

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 902**

51 Int. Cl.:

G06T 5/00 (2006.01)

H04N 5/208 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2006 E 06254054 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.09.2016 EP 1879147**

54 Título: **Procedimiento y aparato para ajustar el contraste de una imagen**

30 Prioridad:

11.07.2006 US 806963 P

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

04.04.2017

73 Titular/es:

**VESTEL ELEKTRONIK SANAYI VE TICARET A.S.
(100.0%)
ORGANIZE SANAYI BÖLGESİ
45030 MANISA, TR**

72 Inventor/es:

**ARICI, TARIK;
OZDEMIR, HUSEYIN y
ALTUNBASAK, YUCEL**

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 607 902 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 aparato para ajustar el contraste de una imagen

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento y aparato para ajustar el contraste de una imagen.

[0002] Se conocen numerosas técnicas para ajustar el contraste de una imagen, particularmente con el fin de mejorar el contraste y por lo tanto la visibilidad de la imagen y para aumentar la percepción de profundidad. El ajuste de contraste o la mejora de las imágenes, en particular imágenes digitales, se utiliza en muchos campos, incluyendo la mejora del contraste de una imagen digital para su visualización por un receptor de televisión u otro dispositivo de visualización, para imprimir en una impresora, en cámaras digitales, etc. La mejora del contraste se utiliza para mejorar el contraste en las imágenes médicas y otras.

[0003] Las técnicas de mejora del contraste global, solucionan problemas que se manifiestan de manera global, tales como condiciones de iluminación excesivas o deficientes en el entorno de la fuente. Por otro lado, la mejora del contraste local intenta mejorar la visibilidad de los detalles locales en la imagen.

[0004] Un procedimiento conocido de mejora de contraste local conocido, utiliza "mascara de enfoque", que se muestra esquemáticamente en la figura 1. La imagen original 1 se introduce en un filtro de alisado 2, que "suaviza" la imagen original para eliminar el componente de alta frecuencia de modo que la salida del filtro de alisado 2, es el componente de baja frecuencia de la imagen original. A continuación, el componente de baja frecuencia de la imagen original se resta de la imagen original 1 en un sumador 3, cuya salida es, por lo tanto, el componente de alta frecuencia de la imagen. Ese componente de alta frecuencia se amplifica entonces mediante una ganancia fija en un multiplicador 4. El componente de frecuencia alta amplificado se vuelve a añadir a la imagen original en un sumador adicional 5, cuya salida es por lo tanto la imagen mejorada 6. Sin embargo, este procedimiento particular amplifica el componente de alta frecuencia por un factor de ganancia fijo. Esto provoca efectos de zumbido (oscilación) o de rebasamiento alrededor de los bordes u otras regiones de alto contraste en la imagen original, debido a los altos valores del componente de alta frecuencia alrededor de los bordes después de la amplificación. Además, este procedimiento provoca ruido en áreas suaves de la imagen, que se manifiesta por un aspecto granulado en lo que deberían ser áreas suaves en la imagen mejorada. Un ejemplo de este tipo de mascara de enfoque se describe en "Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Using Local Statistics", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI - 2, págs. 165 - 168, febrero de 1980, por J.S.Lee.

[0005] Se conocen versiones modificadas de mascaras de enfoque, en las que la ganancia aplicada al componente de alta frecuencia de la imagen original se hace variar según ciertas condiciones mediante el multiplicador 4. Un ejemplo se describe en "Real time Adaptive Contrast Enhancement", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI - 3, págs. 655 - 661, junio de 1981, por P. M. Narendra y R. C. Fitch. En el procedimiento de esa publicación, la ganancia que se utiliza para amplificar el componente de alta frecuencia se hace inversamente proporcional a la varianza local del componente de alta frecuencia. Por lo tanto, este procedimiento modificado adapta la ganancia espacial aplicada al componente de alta frecuencia de acuerdo con las estadísticas locales del componente de alta frecuencia. Sin embargo, esto produce que la ganancia se haga muy grande cuando la varianza local es pequeña, lo que conduce a la amplificación de ruido en zonas lisas (de bajo contraste) de la imagen de entrada 1. Una modificación adicional de las técnicas de mejora de contraste adaptativo se describe en "Image Enhancement via Adaptive Unsharp Masking", IEEE Trans. On Image Processing, vol. 9, nº 3, marzo de 2000, por A. Polesel, G. Ramponi y V.J. Matthews. En esta técnica modificada, se utiliza un filtro adaptativo para enfatizar los detalles de contraste medio en la imagen más que regiones de contraste grandes tales como bordes. Sin embargo, el filtro que se describe en este documento es un filtro de Laplaciano que por lo tanto tiene tres coeficientes de derivación y que es por lo tanto complejo desde el punto de vista de cálculo. Como se describe, el procedimiento de este documento requiere 17 multiplicaciones y una operación de división para calcular los datos de nivel de brillo de salida para cada píxel.

[0006] En nuestra solicitud de patente de US 11/340956 de 26 de enero de 2006 y solicitudes de patente relacionadas, se revela otro ejemplo de una técnica adaptativa de mejora de contraste en la que el filtrado se lleva a cabo por al menos un filtro de respuesta de impulso infinito recursivo que tiene un coeficiente de retardo único que es adaptable a áreas de alto contraste de la imagen de entrada. Aunque este procedimiento es relativamente eficiente desde el punto de vista de cálculo, especialmente cuando se compara, por ejemplo, con el procedimiento descrito por Polesel, Ramponi y Matthews, el procedimiento requiere, no obstante, un número relativamente grande de cálculos y una serie de etapas diferentes. Esto dificulta la ejecución del procedimiento a bajo coste, lo cual es, por supuesto, de particular importancia en equipos de consumo, incluyendo por ejemplo receptores de televisión u otros equipos domésticos que tienen un dispositivo de visualización.

[0007] En el artículo titulado "Adaptive Unsharp Masking for Contrast Enhancement" por A. Polesel y G. Ramponi, publicado en las Proceedings of The International Conference on Image Processing, 1997, Santa Bárbara, IEEE Comput. Soc. US vol. 1, 26 de octubre de 1997, páginas 267-270, se describe un esquema de mascara de enfoque para mejorar el contraste de la imagen. Se utiliza un algoritmo adaptativo para que se realice una acción de afilado sólo en lugares donde la imagen exhibe una dinámica significativa.

[0008] El documento WO-A-03/100723 describe una unidad de mejora de borde para calcular un borde abrupto para un borde original en una imagen a partir de las propiedades del borde original. Los bordes originales son representados por un régimen transitorio de una señal que representa valores de píxeles de la imagen.

[0009] En el artículo titulado "Rational Unsharp Masking Technique" de Ramponi y Polesel publicado en Journal of Electronic Imaging 7(2), 333-338 (abril de 1998) se describe una técnica de máscara de enfoque lineal utilizada en la mejora de contraste de imagen. La técnica es modificada por la introducción de un término de control expresado como una función racional de los datos de entrada locales. Por lo tanto, se dice que se evita la amplificación de ruido y, al mismo tiempo, los efectos de rebasamiento en los bordes bruscos son limitados.

[0010] En el artículo titulado "A Cubic Unsharp Masking Technique for Contrast Enhancement" por Ramponi publicado en Signal Processing 67 (1998) 211-222, vol. 67, nº 2, se describe un procedimiento de máscara de enfoque cúbico. El procedimiento permite que la máscara de enfoque cúbico se realice con una sensibilidad de ruido reducida con respecto a técnicas de máscara de enfoque lineales y proporciona resultados perceptivamente agradables.

[0011] El documento US-A-5.717.789, describe un procedimiento en el que una imagen de entrada se descompone en una porción Laplaciana y Gaussiana. La porción Laplaciana se modifica multiplicando por una constante y "recortando" para reducir su anchura y luego se añade de nuevo a la imagen original que resulta aparentemente en una salida enfocada.

[0012] De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para ajustar el contraste de una imagen de entrada (11) formada por píxeles en la que cada píxel tiene un nivel de brillo de entrada para producir una imagen de salida (16) en la cual, al menos algunos de los píxeles tienen un nivel de brillo de salida que es diferente de su nivel de brillo de entrada, el procedimiento que comprende: filtrar (12) datos de nivel de brillo de la imagen de entrada para obtener un componente de alta frecuencia de la imagen de entrada en una única etapa operativa; amplificar (13) el componente de alta frecuencia; y, sumar (15) la imagen original y el componente de alta frecuencia amplificado para producir datos de nivel de brillo de la imagen de salida (16);

en el que el nivel de brillo se filtra en una única etapa operativa usando un filtro que tiene una respuesta de frecuencia isótropa o cercana a isótropa y, en cada píxel, el componente de alta frecuencia es amplificado por una ganancia que varía dependiendo de la magnitud del componente de alta frecuencia en ese píxel obtenido en la etapa de filtrado y caracterizado porque: la ganancia es negativa, cero o positiva relativamente pequeña cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por debajo de un valor umbral relativamente bajo; la ganancia es positiva y aumenta con la magnitud del componente de alta frecuencia cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por encima de un valor umbral relativamente bajo y por debajo de un valor umbral relativamente alto; y la ganancia es positiva y disminuye relativamente de manera rápida con la magnitud del componente de alta frecuencia cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por encima de un valor umbral relativamente alto.

[0013] El cálculo requerido para la realización preferida es relativamente pequeño debido al hecho de que el componente de alta frecuencia de la imagen se obtiene usando un filtro en una única etapa operativa. El filtro puede considerarse equivalente a dos filtros: un primer filtro de alisado luminoso, que puede ser por ejemplo un filtro Gaussiano, y un segundo filtro de alisado intenso, que puede ser, por ejemplo, un filtro medio. Los filtros isotrópicos tratan las frecuencias en direcciones diferentes por igual, lo que en el presente contexto ayuda a evitar la producción de bordes falsos u objetos en la imagen mejorada.

[0014] En una realización preferida, el filtrado de los datos de nivel de brillo de la imagen de entrada se lleva a cabo utilizando un filtro que es simétrico. La simetría, o proximidad a simetría, significa que el filtro tiene fase nula o casi nula que se prefiere para evitar diferentes señales de frecuencia en la imagen original que se cambia con desfases variables.

[0015] En una realización preferida, el filtrado de los datos de nivel de brillo de la imagen de entrada se lleva a cabo usando un filtro para el cual la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado diagonales es menor que la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado horizontal y la magnitud de los coeficientes de filtrado vertical. Esta es una condición relajada en los coeficiente de filtrado que proporcionan una función de transferencia del filtro próxima a isótropa.

[0016] En una realización más preferida, el filtro es un filtro 3x3 simétrico en el que la magnitud de los coeficientes de borde es el doble de la magnitud de los coeficiente angulares. Preferiblemente, la magnitud del coeficiente central es o es aproximadamente $(4 \times \text{la magnitud de cada coeficiente de borde} + 4 \times \text{la magnitud de cada coeficiente angular})$.

[0017] En una realización preferida, el filtro es un filtro paso-alto. Esto es particularmente adecuado en el caso que el filtro sea un filtro 3x3 (es decir uno que funciona en un cuadrado de píxeles que es 3x3 con el píxel central en el cuadrado siendo el píxel que está siendo actuado en esa parte particular del proceso).

[0018] En otra realización preferida, el filtro es un filtro paso-banda. Esto es particularmente adecuado en el caso que el filtro sea mayor que un filtro 3x3, tal como un filtro 5x5.

[0019] El componente de alta frecuencia es amplificado por una ganancia que varía dependiendo de la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado. De esta manera, se puede hacer que la mejora que se aplica a la imagen original, varíe de acuerdo con las características locales de la imagen.

[0020] La ganancia es negativa, cero o positiva relativamente pequeña, cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por debajo de un valor umbral relativamente bajo. Esta región está asociada en general con ruido en la imagen. Mediante la aplicación de una ganancia negativa, cero o positiva relativamente pequeña, se puede reducir al mínimo el efecto del ruido o, en el caso de ganancia negativa en particular, puede reducirse.

[0021] La ganancia es positiva y aumenta con la magnitud del componente de alta frecuencia cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado, se encuentra por encima de un valor umbral relativamente bajo y por debajo de un umbral relativamente alto. Esta región está asociada en general con píxeles de fondo de la imagen y píxeles de textura suave en objetos de primer plano. Se aplica una ganancia positiva a dichos píxeles para obtener niveles de contraste particularmente aumentados en dichas regiones. A medida que aumenta la magnitud del componente de alta frecuencia, disminuye la probabilidad de que el píxel correspondiente sea ruido y, por lo tanto, la ganancia puede aumentarse con seguridad con la magnitud del componente de alta frecuencia.

[0022] La ganancia es positiva y disminuye relativamente rápidamente con la magnitud del componente de alta frecuencia cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado está por encima de un valor umbral relativamente alto. Esta región está asociada en general con bordes de la imagen, incluyendo particularmente bordes de objetos de primer plano. Dado el problema de rebasamiento y zumbido (oscilación) alrededor de tales bordes, esta realización sirve para minimizar el realce de contraste que se aplica alrededor de tales bordes, reduciendo así el riesgo de rebasamiento y zumbido (oscilación) en la imagen mejorada.

[0023] En una realización preferida, la suma de la imagen original y el componente de alta frecuencia amplificado se somete a manipulación de saturación para ajustar los datos del nivel de brillo de salida para evitar la saturación.

[0024] En una realización preferida, se obtienen los datos del nivel de brillo de la imagen de entrada que se filtra en la etapa de filtrado para obtener una componente de alta frecuencia de la imagen de entrada en una única etapa operativa como la salida de un filtro de ruido, siendo la entrada al filtro de ruido datos de nivel de brillo originales de la imagen de entrada. La utilización de tal filtro puede contribuir a mejorar el comportamiento de ruido del procedimiento alisando los datos de imagen que se filtran en la etapa de filtrado principal.

[0025] De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para ajustar el contraste de una imagen de entrada (11) formada de píxeles en la que cada píxel tiene un nivel de brillo de entrada para producir una imagen de salida (16) en la que, al menos algunos de los píxeles tienen un nivel de brillo de salida que es diferente de su nivel de brillo de entrada, comprendiendo el aparato: un filtro (12) construido y dispuesto para filtrar datos de nivel de brillo de una imagen de entrada para obtener un componente de alta frecuencia de la imagen de entrada en una única etapa operativa; un amplificador (13) construido y dispuesto para amplificar el componente de alta frecuencia; y un sumador (15) construido y dispuesto para sumar la imagen original y el componente de alta frecuencia amplificado para producir datos de nivel de brillo de la imagen de salida (16); en el que el filtro está construido y dispuesto para filtrar los niveles de brillo en una única etapa operativa en la que el filtro tiene una respuesta de frecuencia isótropa o próxima a isótropa y en cada píxel el componente de alta frecuencia es amplificado por una ganancia que varía en dependencia de la magnitud del componente de alta frecuencia en ese píxel obtenido en la etapa de filtrado y caracterizado porque el amplificador está construido y dispuesto de manera que: la ganancia es negativa, cero o positiva relativamente pequeña, cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa filtrado se encuentra por debajo de un valor umbral relativamente bajo; la ganancia es positiva y aumenta con la magnitud del componente de alta frecuencia, cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por encima de un valor umbral relativamente bajo y por debajo de un valor umbral relativamente alto; y la ganancia es positiva y disminuye de manera relativamente rápida con la magnitud del componente de alta frecuencia, cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por encima de un valor umbral relativamente alto.

[0026] En una realización preferida, el filtro es simétrico.

[0027] En una realización preferida, la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado diagonales del filtro es menor que la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado horizontal y la magnitud de los coeficientes de filtrado vertical del filtro.

[0028] En una realización más preferida, el filtro es un filtro 3x3 simétrico en el que la magnitud de los coeficientes de borde es el doble de la magnitud de los coeficiente angulares. Preferiblemente, la magnitud del coeficiente central es o es aproximadamente $(4 \times \text{la magnitud de cada coeficiente de borde} + 4 \times \text{la magnitud de cada coeficiente angular})$.

[0029] En una realización preferida, el filtro es un filtro paso-alto.

[0030] En una realización preferida, el filtro es un filtro paso- banda.

[0031] En una realización preferida, el aparato comprende un controlador de saturación construido y dispuesto para someter la suma de la imagen original y el componente de alta frecuencia amplificado a manipulación de saturación para ajustar la salida de datos de nivel de brillo para evitar la saturación.

[0032] En una realización preferida, el aparato comprende un filtro de ruido construido y dispuesto para recibir datos de nivel de brillo originales de la imagen de entrada como una entrada y para emitir los datos de nivel de brillo de la imagen de entrada que es filtrado por el filtro proporciona de salida el componente de alta frecuencia de la imagen de entrada.

[0033] El aparato y/o procedimiento preferido/s puede ser incorporado en cualquier aparato y/o procedimiento que se use para mejorar el contraste de una imagen digital, incluyendo por ejemplo un procesador de imágenes utilizado en un televisor o similar, impresoras, cámaras digitales, tarjetas de captura de emisiones, software de procesamiento de imágenes digitales que puede ser utilizado en muchas aplicaciones, etc., etc. Los procedimientos descritos en el presente documento pueden llevarse a cabo mediante software apropiado que funciona con el equipo informático apropiado. El software puede estar embebido en un circuito integrado, estando adaptado el circuito integrado para realizar, o para usar en el desempeño de los procesos relevantes. Muchas de las etapas de procesamiento pueden realizarse utilizando software, hardware dedicado (como ASIC) o una combinación de ellos.

[0034] A continuación se describirán realizaciones de la presente invención a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 muestra esquemáticamente un procedimiento de mejora de contraste de la técnica anterior;
- La figura 2 muestra esquemáticamente una descripción general de un ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la presente invención;
- Las figuras 3 a 5 muestran ejemplos de filtros paso-alto y filtros paso de banda adecuados para su utilización como el filtro que filtra datos de nivel de brillo de la imagen de entrada para obtener el componente de alta frecuencia de la imagen de entrada; y,
- La figura 6 muestra gráficamente ejemplos de la variación de ganancia que puede aplicarse dependiendo de la salida del filtro que filtra datos de nivel de brillo de la imagen de entrada para obtener el componente de alta frecuencia de la imagen de entrada.

[0035] Haciendo referencia a la figura 2, que muestra esquemáticamente un resumen de un ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la presente invención, una imagen de entrada original 11 es filtrada por un filtro de mejora 12. Como se explicará más adelante, el filtro de mejora 12 funciona para emitir el componente de alta frecuencia de la imagen original 11 en una única etapa operativa.

[0036] La salida del filtro de mejora 12 se pasa a una función de modulación 13 que aplica una ganancia g a la salida del filtro de mejora 12. La naturaleza de la ganancia preferida g se explicará más adelante.

[0037] La salida de la función de modulación 13 se pasa entonces a un dispositivo manipulador de saturación 14 que funciona para evitar saturación de contraste en la imagen mejorada, de nuevo como se discutirá más adelante.

[0038] A continuación, la salida del dispositivo manipulador de saturación 14 se añade de nuevo a la imagen original 11 en un sumador 15 para obtener la imagen mejorada 16. El funcionamiento del dispositivo manipulador de saturación preferido 14 se tratará más adelante.

[0039] El filtro de mejora preferido 12 tiene una respuesta de frecuencia isótropa, es decir, trata las frecuencias en direcciones diferentes igualmente. Esto ayuda a evitar la creación de objetos falsos, como bordes falsos, en la imagen mejorada 16.

[0040] El tamaño de la máscara de filtro del filtro de mejora 12 puede ser en general de $m \times n$, donde m es menor que el número de líneas de imagen en la imagen y n es menor que el número de columnas. Para máscaras de filtro 3×3 , el filtro de mejora 12 es preferiblemente un filtro paso-alto.

[0041] La figura 3 muestra un filtro paso-alto 3×3 general que es simétrico con respecto a las dos diagonales y las dos líneas centrales. Esta simetría significa que el filtro tiene fase cero que se prefiere para evitar que señales de frecuencia diferentes en la imagen original sean desplazadas con retardos variables. En fila desde la parte superior, los coeficientes del filtro son:

$$\left[\left\{ -a/4, -b/4, -a/4 \right\}; \left\{ -b/4, a+b, -b/4 \right\}; \left\{ -a/4, -b/4, -a/4 \right\} \right]$$

[0042] Dada la simetría y por lo tanto la fase cero, la función de transferencia correspondiente es:

$$H[u, v] = a + b - b(\cos(u))/2 - b(\cos(v))/2 - a(\cos(u-v))/2 - a(\cos(u+v))/2$$

[0043] Para conseguir la isotropía, se puede imponer una condición de igualdad a esta función de transferencia de manera que la ganancia sea igual para las direcciones horizontal/vertical y diagonal (es decir, $H[\pm\pi, \pm\pi] = H[\pm\pi, 0] = H[0, \pm\pi]$). Como $H[u, v]$ es par y simétrica, todas las igualdades revelan la misma relación para a y b , como sigue:

$$H[\pi, \pi] = H[\pi, 0]$$

$$a+b+b/2+b/2-a/2-a/2 = a+b+b/2-b/2+a/2+a/2$$

que se transforma en:

$$b=2a$$

[0044] Este es un hallazgo importante y muestra la relación óptima entre los coeficientes para un filtro paso-alto para utilizar en el presente contexto, es decir, un filtro paso-alto que es simétrico e isótropo. En la práctica, los coeficientes reales pueden variar algo de esta relación óptima. Por ejemplo, una condición más relajada que todavía produce buenos resultados es que la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado diagonales (por ejemplo, aquellos en las esquinas de un filtro 3×3) sea menor que la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado horizontal y la magnitud de los coeficientes de filtrado vertical (por ejemplo, aquellos en los bordes de un filtro 3×3)

(es decir, la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado diagonal es menor que la suma: la magnitud de los coeficientes de filtrado horizontal más la magnitud de los coeficientes de filtrado vertical). En la figura 4 se muestra un ejemplo específico que satisface perfectamente el requisito derivado del caso general de la figura 3.

[0045] Para máscaras de filtro más grandes, se pueden usar filtros paso de banda. Un ejemplo de un filtro de paso de banda adecuado 12 se muestra en la figura 5.

[0046] Se comprenderá que los ejemplos de máscaras de filtro mostradas en las figuras 3 a 5 son sólo ejemplos y que pueden utilizarse versiones escaladas de éstas, o en general máscaras que tengan valores relativos diferentes en conjunto. En cualquier caso, es decir, para filtros paso- banda o paso-alto, o incluso cualquier otro filtro adecuado utilizado como filtro de mejora 12, ajustando las derivaciones cuidadosamente y analizando la respuesta de frecuencia, pueden diseñarse también otros filtros isótropos.

[0047] El filtro de mejora 12 puede considerarse equivalente a la diferencia de dos filtros de suavizado: siendo el primero un filtro de alisado fuerte y el segundo un filtro de suavizado de luz. De hecho, el filtro de mejora 12 puede implementarse realmente mediante dos filtros separados, a saber, un filtro de suavizado fuerte y un filtro de suavizado de luz, cada uno de los cuales opera sobre los datos de imagen de entrada original. El filtro de suavizado de luz puede ser un filtro gaussiano, que en general puede ser de nuevo del tamaño $m * n$ expuesto anteriormente. El filtro fuerte puede ser un filtro medio, que en general de nuevo puede ser de tamaño $m * n$ discutido anteriormente aunque debe, por supuesto, ser del mismo tamaño que el filtro de suavizado de luz. La diferencia de estos dos filtros se obtiene entonces como la salida del filtro de mejora 12.

[0048] La ganancia g que es aplicada por la función de modulación 13 a la salida del filtro de mejora 12 se varía preferiblemente dependiendo del valor de la salida del filtro de mejora 12 en cada píxel. En una realización preferida, la función de modulación 13, utiliza la salida del filtro de mejora 12 para clasificar los píxeles originales en uno de entre tres tipos diferentes. El valor de g en cualquier valor particular de la salida del filtro de mejora 12 puede almacenarse en una tabla de consulta.

[0049] El primer tipo corresponde al ruido y corresponde a salidas del filtro de mejora 12 pequeñas. Haciendo referencia a la figura 6, para las salidas del filtro de mejora 12 que están por debajo de un determinado umbral inferior "a", la ganancia g es preferiblemente negativa, nula o positiva pequeña y preferiblemente disminuye de manera monótona con el valor decreciente de la salida del filtro de mejora 12. Se entenderá que cuando la ganancia g es negativa, la imagen mejorada es la imagen original menos la imagen de alta frecuencia. En tal caso, por lo tanto, en lugar de mejorar las frecuencias altas, la imagen original se suaviza. Esto mejora la calidad visual de las regiones lisas y por lo tanto una ganancia negativa en esta región es la más preferida. En esta región, la ganancia g puede variar linealmente con el valor de la salida del filtro de mejora 12. Para las salidas del filtro de mejora 12 que son menores que "a", la ganancia puede ser, por ejemplo, de un mínimo de -2,5. En una realización, "a" es igual o menor que 5.

[0050] El segundo tipo corresponde al detalle en la imagen original y corresponde a salidas del filtro de mejora 12 que están en una "banda media", es decir entre el primer umbral "a" y un segundo umbral "b" más alto. En esta región, la ganancia puede aumentar a medida que disminuye la probabilidad de ruido, es decir, a medida que aumenta la salida del filtro de mejora 12 y, por lo tanto, en esta región la ganancia g aumenta preferentemente de manera monótona con la salida del filtro de mejora 12. Una de dichas ganancias se puede calcular a partir de una función seno evaluada en el primer cuadrante. Sin embargo, pueden utilizarse otras funciones y, de hecho, la ganancia g puede ser constante en esta región. Los valores típicos para "b" se encuentran en el intervalo de 10 a 20.

[0051] El tercer tipo corresponde a transiciones de alta luminancia y corresponde a salidas del filtro de mejora 12 que están por encima del segundo umbral "b". Para estas salidas más grandes del filtro de mejora 12, la ganancia g disminuye rápidamente a cero para evitar cualquier rebasamiento. En este caso, la ganancia g disminuye a cero para un tercer umbral más alto "c" y permanece en cero después. Una de estas ganancias en la región entre "b" y "c" puede calcularse a partir de un coseno evaluado en su primer cuadrante. Sin embargo, pueden usarse otras funciones y, por ejemplo, la ganancia g puede disminuir linealmente en esta región con el valor de la salida del filtro de mejora 12. Los valores típicos para "c" se encuentran en el intervalo de 25 a 30.

[0052] El pseudo-código para este ejemplo particular es:

```

50  si (dev <= a)
    ganancia = -2 + 2/(a-1)*(dev-1);
    %ganancia = 0;
    sino si (dev < b)
    ganancia = K*sen(pi/2*(dev-a)/(b-a));
55  sino si (dev < c)
    ganancia = K*cos(pi/2*(dev-b)/(c-b));
    sino
    ganancia=0;
    fin
60  volver;
```

donde K es la ganancia máxima seleccionada por el usuario.

[0053] El manipulador de saturación 14 modifica la salida del filtro modulado cuando el valor del píxel original está próximo a valores de luminancia mínimos o máximos con el fin de evitar la saturación de la imagen mejorada en

valores de luminancia bajos o altos. En una realización preferida, se definen dos niveles de saturación: un nivel de saturación mínimo y un nivel de saturación máximo. Cuando el valor de píxel original es menor que el nivel de saturación mínimo o mayor que el nivel de saturación máximo, la magnitud de la salida modulada del filtro de mejora 12 de la función de modulación 13 se disminuye. La cantidad de disminución puede ser proporcional a la cantidad que el valor de píxel original difiere del nivel de saturación mínimo o máximo respectivamente. A continuación se muestra el pseudo-código para manipulación de saturación en una ejecución específica, en este caso suponiendo que hay 255 niveles de gris disponibles en el dispositivo de visualización que presentará la imagen mejorada:

```

5      Dif1=MinSL-Y(m,n);
10     si (Dif1>0)
        YY=Y+salidafiltro*[1-(Dif1/MinSL)]^roll;
        fin
        Dif2=Y-MaxSL
        isi(Dif2>0)
15     YY=Y+salidafiltro*[1-(Dif2/(255-MaxSL))]^roll;
        fin,

```

donde Y es el valor de luminancia original, YY es el valor de luminancia mejorado, MinSL es el nivel de saturación mínimo, MaxSL es el nivel de saturación máximo y *roll* es cualquier entero, típicamente 1.

20 **[0054]** La imagen original 11 puede ser filtrada por un filtro de ruido (no mostrado) antes de que los datos de nivel de brillo de la imagen de entrada sean pasados al filtro de mejora 12. Un ejemplo de un filtro adecuado es un filtro de Wiener. En general, el filtro de ruido puede ser un $m * n$ donde m es menor que el número de líneas de imagen de la imagen y n es menor que el número de columnas. En un ejemplo, el filtro de ruido es un filtro 3x3. Cuando funciona dicho filtro de ruido, los datos de nivel de brillo de la imagen de entrada se suavizan lo que mejora el comportamiento de ruido del aparato y procedimiento.

25 **[0055]** Se han descrito realizaciones de la presente invención con particular referencia a los ejemplos ilustrados. Sin embargo, se apreciará que se pueden hacer variaciones y modificaciones a los ejemplos descritos dentro del alcance de la presente invención.

30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para ajustar el contraste de una imagen de entrada (11), formada por píxeles en la que cada píxel tiene un nivel de brillo de entrada para producir una imagen de salida (16) en la que, al menos, algunos de los píxeles tienen un nivel de brillo de salida que es diferente de su nivel de brillo de entrada, comprendiendo el procedimiento:
5 filtrar (12) datos de nivel de brillo de la imagen de entrada para obtener un componente de alta frecuencia de la imagen de entrada en una sola etapa operativa;
10 amplificar (13) el componente de alta frecuencia; y,
sumar (15) la imagen original y el componente de alta frecuencia amplificado para producir datos de nivel de brillo de la imagen de salida (16);
15 en el que el nivel de brillo se filtra en una única etapa operativa, usando un filtro que tiene una respuesta de frecuencia isótropa o cercana a isótropa y, en cada píxel, el componente de alta frecuencia es amplificado por una ganancia que varía dependiendo de la magnitud del componente de alta frecuencia en el píxel obtenido en la etapa de filtrado y caracterizado porque:
20 la ganancia es negativa, cero o positiva relativamente pequeña cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por debajo de un valor umbral relativamente bajo;
la ganancia es positiva y aumenta con la magnitud del componente de alta frecuencia cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por encima de un valor umbral relativamente bajo y por debajo de un valor umbral relativamente alto; y
25 la ganancia es positiva y disminuye de manera relativamente rápida con la magnitud del componente de alta frecuencia cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por encima de un valor umbral relativamente alto.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el filtrado de los datos de nivel de brillo de la imagen de entrada (11) se lleva a cabo usando un filtro que es simétrico.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el filtrado de los datos de nivel de brillo de la imagen de entrada se lleva a cabo utilizando un filtro para el cual la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado diagonales es menor que la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado horizontal y la magnitud de los coeficientes de filtrado vertical.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el filtro es un filtro 3x3 simétrico en el que la magnitud de los coeficientes de borde es el doble de la magnitud de los coeficiente angulares.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la magnitud del coeficiente central es o es aproximadamente (4 x la magnitud de cada coeficiente de borde + 4 x la magnitud de cada coeficiente angular).
6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el filtro es un filtro paso-alto.
7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el filtro es un filtro paso-banda.
8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la suma de la imagen original y el componente de alta frecuencia amplificado, se somete a manipulación de saturación para ajustar los datos de nivel de brillo de salida para evitar la saturación.
9. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que los datos de nivel de brillo de la imagen de entrada que se filtran en la etapa de filtrado para obtener un componente de alta frecuencia de la imagen de entrada en una única etapa operativa, se obtiene como salida de un filtro de ruido, siendo la entrada al filtro de ruido los datos de nivel de brillo original de la imagen de entrada.
10. Aparato para ajustar el contraste de una imagen de entrada (11) formada por píxeles en la que cada píxel tiene un nivel de brillo de entrada para producir una imagen de salida (16) en la que, al menos, algunos de los píxeles tienen un nivel de brillo de salida diferente de su nivel de brillo de entrada, comprendiendo el aparato:
60 un filtro (12) construido y dispuesto para filtrar datos de nivel de brillo de una imagen de entrada para obtener un componente de alta frecuencia de la imagen de entrada en una sola etapa operativa;
un amplificador (13) construido y dispuesto para amplificar el componente de alta frecuencia; y,
un sumador (15) construido y dispuesto para sumar la imagen original y el componente de alta frecuencia amplificado para producir datos de nivel de brillo de la imagen de salida (16);

en el que el filtro está construido y dispuesto para filtrar los niveles de brillo en una sola etapa operativa en la que el filtro tiene una respuesta de frecuencia isótropa o cercana a isótropa y en cada píxel el componente de alta frecuencia es amplificado por una ganancia que varía dependiendo de la magnitud del componente de alta frecuencia en ese píxel obtenido en la etapa de filtrado y

5 caracterizado porque el amplificador está construido y dispuesto de modo que:

la ganancia es negativa, cero o positiva relativamente pequeña, cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por debajo de un valor umbral relativamente bajo;

10 la ganancia es positiva y aumenta con la magnitud del componente de alta frecuencia cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por encima de un valor umbral relativamente bajo y por debajo de un valor umbral relativamente alto; y

la ganancia es positiva y disminuye de manera relativamente rápida con la magnitud del componente de alta frecuencia cuando la magnitud del componente de alta frecuencia obtenido en la etapa de filtrado se encuentra por encima de un valor umbral relativamente alto.

15 **11.** Aparato según la reivindicación 10, en el que el filtro es simétrico.

12. Aparato según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado diagonales del filtro (12) es menor que la suma de la magnitud de los coeficientes de filtrado horizontal y la magnitud de los coeficientes de filtrado vertical del filtro.

13. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que el filtro (12) es un filtro 3x3 simétrico en el que la magnitud de los coeficientes de borde es el doble de la magnitud de los coeficientes angulares.

25 **14.** Aparato de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la magnitud del coeficiente central es o es aproximadamente ($4 \times$ la magnitud de cada coeficiente de borde + $4 \times$ la magnitud de cada coeficiente angular).

15. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en el que el filtro (12) es un filtro paso-alto.

30 **16.** Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 10 ó 11, en el que el filtro es un filtro paso-banda.

17. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, que comprende un dispositivo manipulador de saturación construido y dispuesto para someter la suma de la imagen original y el componente de alta frecuencia amplificado a manipulación de saturación para ajustar los datos del nivel de brillo de salida para evitar la saturación.

35 **18.** Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, que comprende un filtro de ruido construido y dispuesto para recibir datos de nivel de brillo original de la imagen de entrada como entrada y para emitir los datos de nivel de brillo de la imagen de entrada que son filtrados por el filtro que proporciona de salida el componente de alta frecuencia de la imagen de entrada.

40

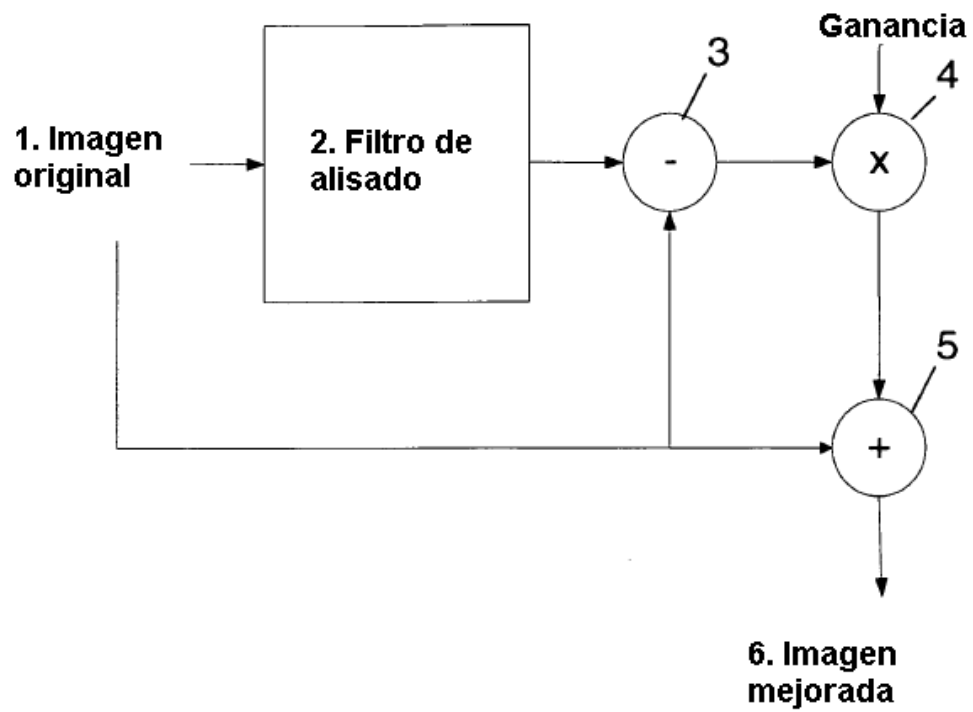


Fig. 1

TÉCNICA ANTERIOR

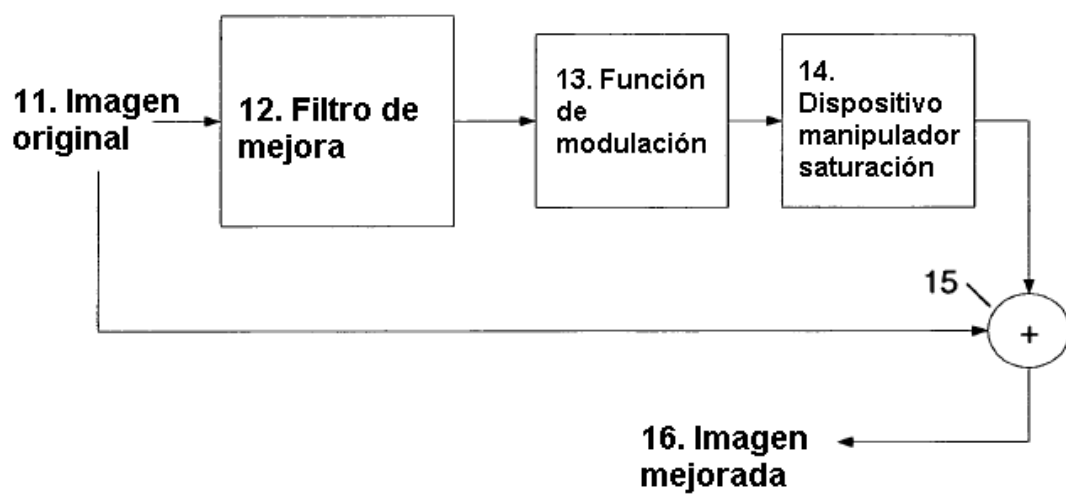


Fig. 2

$-a/4$	$-b/4$	$-a/4$
$-b/4$	$a+b$	$-b/4$
$-a/4$	$-b/4$	$-a/4$

Fig. 3

-1	-2	-1
-2	12	-2
-1	-2	-1

Fig. 4

-2	-8	-16	-8	-2
-8	2	16	2	-8
-16	16	64	16	-16
-8	2	16	2	-8
-2	-8	-16	-8	-2

Fig. 5

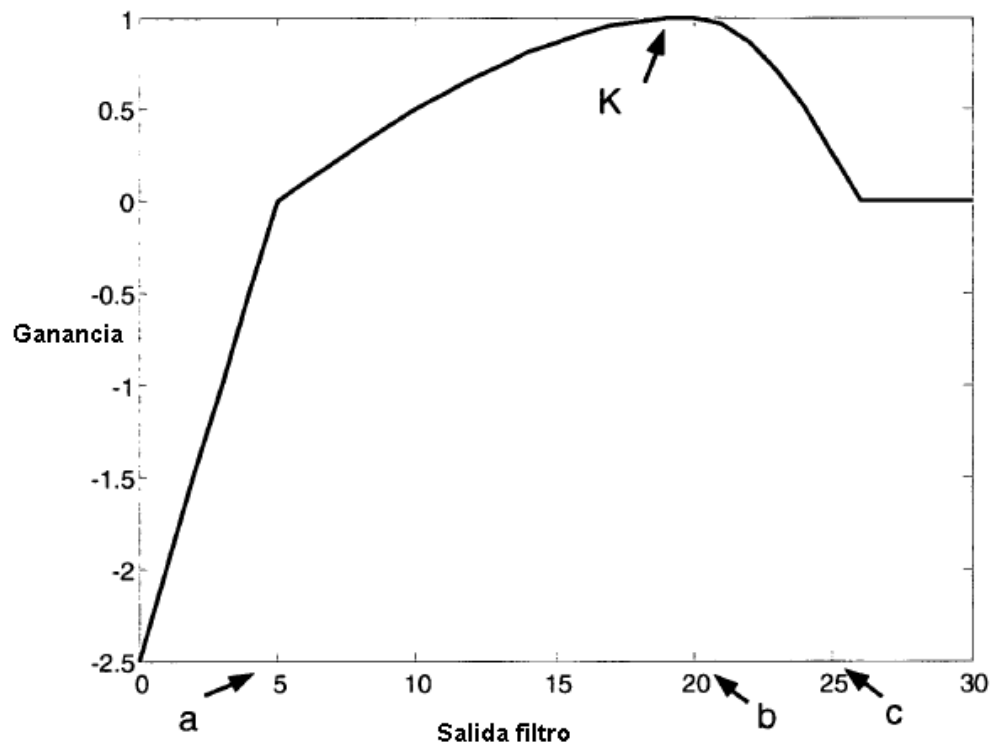


Fig. 6

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 citado en la descripción

- US 11340956 B [0006]
- WO 03100723 A [0008]
- US 5717789 A [0011]

10 Bibliografía no de patentes citada en la descripción

- **J.S. LEE.** Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Using Local Statistics. *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, February 1980, vol. PAMI-2, 165-168 [0004]
- **P. M. NARENDRA ; R. C. FITCH.** Real-time Adaptive Contrast Enhancement. *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, June 1981, vol. PAMI-3, 655-661 [0005]
- **A. POLESEL ; G. RAMPONI ; V.J. MATTHEWS.** Image Enhancement via Adaptive Unsharp Masking. *IEEE Trans. On Image Processing*, March 2000, vol. 9 (3) [0005]
- Adaptive Unsharp Masking for Contrast Enhancement. **A. POLESEL ; G. RAMPONI.** the Proceedings of The International Conference on Image Processing, 1997. IEEE Comput. Soc. US, 26 October 1997, vol. 1, 267-270 [0007]
- **RAMPONI ; POLESEL.** Rational Unsharp Masking Technique. *the Journal of Electronic Imaging*, April 1998, vol. 7 (2), 333-338 [0009]
- **RAMPONI.** A Cubic Unsharp Masking Technique for Contrast Enhancement. *Signal Processing*, 1998, vol. 67 (2), 211-222 [0010]