido 2D, puede haber una necesidad de convertir dicho contenido 2D en contenido 3D.

[0004] Una aproximación es usar cámaras de tiempo de vuelo (TOF) para producir valores de profundidad para cada píxel en cada trama de imagen, lo que requiere una cámara adicional.

[0005] La publicación de patente de Estados Unidos N° US 2010/0073364 A1 divulga un procedimiento y un aparato que genera un mapa de profundidad para la conversión de 2D a 3D. Un orden de profundidad se restaura a partir de un mecanismo de trazado de línea y un mapa de bordes generado a partir de una imagen 2D de entrada, y generándose una imagen 3D, usando la información de profundidad ordenada. La imagen 2D de entrada es reducida en escala al principio y se genera un mapa de bordes, utilizando valores de luminancia de la imagen. Se genera un mapa de líneas trazando los bordes que son mayores que un umbral predefinido. Se genera un mapa de profundidad que tiene un orden de profundidad secuencial utilizando una pluralidad de líneas del mapa de líneas, cuyo mapa de profundidad se aumenta de escala y se alisa. La imagen 3D se genera utilizando el mapa de profundidad final.

[0006] Otro documento de patente con número: US2007024614A1, divulga un procedimiento para generar un mapa de profundidad a partir de una imagen origen bidimensional para imágenes estereoscópicas y de múltiples vistas. Dicho procedimiento comprende las etapas de identificar un subconjunto de la matriz de píxeles que representa un borde de, al menos, una región local de la imagen de origen, definiéndose el borde mediante un parámetro de imagen predeterminado que tiene un valor estimado que excede un umbral predefinido; asignar a cada píxel dentro de dicho subconjunto, un valor de profundidad en función del valor estimado correspondiente del parámetro de imagen; alisar el mapa de profundidad a un nivel próximo a saturación, de modo que se seleccionen y minimicen las regiones disociadas alrededor de cada borde; usar un algoritmo de representación basado en imagen de profundidad (DIBR) para crear una pluralidad de imágenes desviadas procesando la imagen de origen, basándose en el mapa de profundidad; y seleccionar de entre la imagen de origen y la pluralidad de imágenes desviadas más de una pareja de imágenes estereoscópicas, para dar la impresión de ser capturadas desde diferentes posiciones de cámara. Sin embargo, dicho documento divulga el procesamiento de un solo nivel del mapa de bordes.

50 Resumen

[0007] Las diversas realizaciones proporcionan un procedimiento y un dispositivo para determinar una imagen de profundidad para una imagen digital, como se define en las reivindicaciones adjuntas 1 y 7.

55 Breve descripción de los dibujos

[0008] En los dibujos, los caracteres de referencia similares generalmente hacen referencia a las mismas partes a lo largo de las diferentes vistas. Los dibujos no están necesariamente a escala, en general, se hace hincapié en ilustrar los principios de la invención. En la siguiente descripción, se describen diversas realizaciones con referencia a los siguientes dibujos, en los que:

La figura 1 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo de acuerdo con una realización.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo de acuerdo con una realización.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo de acuerdo con otra realización.

La figura 4 ilustra la reducción de escala de la imagen de acuerdo con una realización.

La figura 5 ilustra el filtrado de bordes de acuerdo con una realización.

La figura 6 ilustra la reducción de escala filtrada máxima de acuerdo con una realización.

La figura 7 ilustra la reducción de escala filtrada media de acuerdo con una realización.

La figura 8 ilustra el filtrado de paso bajo de acuerdo con una realización.

La figura 9 ilustra el aumento de escala del mapa de bordes de acuerdo con una realización.

La figura 10 ilustra la mezcla del mapa de bordes de acuerdo con una realización.

5 La figura 11 ilustra una función de correlación entre un mapa de bordes y un mapa de profundidad de acuerdo con una realización.

La figura 12 muestra un sistema de imagen de acuerdo con una realización.

Descripción detallada

10

[0009] Las diversas realizaciones proporcionan un procedimiento y un dispositivo para determinar una imagen de profundidad para una imagen digital. Las formas de realización proporcionan información de profundidad más precisa para imágenes bidimensionales o videos con un bajo costo de cálculo, de modo que la imagen o video 2D se pueden convertir a imágenes o videos 3D usando la imagen de profundidad determinada.

15

[0010] Las diversas realizaciones se refieren a un procedimiento para determinar una imagen de profundidad para una imagen digital que incluye una pluralidad de elementos de imagen (también denominados píxeles). El procedimiento puede incluir el filtrado de los bordes la imagen digital para determinar un mapa de bordes, en donde el mapa de bordes incluye una pluralidad de valores de borde y cada valor de borde está asociado con, al menos, un elemento de imagen; determinar para cada valor de borde, si el valor de borde es superior a un valor de umbral predefinido; si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, aumentar el valor de borde para determinar un mapa de bordes procesado; y determinar la imagen de profundidad usando el mapa de bordes procesado.

20

[0011] En una realización, si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde puede aumentarse dependiendo de la diferencia entre el valor de borde y el valor de umbral predefinido.

25

[0012] En otra realización, la determinación de si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido puede incluir determinar un valor de diferencia entre un valor de borde máximo y un valor de borde mínimo dentro de una región adyacente predefinida, y determinar si el valor de diferencia es superior al valor de umbral predefinido. Si el valor de diferencia es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde puede aumentarse dependiendo de la diferencia entre el valor de borde máximo dentro de la región adyacente predefinida y el valor de umbral predefinido.

30

[0013] La imagen digital puede ser una imagen 2D, por ejemplo, una imagen capturada por una cámara desde un único punto de vista. La imagen digital puede ser una trama de imagen de un video que incluye una secuencia de tramas de imagen. Con fines de simplificación, el procedimiento y el dispositivo de esta descripción se describen en relación a imágenes, pero se entiende que el procedimiento y el dispositivo de las realizaciones pueden aplicarse de manera similar a cada trama de imágenes del video para procesar el video completo.

35

[0014] En una realización, el filtrado de borde puede incluir determinar, para cada elemento de imagen de la imagen digital, un valor de elemento de imagen máximo asociado con un elemento de imagen en una región adyacente predefinida del elemento de imagen respectivo y un valor de elemento de imagen mínimo asociado con un elemento de imagen en una región adyacente predefinida del elemento de imagen respectivo. Se puede determinar un valor de diferencia entre el valor máximo del elemento de imagen y el valor mínimo del elemento de imagen, y el valor de diferencia puede asociarse a, al menos, un respectivo elemento de imagen. Cada valor de borde asociado con, al menos, un elemento de imagen se puede determinar basándose en el valor de diferencia. En esta realización, el filtrado de borde puede incluir un filtrado máximo-mínimo. En otras realizaciones, el filtrado de borde puede incluir otro filtrado adecuado para detectar los bordes, tal como por ejemplo filtrado de máximo y filtrado de promedio.

40

[0015] En una realización, la imagen digital puede ser una imagen en escala de grises. El valor del elemento de imagen descrito en las realizaciones anteriores puede referirse al valor de intensidad del elemento de imagen en la imagen de escala de grises.

45

[0016] En otra realización, la imagen digital puede ser una imagen en color, que puede representarse usando modelos de color existentes, tales como modelos de color RGB (rojo, verde, azul) y CMYK (cian, magenta, amarillo y negro), en donde los respectivos valores de color (en general valores de elementos de imagen) están asociados con uno o más elementos de imagen. El valor del elemento de imagen descrito en las realizaciones anteriores puede referirse a un valor medio ponderado de los valores del componente de color. En un ejemplo ilustrativo en el que la imagen digital es una imagen RGB, la imagen RGB puede convertirse a un espacio de color YCbCr, que incluye un componente Y que representa el componente de luminancia y componentes Cb y Cr que representan los componentes de crominancia de diferencia azul y de diferencia de rojo. En este ejemplo, el valor del elemento de imagen descrito en las realizaciones anteriores puede referirse al valor del componente Y del elemento de imagen de la imagen en color.

50

55

[0017] En una realización, si el valor de borde no es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde puede mantenerse sin cambios.

[0018] De acuerdo con una realización, el mapa de bordes se reduce de escala al menos una vez. La determinación para cada valor de borde si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido se puede llevar a cabo para cada valor de borde del mapa de bordes reducido en escala.

60

[0019] En una realización, la, al menos, una reducción de escala del mapa de bordes puede incluir una reducción de escala filtrada máxima. El valor de borde máximo dentro de una región adyacente predefinida en el mapa de bordes se puede asignar a cada elemento del mapa de bordes reducido en escala.

[0020] En otra realización, la, al menos una reducción a escala del mapa de bordes puede incluir además una reducción de escala adaptativa. La reducción de escala adaptativa puede incluir una reducción de escala filtrada de promedio, en la que el valor de borde promedio dentro de una región adyacente predefinida en el mapa de bordes se

65

puede asignar a cada elemento del mapa de bordes reducido. El mapa de bordes reducido en escala puede procesarse adicionalmente, determinando, para cada elemento del mapa de bordes reducido en escala, si su valor de borde es superior al valor de umbral predefinido como se describió en las realizaciones anteriores.

[0021] En una realización, se puede llevar a cabo un filtrado de paso bajo del mapa de bordes reducido en escala, al menos una vez, para determinar un mapa de bordes filtrado de paso bajo. El filtrado de paso bajo puede determinar un valor de borde promedio dentro de una región adyacente predefinida de cada elemento del mapa de bordes, al menos una vez, reducido en escala.

[0022] De acuerdo con una realización, el procedimiento puede incluir adicionalmente, al menos, un aumento de escala del mapa de bordes reducido en escala o del mapa de bordes filtrado de paso bajo. La imagen de profundidad puede determinarse utilizando, al menos, el mapa de bordes aumentado en escala una vez.

[0023] En una realización, el aumento de escala puede incluir una interpolación lineal sobre una región adyacente predefinida en el mapa de bordes reducido en escala o en el mapa de bordes filtrado de paso bajo.

[0024] De acuerdo con una realización, antes del filtrado de borde de la imagen digital para determinar el mapa de bordes, la imagen digital puede reducirse de escala una o más veces. El filtrado de bordes en diversas realizaciones se puede llevar a cabo para cada elemento de imagen de la imagen digital reducida en escala.

[0025] En una realización, la imagen de profundidad se puede determinar usando el mapa de bordes procesado a través de una función de correlación lineal por partes. En otra realización, la imagen de profundidad puede determinarse usando el mapa de bordes procesado a través de una función de correlación de curva en S. Otras funciones de correlación adecuadas también se pueden usar en otras realizaciones.

[0026] Otra realización está dirigida a un dispositivo para determinar una imagen de profundidad para una imagen digital que incluye una pluralidad de elementos de imagen (también denominados píxeles). El dispositivo incluye un filtro de borde configurado para filtrar la imagen digital para determinar un mapa de bordes, en el que el mapa de bordes incluye una pluralidad de valores de borde y cada valor de borde está asociado con, al menos, un elemento de imagen. El dispositivo incluye además un procesador configurado para determinar, para cada valor de borde, si el valor de borde es superior a un valor de umbral predefinido; para aumentar el valor de borde para determinar un mapa de bordes procesado cuando el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido; y para determinar la imagen de profundidad usando el mapa de bordes procesado.

[0027] En una realización, el dispositivo incluye además un circuito reductor de escala acoplado al filtro de borde y configurado para, al menos una vez, reducir la escala del mapa de bordes. El procesador está configurado para llevar a cabo la determinación de cada valor de borde cuando el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido para cada valor de borde del mapa de bordes reducido en escala.

[0028] En una realización adicional, el dispositivo puede incluir un filtro paso bajo acoplado al circuito reductor de escala y configurado para determinar un mapa de bordes filtrado de paso bajo a partir del mapa de bordes reducido en escala al menos una vez.

[0029] En una realización, el dispositivo puede incluir además un circuito de aumento de escala acoplado al circuito reductor de escala o al filtro paso bajo y configurado para el aumento de escala, al menos una vez, del mapa de bordes reducido en escala o del mapa de bordes filtrado de paso bajo. El procesador puede configurarse para determinar la imagen de profundidad utilizando, el mapa de bordes aumentado en escala al menos una vez.

[0030] Las diversas realizaciones descritas en el contexto del procedimiento para determinar una imagen de profundidad para una imagen digital son análogamente válidas para el dispositivo, y viceversa.

[0031] Los diversos filtros y circuitos, tales como el filtro de bordes, el procesador, el circuito reductor de escala, el filtro paso bajo y el circuito de aumento de escala, pueden configurarse para llevar a cabo las funciones descritas en el procedimiento de varias formas de realización anteriores.

[0032] En una realización, los diversos "filtros", "procesadores" y "circuitos", comprendidos en el dispositivo de procesamiento de imágenes pueden entenderse como cualquier tipo de entidad de implementación lógica, que puede ser circuitos dedicados o un procesador que ejecuta un software almacenado en una memoria, *firmware* o cualquier combinación de los mismos. De este modo, en una realización, un "filtro", "procesador" o "circuito" puede ser un circuito lógico cableado o un circuito lógico programable tal como un procesador programable, por ejemplo un microprocesador (por ejemplo, un procesador de ordenador de conjunto de instrucciones complejas (CISC) o un procesador de ordenador de conjuntos de instrucciones reducidas (RISC)). Un "filtro", "procesador" o "circuito" también puede ser un procesador que ejecuta un software, por ejemplo cualquier tipo de programa de ordenador, por ejemplo un programa de ordenador que usa un código de máquina virtual como, por ejemplo Java. Cualquier otro tipo de implementación de las funciones respectivas descritas en las realizaciones de esta descripción también puede entenderse como un "filtro", "procesador" o "circuito" de acuerdo con una realización alternativa. En una realización, el dispositivo para determinar una imagen de profundidad puede ser un circuito descrito anteriormente configurado para realizar el procedimiento para determinar una imagen de profundidad para una imagen digital.

[0033] En otra realización, se puede proporcionar un soporte legible por ordenador que tiene un programa almacenado en el mismo, en el que el programa es hacer que una computadora ejecute un procedimiento descrito en las realizaciones anteriores. El soporte legible por computadora puede incluir cualquier dispositivo de almacenamiento de datos, tal como memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), CD-ROM, cintas magnéticas, disquetes y dispositivos ópticos de almacenamiento de datos.

[0034] En este contexto, el dispositivo como se describe en esta descripción puede incluir una memoria que se usa, por ejemplo, en el procesamiento llevado a cabo por el dispositivo. Una memoria utilizada en las realizaciones puede ser

una memoria volátil, por ejemplo, una DRAM (memoria de acceso aleatorio dinámica), o una memoria no volátil, por ejemplo, una PROM (memoria programable de solo lectura), una EPROM (PROM borrable), EEPROM (PROM eléctricamente borrable), o una memoria flash, por ejemplo, una memoria de puerta flotante, una memoria de retención de carga, una MRAM (memoria de acceso aleatorio magneto-resistivo) o una PCRAM (memoria de acceso aleatorio de cambio de fase).

[0035] La figura 1 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo para determinar una imagen de profundidad según varias formas de realización.

[0036] El dispositivo 100 puede implementarse mediante un sistema de ordenador. En diversas realizaciones, el filtro de borde, el procesador, el circuito reductor de escala, el filtro paso bajo y el circuito de aumento de escala también, pueden implementarse como módulos que se ejecutan en uno o más sistemas de ordenador. El sistema de ordenador puede incluir una UCP 101 (unidad central de procesamiento), un procesador 103, una memoria 105, una interfaz de red 107, interfaz de entrada/dispositivos 109 y interfaz/dispositivos de salida 111. Todos los componentes 101, 103, 105, 107, 109, 111 del sistema de ordenador 100 pueden estar conectados y comunicarse entre sí a través de un bus de ordenador 113.

[0037] La memoria 105 puede usarse para almacenar imágenes digitales, mapas de bordes, mapas de bordes procesados, mapas de bordes reducidos en escala, mapas de bordes filtrados de paso bajo, mapas de bordes aumentados en escala, imágenes de profundidad, valores de umbral y valores intermedios usados y determinados de acuerdo con las realizaciones del procedimiento. La memoria 105 puede incluir más de una memoria, tal como RAM, ROM, EPROM, disco duro, etc., en donde algunas de las memorias se usan para almacenar datos y programas y otras memorias se utilizan como memorias de trabajo.

[0038] En una realización, la memoria 105 puede configurarse para almacenar instrucciones para determinar la imagen de profundidad para la imagen digital de acuerdo con diversas realizaciones. Las instrucciones, cuando son ejecutadas por la UCP 101, pueden hacer que la UCP 101 filtre el borde de la imagen digital, determine para cada valor de borde si el valor de borde es superior a un valor de umbral predefinido, aumente el valor de borde para determinar un mapa de bordes procesado cuando el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido y determine la imagen de profundidad utilizando el mapa de bordes procesado. La instrucción también puede hacer que la UCP 101 almacene en la memoria 105 la imagen digital, el mapa de bordes, el mapa de bordes procesado, el mapa de bordes reducido de escala, el mapa de bordes de filtrado de paso bajo, el mapa de bordes aumentado en escala y la imagen de profundidad determinada de acuerdo con el procedimiento de las realizaciones.

[0039] En otra realización, el procesador 103 puede ser un procesador de propósito especial, en este ejemplo, un procesador de imágenes, para ejecutar las instrucciones descritas anteriormente.

[0040] La UCP 101 o el procesador 103, pueden usarse como el dispositivo descrito en diversas realizaciones a continuación, y pueden conectarse a una red interna (por ejemplo, una red de área local (LAN) o una red de área extensa (WAN) dentro de un organización) y/o una red externa (por ejemplo, Internet) a través de la interfaz de red 107.

[0041] La entrada 109 puede incluir un teclado, un ratón, etc. La salida 111 puede incluir una pantalla para visualizar las imágenes procesadas en las realizaciones siguientes.

[0042] La figura 2 muestra un diagrama de flujo de acuerdo con diversas realizaciones.

[0043] Dada una imagen digital 201 que incluye una pluralidad de elementos de imagen, la imagen digital 201, es sometida a filtrado de borde en 203 para determinar un mapa de bordes, donde el mapa de bordes incluye una pluralidad de valores de borde y cada valor de borde está asociado con, al menos, uno elemento de imagen de la imagen digital 201. Existe una relación estadísticamente monótona entre el nivel de nitidez de las regiones de imagen y las profundidades asociadas. Por lo general, las regiones más nítidas están más cerca de un observador, mientras que las regiones más difusas están más lejos del observador. En consecuencia, el mapa de bordes se puede usar como una indicación de nitidez en la determinación de la imagen de profundidad.

[0044] La imagen digital 201 puede recibirse a través de una interfaz de red, o puede almacenarse en un almacenamiento de datos. De acuerdo con una realización, la imagen digital puede reducirse de escala una o más veces. El filtrado de borde y el procesamiento posterior de la imagen digital 201, se pueden llevar a cabo de manera similar en la imagen reducida en escala de acuerdo con ello. En la realización en la que la imagen digital se reduce de escala, cada valor de borde del mapa de bordes puede asociarse con más de un píxel de la imagen digital 201.

[0045] En una realización, la imagen digital 201 puede ser filtrada de borde en 203, determinando para cada elemento de imagen de la imagen digital un valor máximo de elemento de imagen asociado con un elemento de imagen en una región adyacente predefinida del elemento de imagen respectivo y un valor de elemento de imagen mínimo asociado con un elemento de imagen en una región adyacente predefinida del elemento de imagen respectivo. Se puede determinar un valor de diferencia entre el valor máximo del elemento de imagen y el valor mínimo del elemento de imagen, y el valor de diferencia puede asociarse con el, al menos un, elemento de imagen respectivo. Cada valor de borde asociado con, al menos, un elemento de imagen se puede determinar basándose en el valor de diferencia. En esta realización, el filtrado de borde puede incluir un filtrado máximo-mínimo. En otras realizaciones, el filtrado de borde puede incluir otro filtrado adecuado para detectar los bordes, tal como el filtrado máximo y el filtrado promedio.

[0046] En una realización en la que la imagen digital 201 es una imagen en escala de grises, el valor del elemento de imagen descrito en el filtrado de borde puede referirse al valor de intensidad del elemento de imagen en la imagen en escala de grises. En otra realización en la que la imagen digital 201 es una imagen en color, el valor del elemento de imagen descrito en el filtrado de borde puede referirse a un valor medio ponderado de los valores del componente de color del elemento de imagen.

[0047] Después de determinar el mapa de bordes en 203, dicho mapa de bordes se procesa adicionalmente en 205.

[0048] Para cada valor de borde del mapa de bordes, se determina si el valor de borde es superior a un valor umbral predefinido. Cuando el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde se aumenta para determinar un mapa de bordes procesado. Cuando el valor de borde no es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde puede mantenerse sin cambios.

5 **[0049]** En una realización, cuando el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde puede aumentarse dependiendo de la diferencia entre el valor de borde y el valor de umbral predefinido.

[0050] En otra realización, la determinación de si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido puede incluir determinar un valor de diferencia entre un valor de borde máximo y un valor de borde mínimo dentro de una región adyacente predefinida, y determinar si el valor de diferencia es superior al valor de umbral predefinido. Cuando el valor de diferencia es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde puede aumentarse dependiendo de la diferencia entre el valor de borde máximo dentro de la región adyacente predefinida y el valor de umbral predefinido.

10 **[0051]** Según una realización, el procesamiento del mapa de bordes incluye además una reducción de escala del mapa de bordes, al menos una vez, para determinar un mapa de bordes reducido en escala, antes de determinar si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido. La determinación para cada valor de borde si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido se lleva a cabo para cada valor de borde del mapa de bordes reducido en escala. En una realización, al menos una reducción de escala del mapa de bordes puede incluir una reducción de escala filtrada máxima. El valor de borde máximo dentro de una región adyacente predefinida del mapa de bordes se puede asignar a cada elemento del mapa de bordes reducido en escala.

20 **[0052]** En otra realización, la, al menos una, reducción de escala del mapa de bordes puede incluir adicionalmente una reducción de escala adaptativa. La reducción de escala adaptativa puede incluir una reducción de escala filtrado de promedio, en el que el valor de borde promedio dentro de una región adyacente predefinida en el mapa de bordes se puede asignar a cada elemento del mapa de bordes reducido en escala. El mapa de bordes reducido se procesa adicionalmente determinando, para cada elemento del mapa de bordes reducido, si su valor de borde es superior al valor de umbral predefinido como se describió en las realizaciones anteriores.

25 **[0053]** En una realización adicional, se puede llevar a cabo un filtrado de paso bajo del mapa de bordes reducido en escala, al menos una vez, para determinar un mapa de bordes filtrado de paso bajo. El filtrado de paso bajo puede determinar un valor de borde promedio dentro de una región adyacente predefinida de cada elemento del mapa de bordes reducido en escala al menos una vez.

30 **[0054]** De acuerdo con una realización, el mapa de bordes reducido en escala o el mapa de bordes filtrado en bajo paso determinado en las realizaciones anteriores se puede aumentar de escala al menos una vez. En una realización, el aumento de escala puede incluir una interpolación lineal sobre una región adyacente predefinida en el mapa de bordes reducido en escala o el mapa de bordes filtrado de paso bajo.

[0055] La imagen de profundidad puede determinarse usando el mapa de bordes aumentado de escala al menos una vez.

35 **[0056]** Partiendo del mapa de bordes procesado de acuerdo con las realizaciones anteriores o el mapa de bordes aumentado en escala, al menos una vez, en 207 se determina una imagen de profundidad. En una realización, la imagen de profundidad puede determinarse usando el mapa de bordes procesado por medio de una función de correlación lineal por partes. En otra realización, la imagen de profundidad puede determinarse usando el mapa de bordes procesado mediante una función de correlación de curva en S. Otras funciones de correlación adecuadas también se pueden usar en otras realizaciones. Por ejemplo, se puede usar una función de correlación no lineal teniendo en cuenta las características de percepción de profundidad del sistema visual humano de la vida real.

[0057] A continuación se proporciona una descripción detallada de las diversas realizaciones.

[0058] La figura 3 muestra un diagrama de flujo de acuerdo con una realización.

45 **[0059]** Para fines ilustrativos, en las siguientes realizaciones descritas con referencia a la figura 3, como imagen digital se proporciona una imagen RGB, por ejemplo con una resolución de 1920x1080. Debe observarse que las diversas realizaciones también pueden aplicarse a una imagen en color representada en otros modelos de color, o también a una imagen en escala de grises.

50 **[0060]** Dada una imagen RGB 301, se lleva a cabo una conversión de RGB a YCbCr en 303, para convertir la imagen RGB 301 a formato YCbCr. Cada píxel de la imagen 301 puede incluir un componente Y que representa el componente de luminancia, y componentes Cb y Cr que representan los componentes de crominancia de diferencia azul y de diferencia en rojo, respectivamente. A continuación, el componente Y de la imagen de formato YCbCr, se utiliza para un procesamiento posterior. En otras realizaciones, la imagen RGB se puede convertir a otro formato adecuado para obtener la información de luminancia de la imagen para su posterior procesamiento.

55 **[0061]** En una realización, la imagen de componente Y puede reducirse en escala, al menos una vez, en 305. En un ejemplo ilustrativo, la imagen de componente Y puede reducirse en 2x2, de modo que la resolución de la imagen de componente Y disminuye de 1920x1080 a 960x540. La imagen de componente original Y se puede dividir en bloques de 960x540, en donde cada bloque incluye 4 píxeles (2x2). La media de los píxeles dentro de un bloque se determina como el valor de píxel de un píxel en la imagen reducida en escala correspondiente al bloque en la imagen de componente original Y. Como se muestra en la figura 4, los valores de píxeles (por ejemplo, valores del componente Y de los píxeles) de un bloque de píxeles 2x2 en la imagen de componente Y original se agregan en 403, y luego se promedian en 405 para obtener el valor de píxel 407 en la imagen reducida en escala. La operación de reducción de escala en 2x2 se puede llevar a cabo de acuerdo con la siguiente ecuación:

65
$$I_{downscale}(x, y) = \left(\sum_{k=0}^1 \sum_{l=0}^1 I_{original}((2 * x + k)(2 * y + l)) \right) / 4$$
 donde $I_{original}$ e $I_{downscale}$ lo respectivamente

(x, y) las coordenadas de un píxel.

[0062] La operación de promediado (por ejemplo, una operación de filtrado de paso bajo) en la reducción de escala de imagen en 305, puede disminuir el nivel de ruido de la imagen original. Además, dado que se reduce el número de elementos de imagen, la complejidad global del siguiente filtrado y procesamiento de bordes también puede disminuirse en, al menos, la misma cantidad. Además, la ventana de impacto de las siguientes operaciones se puede aumentar tanto en direcciones verticales como horizontales. Se observa que, en lugar de la operación de promedio descrita anteriormente, se puede usar cualquier otro tipo de operaciones de filtrado de paso bajo.

[0063] El filtrado de bordes se puede llevar a cabo en 307 para la imagen reducida en escala, para determinar un mapa de bordes. En una realización, para cada píxel de la imagen reducida en escala, se determinan un valor de píxel máximo y un valor de píxel mínimo en una región adyacente predefinida del píxel. El valor de píxel puede ser el valor de luminancia del píxel en la imagen reducida en escala según se determinó anteriormente en 305. En general, se puede proporcionar cualquier tipo de proceso de filtrado de borde para determinar el mapa de bordes.

[0064] Como se muestra en la figura 5, un bloque NxN 501 que incluye píxeles contiguos se ubica para cada píxel (representado por el píxel central del bloque NxN 501). Un valor máximo de píxel asociado con un píxel del bloque NxN 501 se determina en 503, y un valor mínimo de píxel asociado con un píxel en el bloque NxN 501 se determina en 505. Un valor de diferencia entre el valor máximo de píxel y el valor mínimo de píxel se determina en 507, que se puede determinar como el valor de borde del píxel central. El valor de diferencia puede asociarse de este modo con el píxel central del bloque NxN, y puede asociarse con una pluralidad de píxeles en la imagen original correspondiente al píxel central de la imagen reducida en escala. Los valores de borde determinados para todos los píxeles de la imagen reducida en escala pueden formar un mapa de bordes. En este ejemplo ilustrativo, el mapa de bordes determinado tiene la misma resolución de 960x540 que la imagen reducida en escala.

[0065] En un ejemplo ilustrativo, la región contigua NxN puede ser una región 3x3, aunque pueden proporcionarse otros tamaños de región en realizaciones alternativas. El filtrado de bordes descrito anteriormente se puede realizar de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$Y_{max}(x, y) = \max(Y(x + k, y + l)) \quad k = -1,0,1; \quad l = -1,0,1$$

$$Y_{min}(x, y) = \min(Y(x + k, y + l)) \quad k = -1,0,1; \quad l = -1,0,1$$

$$EdgeMap(x, y) = Y_{max}(x, y) - Y_{min}(x, y)$$

donde Y representa el valor de luminancia (por ejemplo, el valor del componente Y) del píxel. Y_{max} e Y_{min} representan el valor máximo de píxeles y el valor mínimo de píxeles dentro de la región adyacente predefinida. $EdgeMap$ representa el valor de borde determinado para el píxel.

[0066] En las realizaciones anteriores para determinar el mapa de bordes, se utiliza una operación de máximo-mínimo. Normalmente, los bordes y texturas existen principalmente en objetos de primer plano (FG) y, por consiguiente, es importante extender estas señales para cubrir todo el objeto FG sin omitir ninguna parte de dicho objeto FG en la determinación de la imagen de profundidad. La operación de filtrado de borde máximo-mínimo en las realizaciones anteriores puede ayudar a prevenir la pérdida de energía de borde (es decir, indicación de nitidez) en la detección de mapa de bordes.

[0067] El filtrado de borde en 307 descrito anteriormente se lleva a cabo en la imagen reducida en escala, determinada en 305. Se observa que en otras realizaciones el filtrado de borde se puede llevar a cabo en la imagen original cuando no se lleve a cabo la reducción de escala de imagen.

[0068] El mapa de bordes determinado en 307 representa una estimación inicial del borde. Este mapa de bordes se procesa adicionalmente de acuerdo con las realizaciones que siguen. En una realización, en 309 se puede realizar una reducción de escala filtrada máxima en el mapa de bordes. La reducción de escala filtrada máxima puede incluir determinar un valor de borde máximo dentro de una región adyacente predefinida de un píxel para reemplazar el valor de borde del píxel y reducir de escala el mapa de bordes.

[0069] En un ejemplo ilustrativo, el mapa de bordes se reduce de escala en 4x4 y la resolución del mapa de bordes disminuye de 960x540 a 240x135. El filtrado máximo se usa durante la reducción de escala. A cada elemento del mapa de bordes reducidos en escala de 240x135 se le puede asignar un valor determinado a partir de no solo 16 valores de borde en la región adyacente de 4x4, sino también valores de borde de 20 elementos adyacentes adicionales. Como se muestra en la figura 6, se localiza en el mapa de bordes un bloque de píxeles 6x6 601, y determinándose en 603 un valor de borde máximo de estos 36 valores de borde. Se determina que el valor de borde máximo es el valor de borde 605 del píxel en el mapa de bordes reducido. La reducción de escala de filtrado máximo en 4x4 se puede realizar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$EdgeMap_{maxdscaled}(x, y) = \max(EdgeMap(4 * x + k, 4 * y + l))$$

$$k = -1,0,1,2,3,4; \quad l = -1,0,1,2,3,4$$

en la que $EdgeMap_{maxdscaled}$ representa el mapa de bordes reducido en escala determinado mediante la reducción de

escala filtrada máxima.

[0070] La reducción a escala filtrada máxima en 309 de acuerdo con las realizaciones anteriores puede ayudar a extender la energía del borde (es decir, la nitidez) a regiones más grandes.

[0071] La operación máximo-mínimo en el filtrado de borde 307 y el filtrado máximo en la reducción de escala de mapa de bordes 309, se usan para ajustar los valores de borde, lo que puede ayudar a la imagen de profundidad determinada posterior a predisponer a preservar la integridad de profundidad de objetos de primer plano

[0072] El mapa de bordes reducido en escala determinado en 309 se procesa adicionalmente en 311 como sigue.

[0073] En el primer procesamiento adaptativo de mapa de bordes en 311 de acuerdo con una realización, se realiza una determinación para cada valor de borde del mapa de bordes reducido de escala, en cuanto a si el valor de borde es superior a un valor de umbral predefinido. Cuando el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde se aumenta para determinar un valor de borde procesado. Cuando el valor de borde no es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde puede mantenerse sin cambios. El valor de borde procesado para todos los píxeles del mapa de bordes forma un mapa de bordes procesado.

[0074] En una realización, cuando el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde puede aumentarse dependiendo de la diferencia entre el valor de borde y el valor de umbral predefinido. Por ejemplo, el valor de borde puede aumentarse mediante el valor de diferencia ponderada entre el valor de borde y el valor de umbral predefinido.

[0075] En otra realización, la determinación de si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, puede incluir determinar un valor de diferencia entre un valor de borde máximo y un valor de borde mínimo dentro de una región adyacente predefinida, y determinar si el valor de diferencia es superior al valor de umbral predefinido. Cuando el valor de diferencia es superior al valor de umbral predefinido, el valor de borde puede aumentarse dependiendo de la diferencia entre el valor de borde máximo dentro de la región adyacente predefinida y el valor de umbral predefinido.

[0076] En el 1^{er} procesamiento adaptativo del primer mapa de bordes en 311 de acuerdo con diversas realizaciones, se lleva a cabo una reducción de escala adicional antes del procesamiento del mapa de bordes reducido en escala. La reducción de escala se puede realizar usando un filtrado de promedio y otros tipos adecuados de filtrado. Luego se procesa la imagen de borde reducida en escala adicionalmente, por ejemplo, para determinar si cada valor de borde es superior al valor de umbral predefinido y para determinar el valor de borde procesado correspondientemente. En general, el proceso puede incluir un número arbitrario de procesos de reducción de escala y un procesamiento adaptativo de mapa de bordes respectivo aplicado en el mapa de bordes reducido de escala respectivamente.

[0077] En un ejemplo ilustrativo mostrado en la figura 7, se aplica una reducción de escala adicional de 5x5 a la imagen reducida en escala en el 1^{er} procesamiento adaptativo del mapa de bordes 311. A partir de un bloque de píxeles 5x5 701 del mapa de bordes reducido en escala, la media de los valores de borde dentro del bloque de 5x5, se determinan a través de un sumador 703 y un divisor 705, y la media determinada se asigna al píxel central para convertirlo en el valor de borde del mapa de bordes reducido en escala adicionalmente. La reducción de escala filtrada de promedio puede realizarse de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$EdgeMap_{downscale}(x, y) = \left(\sum_{k=0}^4 \sum_{l=0}^4 EdgeMap_{maxscaled}(5 * x + k, 5 * y + l) \right) / 25$$

en la que $EdgeMap_{downscale}$ representa el mapa de bordes reducido en escala adicionalmente determinado a través de la reducción de escala filtrada de promedio anterior.

[0078] El mapa de bordes reducido en escala adicionalmente puede modificarse a través de una operación de filtrado máximo para determinar el mapa de bordes procesado como se mencionó anteriormente.

[0079] De manera ilustrativa, para cada valor de borde del mapa de bordes reducido en escala $EdgeMap_{maxscaled}$, se determina un valor de borde máximo y un valor de borde mínimo dentro de una región adyacente, y se determina un valor de diferencia entre el valor de borde máximo y el valor de borde mínimo. La región contigua puede ser del mismo tamaño o puede tener un tamaño diferente del bloque con reducción de escala adicional (por ejemplo, bloque 5x5) como se usa en la realización de la figura 7. Cuando el valor de diferencia es superior a un valor umbral predefinido, el valor de borde correspondiente del mapa de bordes con reducción de escala adicional $EdgeMap_{downscale}$ puede aumentarse dependiendo de la diferencia entre el valor de borde máximo y el valor de umbral predefinido como se muestra a continuación:

$$Si (max-min) > Thr$$

$$EdgeMap_{downscale} += alpha * (max - Thr)$$

donde max y min representan respectivamente el valor de borde máximo y el valor mínimo de una región adyacente del mapa de bordes reducido en escala $EdgeMap_{maxscaled}$. Thr representa el valor de umbral predefinido. $Alpha$ representa un factor de ponderación. En una realización, el parámetro $alpha$ puede tener un valor en el intervalo de [3, 8]. En otras realizaciones, el parámetro alfa puede tener un valor comprendido en otros intervalos, dependiendo del valor de borde característico de una región local, por ejemplo dependiendo de si existe suficiente número de valores de borde mayores que un umbral superior o número suficiente de valores de borde menores que un umbral inferior en la región local.

[0080] El procesamiento adaptativo de 311, incluye la reducción de escala adicional y la modificación del mapa de

bordes con reducción de escala adicional como se describió anteriormente. De acuerdo con ello, se proporciona un mapa de bordes procesado. En un ejemplo ilustrativo en el que el mapa de bordes reducido en escala $EdgeMap_{maxdscaled}$ tiene una resolución de 240x135, el mapa de bordes reducido en escala puede reducirse aún adicionalmente determinando un valor de borde medio para cada bloque de píxeles de 5x5 en el mapa de bordes reducido en escala, y cada valor de borde medio puede modificarse dependiendo de si el valor máximo-mínimo del respectivo bloque 5x5 del mapa de bordes reducido en escala es superior al umbral predefinido, en el procesamiento adaptativo de 311. Los valores medios de borde modificados se pueden asignar a un píxel central del bloque 5x5 respectivo, de modo que el mapa de bordes procesado que tiene una resolución de 48x27, es determinado en el procesamiento adaptativo de 311.

[0081] De acuerdo con las realizaciones anteriores, el procesamiento adaptativo de 311 detecta y refuerza valores de borde significativamente altos, proporcionando de este modo una mejor percepción de profundidad en la imagen de profundidad finalmente determinada.

[0082] El procesamiento adaptativo descrito anteriormente en 311 se realiza por más de una vez. En una realización, se realiza un 2º procesamiento adaptativo 313 sobre el mapa de bordes procesado determinado en 311. El 2º procesamiento adaptativo 313 incluye una reducción de escala y una modificación adicionales del mapa de bordes con reducción de escala adicional, similar al primer procesamiento adaptativo 311. Se lleva a cabo el mismo o diferente grado de reducción de escala en el 2º procesamiento adaptativo 313. Por ejemplo, pueden llevarse a cabo una o más reducciones de escala adicionales por ejemplo, 3x3. En consecuencia, el mapa de bordes procesado determinado en 313 puede tener una resolución de 16x9.

[0083] En una realización adicional, un filtrado de paso bajo 315 puede llevarse a cabo adicionalmente en el mapa de bordes procesado determinado en 313 anterior, para así determinar un mapa de bordes filtrado de paso bajo.

[0084] En una realización como se muestra en la figura 8, se utiliza un filtro de promedio como filtro paso bajo. Para un píxel 801, se localiza una región adyacente 803. En este ejemplo, se encuentra una región adyacente 803 de 5x3. Los valores de borde dentro de la región adyacente 803 se agregan en 805, y se promedian en 807 para obtener el valor de borde filtrado de paso bajo 809.

[0085] El mapa de bordes filtrado de paso bajo puede ser aumentado en escala entonces una o más veces, para obtener el mapa de bordes final que tiene la misma resolución que el mapa de bordes con reducción de escala determinado en 309. En una realización, la operación de aumento de escala puede incluir una interpolación lineal. Un ejemplo de operación de aumento de escala 5x5 se ilustra en la figura 9.

[0086] Los valores de borde de los píxeles 901 del mapa de bordes filtrado de paso bajo pueden usarse como el valor de borde del píxel central respectivo 903 de un bloque 5x5 del mapa de bordes con aumento de escala. Los valores de borde de los píxeles no centrales en cada bloque se pueden determinar usando interpolación lineal, a partir de los valores de borde de los píxeles centrales vecinos. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 9, se puede determinar que el valor de borde de un píxel no central 905, representado en color gris sea una suma ponderada de los valores de borde de sus 4 píxeles centrales vecinos 903. Los pesos de los valores de borde de los píxeles centrales vecinos 903, pueden determinarse como inversamente proporcionales a la distancia entre el píxel no central 905 y sus píxeles centrales vecinos 903.

[0087] Dependiendo del número de operaciones de reducción de escala, se llevan a cabo el mismo número operaciones de aumento de escala. Por ejemplo, como se muestra en la figura 3, se realiza un 1º aumento de escala del mapa de bordes 319 y un 2º aumento de escala de mapa de bordes 323, correspondientes al 1º procesamiento de adaptación de mapa de bordes 311 y al 2º procesamiento de adaptación de mapa de bordes 313.

[0088] En una realización adicional, la operación de aumento de escala puede incluir una operación de mezclado para así mezclar un mapa de bordes con reducción de escala previa y un correspondiente mapa de bordes con aumento de escala del mismo nivel de resolución.

[0089] En un ejemplo ilustrativo, el mapa de bordes procesado en 313 y el mapa de bordes filtrado de paso bajo (opcional) en 315, tienen la misma resolución de 16x9, y estos dos mapas de borde se mezclan en 317 para determinar un primer mapa de bordes mezclado. El primer mapa de bordes mezclado es aumentado en escala, por ejemplo, en 3x3 correspondiente a la reducción de escala realizada en 313, para así obtener un mapa de bordes aumentado en escala de 48x27. El mapa de bordes con aumento de escala de 48x27, se mezcla adicionalmente con el mapa de bordes procesado de 48x27 en 311 para determinar un mapa de bordes con mezclado adicional en 321. El mapa de bordes con mezclado adicional en 321 se puede ampliar aún más, por ejemplo a 5x5 correspondiente a la reducción de escala realizada en 311, para obtener el mapa de bordes ampliado adicionalmente de 240x135.

[0090] Las operaciones de mezclado en 317, 321 se pueden realizar dependiendo de un parámetro beta. Como se muestra en la figura 10, el primer mapa de bordes 1001 (por ejemplo, el mapa de bordes procesado en 313) se pondera por el parámetro beta en 1005, y el segundo mapa de bordes 1003 (por ejemplo, el mapa de bordes filtrado de paso bajo en 315) por (1-beta). Los mapas de bordes ponderados se suman a continuación en 1009 para obtener el mapa 1011 de bordes mezclado (por ejemplo, el mapa de bordes mezclado determinado en 317). En una realización, el parámetro beta puede determinarse de forma adaptativa a partir de un análisis de frecuencia de borde de la imagen. Por ejemplo, se puede asignar más peso al mapa de bordes previo a la reducción de escala para proporcionar más variación de profundidad local en un mapa de bordes de alta frecuencia. El parámetro beta puede tener un valor en el intervalo de [0, 1].

[0091] La desviación para rodear los objetos de primer plano proporcionados por el filtrado de borde 307 y la reducción de escala filtrada máxima 309, se puede compensar, al menos parcialmente, mediante la operación de aumento de escala 319, 323 (por ejemplo, la interpolación) y mediante la reducción de escala promediada en las operaciones de procesamiento adaptativo 311, 313. Esto puede ayudar a producir una imagen de profundidad alisada.

- 5 [0092] El procesamiento adaptativo 311, 313, el filtrado de paso bajo 315, el mezclado 317, 321 y las operaciones de aumento de escala 319, 323, descritas en las diversas realizaciones anteriores proporcionan un análisis de borde espacio- escala (es decir, escala múltiple) y filtro de síntesis, en los que las operaciones de reducción de escala y mezclado pueden adaptarse y ajustarse entre diferentes escalas. De acuerdo con ello, el procedimiento de diversas realizaciones se proporciona desde niveles más gruesos a niveles más finos, es decir, en escala múltiple, para imitar las características del sistema visual humano y modelar la percepción de profundidad de forma adecuada.
- 10 [0093] El mapa de bordes final (por ejemplo, el mapa de bordes con aumentado en adicional en 323) se utiliza para determinar la imagen de profundidad 327 en 325.
- [0094] En una realización como se muestra en la figura 11, los valores de profundidad de la imagen de profundidad pueden determinarse utilizando los valores de borde del mapa de bordes final a través de una función de correlación lineal por partes.
- 15 [0095] En el eje x y el eje y representan los valores de borde y los valores de profundidad, respectivamente. El valor de borde inferior 1111 representa el suelo de ruido de borde, que puede estar predeterminado o puede adaptarse dependiendo de la característica de la imagen. Los valores de borde por debajo del valor límite inferior 1111 pueden ser asignados a al valor de profundidad mayor, como se muestra en la figura 11. El rango de profundidad 1121 define cuánta variación de profundidad puede ser obtenida a partir de las variaciones del valor de borde. La tangente de la función de correspondencia, theta 1131, representa la escala de profundidad. Un factor de escala de profundidad de bajo valor puede empujar las regiones de la imagen más hacia el fondo, mientras que un factor de escala de profundidad de alto valor puede empujar las regiones de la imagen más hacia el primer plano. Un rango de valores de borde por debajo del valor de borde máximo 1113, puede hacerse corresponder con el mismo valor de profundidad, por el valor de profundidad más bajo que representa el objeto de primer plano.
- 20 [0096] En otra realización, la imagen de profundidad puede determinarse usando el mapa de bordes final por medio de de otras funciones de correlación adecuadas. Por ejemplo, cuando se proporciona una tabla de consulta, se puede usar una función de correlación de curva en S, donde el suelo de ruido también se puede usar para establecer el punto de inicio de la curva S y el factor de escala de profundidad se puede usar para parámetros de mezclado.
- 25 [0097] En las realizaciones anteriores, los ejemplos de bloques de píxeles de diversos tamaños, utilizados en las operaciones 305, 307, 309, 311, 313, 315, 319 se usan con fines ilustrativos. Debe observarse que pueden usarse bloques de diferentes tamaños en otras realizaciones, dependiendo de las características de las imágenes.
- 30 [0098] El procedimiento y el dispositivo de diversas formas de realización analizan las tramas de imagen usando los valores de píxeles de luminancia a diferentes escalas en el espacio y el tiempo. El procesamiento jerárquico escala-espacio conduce a asignaciones diversas y adaptativas en las variaciones de profundidad local.
- 35 [0099] Las realizaciones anteriores proporcionan un procedimiento y un dispositivo para determinar una imagen de profundidad que indica la profundidad relativa de los objetos en la imagen digital, es decir, qué objetos están en la parte frontal y qué objetos están en la parte posterior, usando una imagen digital 2D (es decir, una imagen de punto de vista único). En función de la imagen de profundidad determinada, las imágenes 2D o los videos se pueden convertir a imágenes o videos en 3D.
- 40 [0100] La figura 12 muestra un sistema de formación de imágenes de acuerdo con una realización.
- [0101] El sistema de formación de imágenes 1200 recibe una imagen 1201, que puede ser una imagen digital 201, 301 como se describió anteriormente.
- [0102] El sistema de formación de imágenes 1200 incluye un dispositivo de procesamiento de imágenes 1210 para determinar una imagen de profundidad para cada imagen 1201 de acuerdo con las diversas realizaciones anteriores. La imagen de profundidad determinada 1211 se transmite a un representador de imagen 1220.
- 45 [0103] El representador de imagen 1220 puede recibir la imagen 1201 y el mapa de profundidad 1211 y representar la imagen 1201 para visualización en 3D.
- [0104] El sistema de formación de imágenes 1200 puede estar incorporado, por ejemplo, en un televisor 3D o un ordenador.
- 50 [0105] El procedimiento y el dispositivo para determinar la imagen de profundidad de las realizaciones anteriores proporcionan valores de profundidad precisos y una percepción de profundidad realista con bajos costes de cálculo. Además, el procedimiento y el dispositivo se basan en imágenes o videos en 2D, lo que permite mostrar contenido 2D en una pantalla 3D y también se puede usar en cualquier otra área en la que la información de profundidad o se requiera la información sobre la ubicación de los objetos en una escena.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar una imagen de profundidad para una imagen digital que comprende una pluralidad de elementos de imagen, comprendiendo el procedimiento:
- 5 - filtrado de borde de la imagen digital para determinar un mapa de bordes (307), comprendiendo el mapa de bordes una pluralidad de valores de borde, en el que cada valor de borde está asociado con al menos un elemento de imagen, caracterizado por comprender adicionalmente:
- 10 - realización de, al menos una vez, una reducción de escala en el mapa de bordes (309);
- llevar a cabo un primer procesamiento adaptativo de mapa de bordes en el mapa de bordes reducido en escala (311), en el que dicho primer procesamiento adaptativo de mapa de bordes comprende:
- 15 - reducción de escala, adicional, del mapa de bordes;
- para el mapa de bordes adicionalmente reducido en escala, determinar para cada valor de borde, si dicho valor de borde es superior a un valor de umbral predefinido;
- si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, aumentar el valor de borde para determinar un mapa de bordes procesado;
- 20 - llevar a cabo un segundo procesamiento adaptativo del mapa de bordes después del primer procesamiento adaptativo de mapa de bordes (313), en el que dicho segundo procesamiento adaptativo de mapa de bordes comprende
- una reducción de escala adicional del mapa de bordes procesado;
- para el mapa de bordes procesado reducido en escala adicionalmente, determinar para cada valor de borde, si el valor de borde es superior a un valor de umbral predefinido;
- 25 - si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, aumentar el valor de borde para determinar un mapa de bordes procesado;
- realización de un aumento de escala a la salida del segundo tratamiento adaptativo de mapa de bordes (319);
- mezclado de la salida del primer procesamiento adaptativo de mapa de bordes y la salida aumentada en escala del segundo procesamiento adaptativo de mapa de bordes (321);
- determinar la imagen de profundidad utilizando el mapa de bordes combinados (325) mezclados.
2. Procedimiento de la reivindicación 1, en el que el filtrado de borde comprende:
- 30 - determinar para cada elemento de imagen de la imagen digital, un valor de elemento de imagen máximo asociado con un elemento de imagen en una región adyacente predefinida del elemento de imagen respectivo;
- determinar para cada elemento de imagen de la imagen digital un valor de elemento de imagen mínimo asociado con un elemento de imagen en una región adyacente predefinida del elemento de imagen respectivo;
- determinar un valor de diferencia entre el valor máximo del elemento de imagen y el valor mínimo del elemento de imagen; y
- 35 - asociar el valor de diferencia al elemento de imagen respectivo.
3. Procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además:
- mantener inalterado el valor del borde, cuando el valor del borde no es superior al valor del umbral predefinido,.
- 40 4. Procedimiento de la reivindicación 1, en el que, al menos, una vez realizada la reducción de escala del mapa de bordes comprende una reducción de escala filtrada máxima.
5. Procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
- 45 - antes de la etapa de aumento de escala a la salida del segundo procesamiento adaptativo de mapa de bordes, realización de un filtrado de paso bajo de la salida del segundo procesamiento adaptativo de mapa de bordes (315) y mezclar el mapa de bordes filtrado con la salida del segundo procesamiento adaptativo de mapa de bordes (317).
6. Procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además:
- 50 - al menos una vez la reducción de escala de la imagen digital (305);
- en el que el filtrado de borde se lleva a cabo para cada elemento de imagen de la imagen digital reducida en escala (307).
7. Dispositivo (100) para determinar una imagen de profundidad para una imagen digital que comprende una pluralidad de elementos de imagen, comprendiendo el dispositivo:
- 55 - un filtro de borde configurado para filtrar la imagen digital para determinar un mapa de bordes, comprendiendo el mapa de bordes una pluralidad de valores de borde, en el que cada valor de borde está asociado con al menos un elemento de imagen, caracterizado por comprender adicionalmente:
- 60 - un circuito reductor de escala acoplado al filtro de borde y configurado para, al menos una vez, reducir la escala del mapa de bordes;
- un procesador (103) configurado para:
- realizar un primer procesamiento adaptativo de mapa de bordes en el mapa de bordes reducido en escala, en el que dicho primer procesamiento adaptativo de mapa de bordes comprende:

- reducción de escala adicional del mapa de bordes;
- para el mapa de bordes reducido en escala adicionalmente, determinar para cada valor de borde, si el valor de borde es superior a un valor de umbral predefinido;
- 5 - si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, aumentar el valor de borde para determinar un mapa de bordes procesado;
- llevar a cabo un segundo procesamiento adaptativo de mapa de bordes después del primer procesamiento adaptativo de mapa de bordes, en el que dicho segundo procesamiento adaptativo de mapa de bordes comprende:
 - la reducción de escala adicional del mapa de bordes procesado;
 - 10 - para el mapa de bordes procesado reducido en escala adicionalmente, determinar para cada valor de borde, si el valor de borde es superior a un valor de umbral predefinido;
 - si el valor de borde es superior al valor de umbral predefinido, aumentar el valor de borde para determinar un mapa de bordes procesado;
 - aumento de escala de la salida del segundo procesamiento adaptativo del mapa de bordes;
 - 15 - mezclar la salida del primer procesamiento adaptativo del mapa de bordes y la salida aumentada en escala del segundo procesamiento adaptativo de mapa de bordes,
 - determinar la imagen de profundidad utilizando el mapa de bordes mezclado.

- 8. Dispositivo (100) de la reivindicación 7, en el que el filtro de borde está configurado para:
 - 20 - determinar para cada elemento de imagen de la imagen digital un valor máximo de elemento de imagen asociado con un elemento de imagen de una región adyacente predefinida del elemento de imagen respectivo;
 - determinar para cada elemento de imagen de la imagen digital un valor de elemento de imagen mínimo asociado con un elemento de imagen de una región adyacente predefinida del elemento de imagen respectivo;
 - determinar un valor de diferencia entre el valor máximo del elemento de imagen y el valor mínimo del elemento de imagen; y
 - 25 - asociar el valor de diferencia al elemento de imagen respectivo.

- 9. Dispositivo (100) de una cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, en el que el procesador está configurado además para mantener el valor de borde sin cambios, cuando el valor de borde no superior al valor de umbral predefinido.

- 30 10. Dispositivo (100) de la reivindicación 7, en el que el circuito reductor de escala está configurado para realizar al menos una reducción de escala de mapa de bordes usando la reducción de escala filtrada máxima.

- 11. Dispositivo (100) de cualquiera de las reivindicaciones 7 o 10, que comprende además:
 - 35 - un filtro paso bajo acoplado al procesador y configurado para determinar un mapa de bordes filtrado de paso bajo a partir de la salida del segundo procesamiento adaptativo de mapa de bordes.

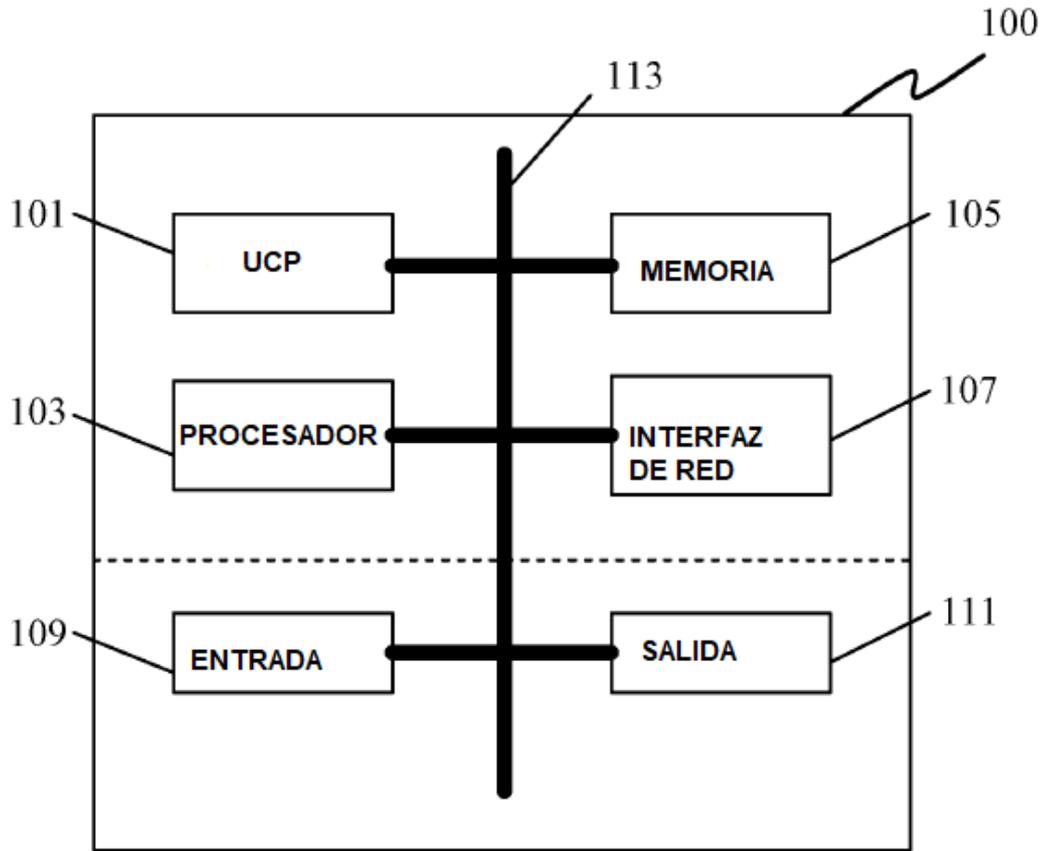


Fig. 1

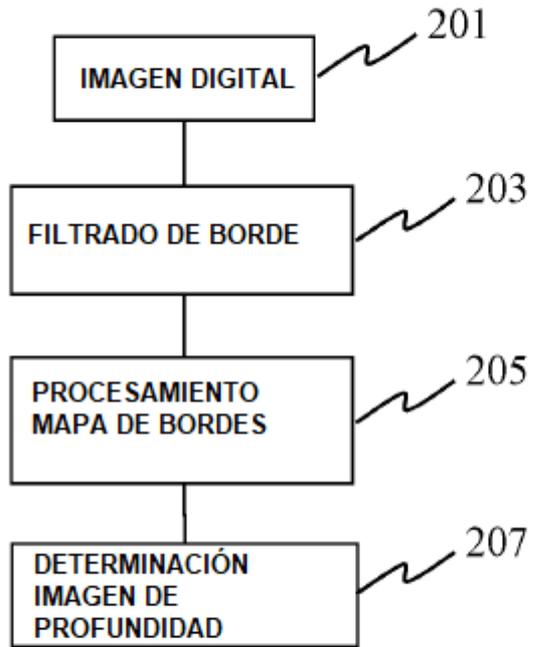


Fig. 2

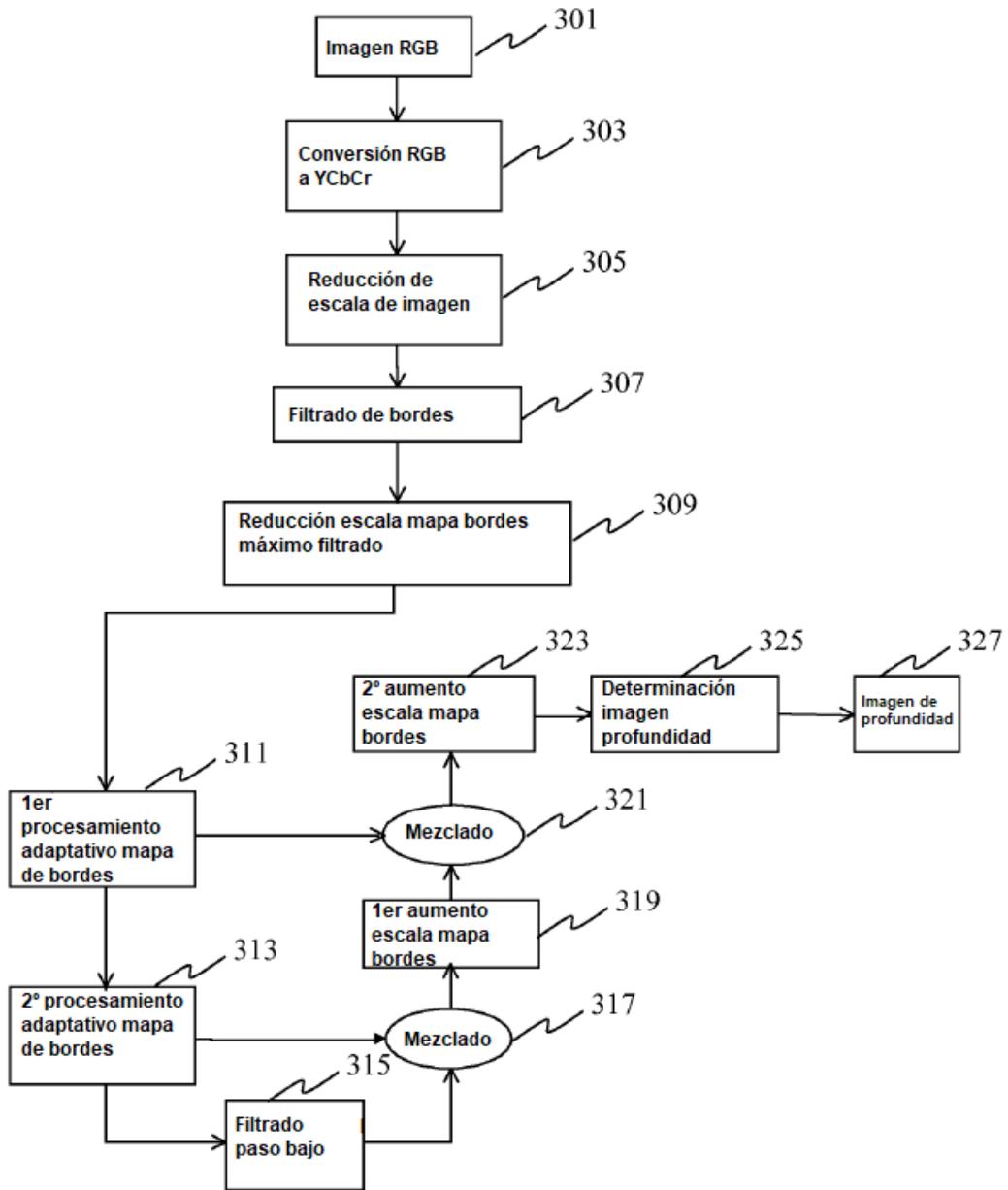


Fig. 3

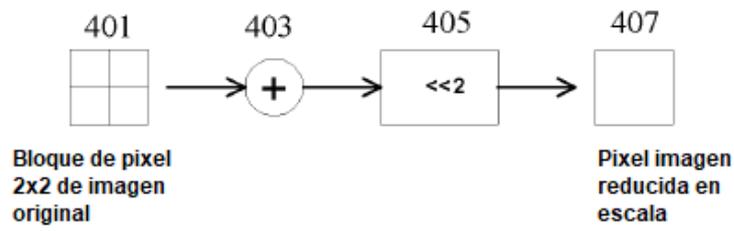


Fig. 4

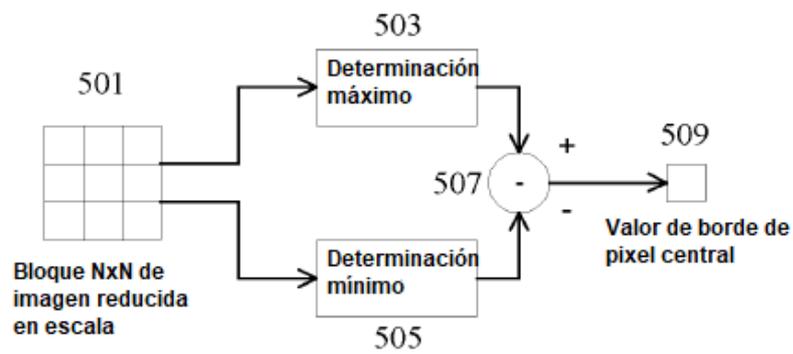


Fig. 5

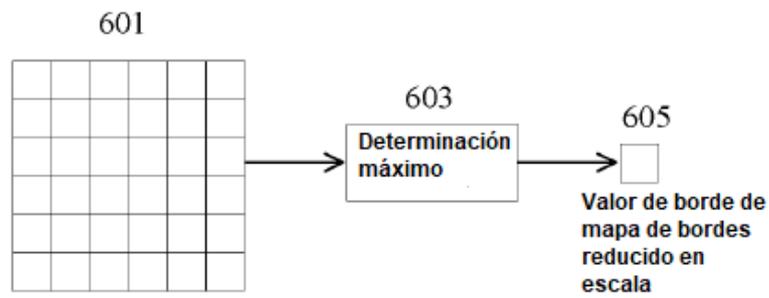


Fig. 6

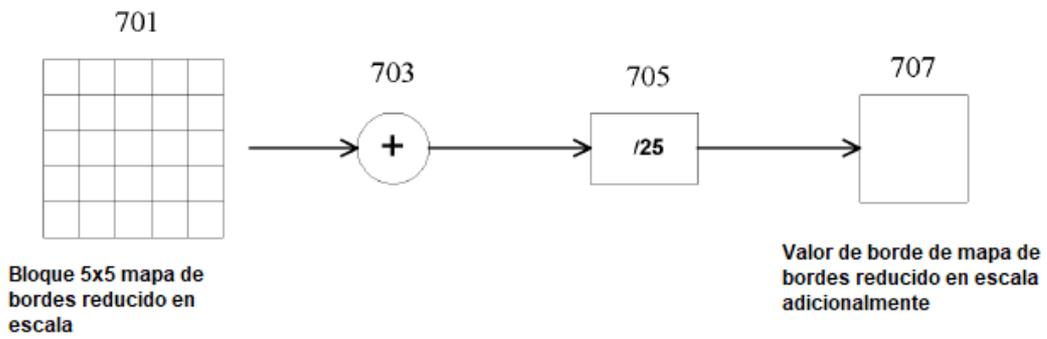


Fig. 7

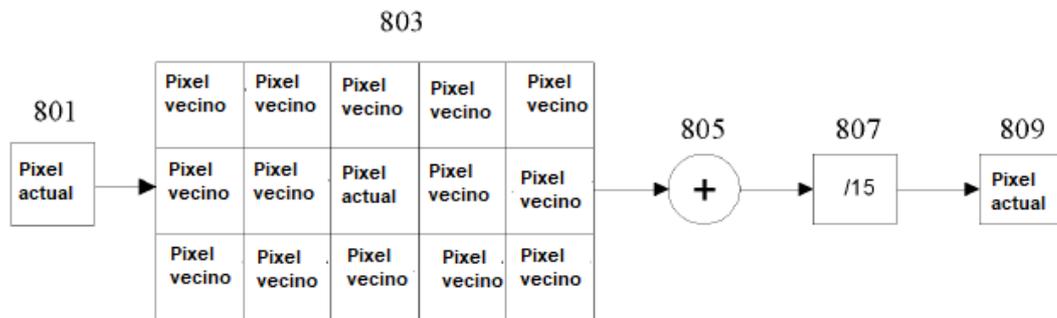


Fig. 8

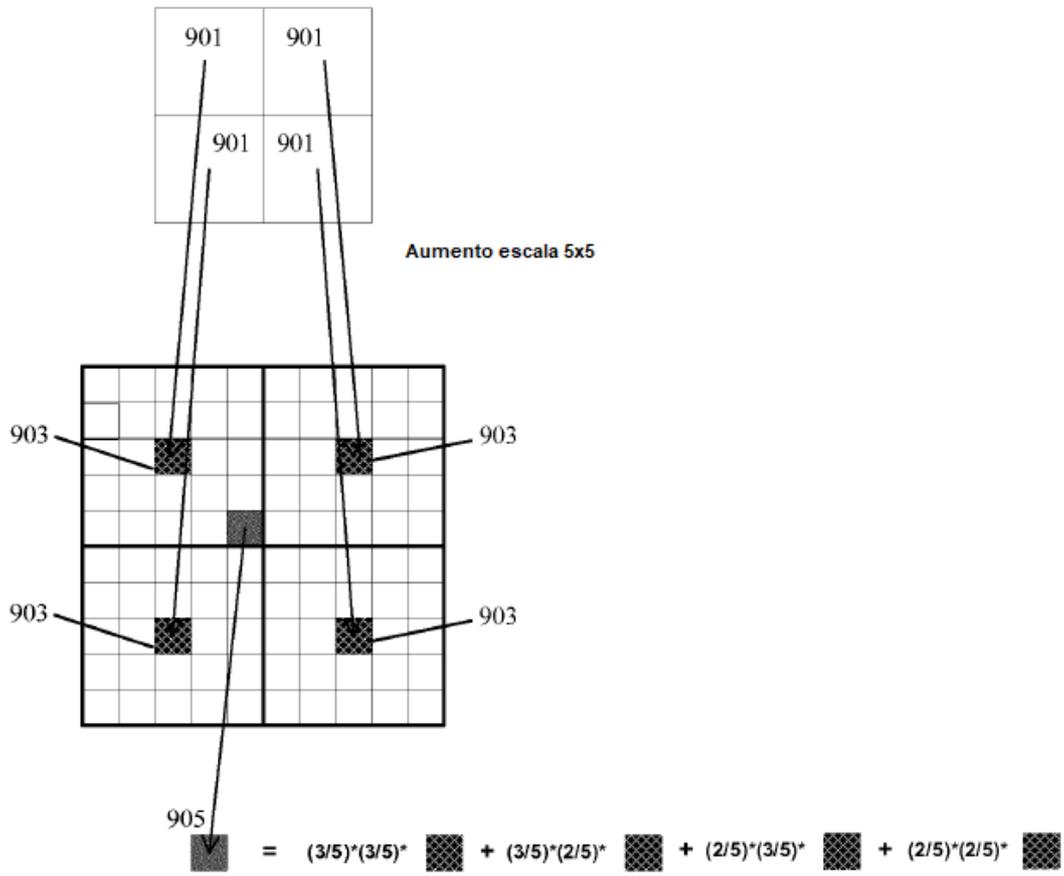


Fig. 9

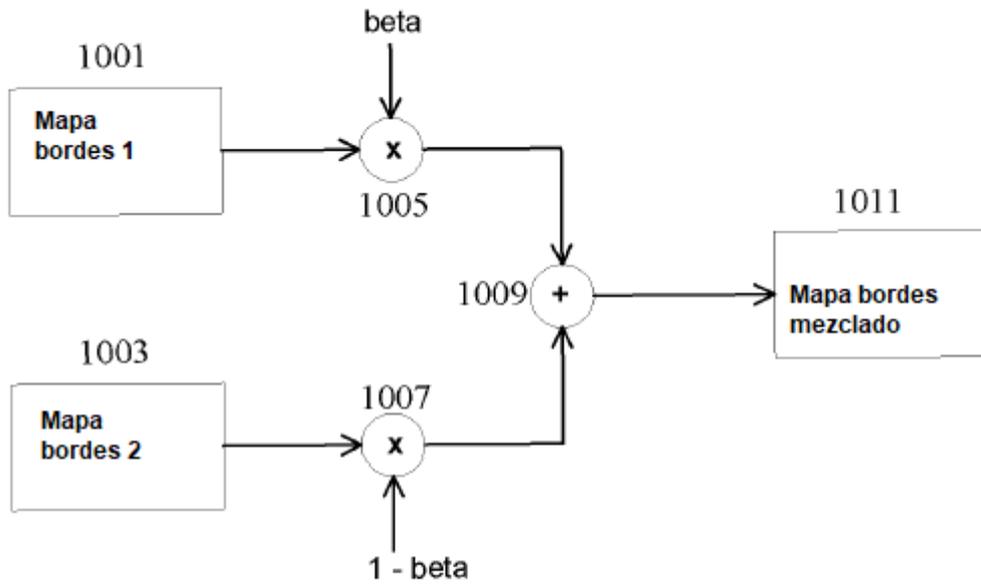


Fig. 10

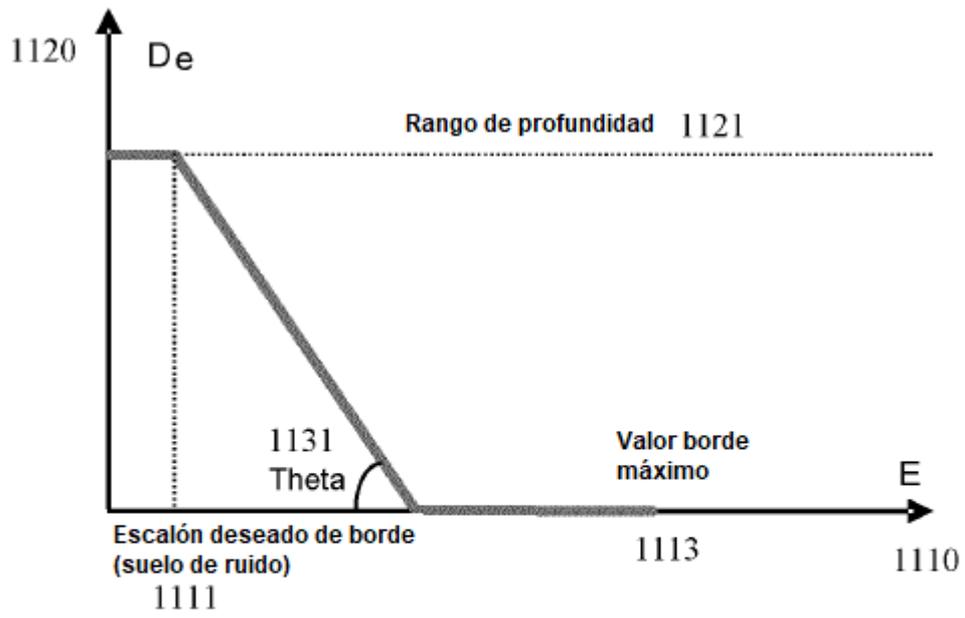


Fig. 11

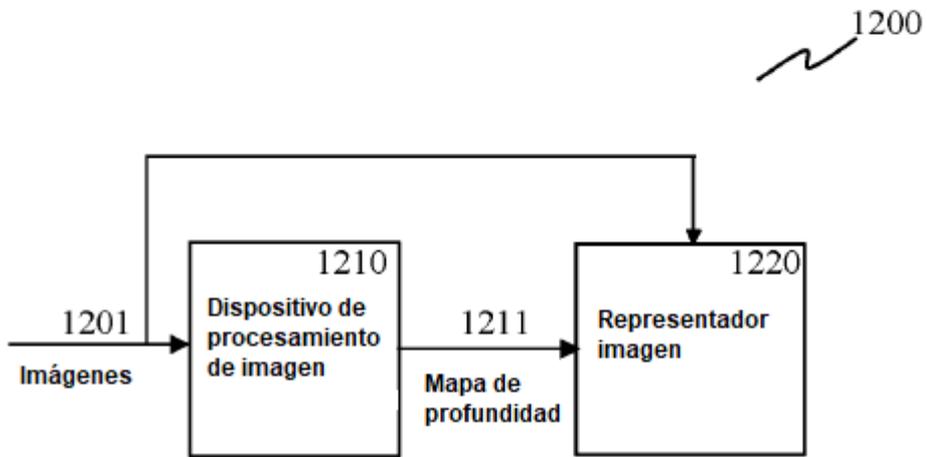


Fig. 12

