



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 333 040**

51 Int. Cl.:
G06T 5/40 (2006.01)
H04N 5/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06251101 .9**
96 Fecha de presentación : **01.03.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1814080**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.2007**

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

30 Prioridad: **26.01.2006 US 340913**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.02.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.02.2010

73 Titular/es: **Vestel Elektronik Sanayi ve Ticaret A.S.**
Organize Sanayi Bölgesi
45030 Manisa, TR

72 Inventor/es: **Altunbasak, Yucel;**
Arici, Tarik y
Akgun, Toygar

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 333 040 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

Método y aparato para ajustar el contraste de una imagen.

El presente invento se refiere a un método y un aparato para ajustar el contraste de una imagen.

Se conocen varias técnicas para ajustar el contraste de una imagen, sobre todo con el fin de mejorar el contraste y por tanto la visibilidad de la imagen. El ajuste de contraste o realce de imágenes, sobre todo las imágenes digitales, se usa en muchos campos, que incluyen la mejora del contraste de una imagen digital para visualizarla en un receptor de televisión u otro dispositivo de visualización, para ser imprimida por una impresora, en cámaras digitales, etc, etc. El realce del contraste se usa para mejorar el contraste en imágenes médicas y de otro tipo.

Una técnica conocida es la denominada igualación de histogramas. Una discusión sobre la igualación de histogramas puede encontrarse en, por ejemplo, "Digital Image Processing", Prentice Hall, New Jersey, 2001, de R.C. González y Richard B. Woods. La igualación de histogramas está basada en la asunción de que una imagen que tiene un buen contraste tiene píxeles con niveles de luminosidad que están por lo general igualmente distribuidos sobre el intervalo de niveles de luminosidad posibles que puede ser visualizado por el dispositivo de visualización, imprimido por la impresora, etc. Cada uno de los píxeles conserva su orden de luminosidad (esto es, permanecen más brillantes u oscuros que otros píxeles). Sin embargo, los valores de los niveles de luminosidad de cada uno de los píxeles se ajustan de forma que estén igualmente distribuidos en la escala de luminosidad.

Con referencia a la Figura 1, en la igualación de histogramas los niveles de luminosidad de la imagen digital de entrada son sometidos a la generación de histogramas 1 en la que se genera un histograma de los niveles de luminosidad de los píxeles. A continuación se genera una función de distribución acumulativa del histograma 2. La función de distribución acumulativa se normaliza según sea necesario con la gama dinámica disponible del dispositivo de visualización, impresora, etc. Por ejemplo, la gama dinámica puede tener 256 niveles de gris. Esta función de distribución acumulativa normalizada es después usada para correlacionar los niveles de luminosidad de la imagen digital de entrada con los niveles de luminosidad de una imagen de salida 3, que puede después ser pasada a visualización, impresión, etc. La igualación de histogramas realza el contraste de los valores de luminosidad que están cerca del máximo en el histograma y disminuye el contraste cerca de los mínimos. En otras palabras, la igualación de histogramas mejora el contraste en la imagen en regiones de bajo contraste a expensas de otras regiones en las que ya hay un buen contraste.

Una particular limitación de la igualación de histogramas es que los grandes picos en el histograma pueden ser debidos a grandes regiones de luminosidad similar. Frecuentemente éstas corresponden a regiones de fondo que a menudo no tienen interés. En cualquier caso, el efecto de la igualación de histogramas puede ser un sobrerrealce y una visibilidad de ruido aumentada. En el caso en que el histograma contenga picos altos la función de distribución acumulativa generada se hace aguda y los niveles de luminosidad en la imagen de entrada que están cerca uno de otro pueden ser correlacionados para producir niveles de luminosidad que están lejos uno de otro.

Se conocen varias técnicas para superar este problema de sobrerrealce. Por ejemplo, en "Adaptive Image Contrast Enhancement Using Generalizations of Histogram Equalization", de J. Alex Stara en IEEE Transactions on Image Processing, vol. 9, n° 5, Mayo 2000, se expone una función de distribución acumulativa. Con referencia a la Figura 2, el histograma generado 4 está sometido a una función de acumulación modificada 5 que pondera los valores del histograma. Esta función de ponderación es inversamente proporcional a la distancia desde el nivel de luminosidad del píxel actual. De esta forma, se evitan grandes cambios en la función de acumulación 5, de forma que la correlación 6 no cambia de forma importante las características de la imagen. No obstante, un problema con esta técnica modificada es que las funciones de ponderación deben ser escogidas de antemano, y no es suficiente una única función de ponderación para crear una correlación que impida el sobrerrealce de todas las imágenes. Por ejemplo, para una imagen de entrada que tiene unos picos extremadamente estrechos en el histograma de los niveles de luminosidad, la función de ponderación tiene que ser ajustada en consecuencia. Sin embargo, el ajuste de la función de ponderación para tratar con los histogramas con picos estrechos no darán resultados visuales satisfactorios cuando el histograma no esté con picos estrechos y la gama dinámica sea más ancha.

En Pfizer, S.M. y otros: "Adaptive Histogram Equalization and its Variations" Computer Vision Graphics and Image Processing, Academia Press, Duluth, MA, US, vol 39, n° 3, Septiembre 1987 (1987-09), páginas 355-368, XP001002914, se expone una técnica de realce del contraste. Se forma un histograma de píxeles y sus niveles de luminosidad. Después, se fija un umbral de forma que se puedan identificar estos niveles de luminosidad con más de un número de píxeles umbral. A continuación se "recortan los picos y crestas" de los píxeles que interesan y son redistribuidos, es decir los niveles de luminosidad de al menos algunos de los píxeles en los niveles de luminosidad que excedan el umbral son cambiados de forma que ningún nivel de luminosidad tenga más píxeles que el umbral. Una técnica similar se expone en el documento EP-A-0501728.

De acuerdo con un primer aspecto del presente invento se ha dispuesto un método de ajuste del contraste de una imagen formada por píxeles en la que cada píxel tiene un nivel de luminosidad inicial que está dentro de unos niveles de gama de luminosidad entre un nivel de luminosidad mínimo y un nivel de luminosidad máximo, comprendiendo el método, al menos algunos de los píxeles en la imagen:

en cada uno de los niveles de luminosidad dentro de dicha gama, contar el número de dichos píxeles que tienen el mismo nivel de luminosidad; y

dividir dichos píxeles en al menos dos tipos;

caracterizado porque:

dicha división de dichos píxeles se realiza en al menos dos tipos identificando el o cada conjunto de píxeles que tienen niveles de luminosidad iniciales en los que cada uno de una pluralidad de píxeles adyacentes de dichos niveles de luminosidad tiene más píxeles que un número umbral, siendo un primer tipo los píxeles de dicha pluralidad de píxeles adyacentes de dichos niveles de luminosidad, siendo un segundo tipo los restantes píxeles; y porque:

se efectúa separadamente para cada conjunto de píxeles del primer tipo el realce de contraste en los píxeles que componen el conjunto, en el que el realce del contraste se realiza aplicando la igualación de histogramas solamente en los píxeles que forman el conjunto usando la función de distribución acumulativa para los píxeles del conjunto.

De este modo los píxeles son (teóricamente) divididos en al menos tipos primero y segundo. Los del primer tipo son los píxeles que tienen niveles de luminosidad iniciales que están “agrupados” y cada uno contiene más píxeles que el número umbral. En otras palabras, cuando por ejemplo se forma un histograma de los niveles de luminosidad iniciales de los píxeles, el histograma se divide en una o más regiones “Tipo I” contiguas en las que cada nivel de luminosidad adyacente contiene más píxeles que el número umbral. Estas regiones Tipo I indican la presencia de objetos dominantes en la imagen y por tanto las regiones en las que el realce de contraste se aplica preferiblemente. El realce del contraste es después realizado sobre los píxeles de las regiones Tipo I, siendo los píxeles de cada región Tipo I tratados separadamente, y más preferiblemente con técnicas de realce de contraste que difieren en detalle y que están adaptadas a las características de los píxeles que forman cada región Tipo I.

El realce de contraste que se realiza en los píxeles que forman el o cada conjunto del primer tipo es la igualación del histograma.

El método puede realizarse en todos los píxeles en la imagen.

En el paso de recuento, se puede formar un histograma en el que el número de píxeles por nivel de luminosidad esté indicado, comprendiendo el método atenuar dicho histograma antes del paso de división. Esta atenuación ayuda a superar los problemas de distorsión del histograma, los cuales pueden producirse por ejemplo debido a la cuantificación cuando la imagen está inicialmente digitalizada. La atenuación puede realizarse pasando los valores del histograma a través de un filtro de paso bajo. Los niveles mínimo y máximo de luminosidad en dicho histograma después de la atenuación son preferiblemente los mismos que los niveles máximo y mínimo iniciales de dichos píxeles.

El número umbral es preferiblemente el promedio del número de píxeles por nivel de luminosidad obtenido en el paso de recuento multiplicado por una constante mayor que 0 y menor o igual a 1. Típicamente, la constante es 1 aunque se pueden fijar otros valores para la constante. Ciertamente, existen otros medios para determinar el umbral.

En una realización se aplica una transformación lineal a los niveles de luminosidad iniciales de los píxeles del segundo tipo. En esta realización los píxeles de niveles de luminosidad del segundo tipo son así sometidos a un ajuste simple caso de ser necesario.

Preferiblemente el método comprende, antes del paso de realce del contraste, expandir la gama de niveles de luminosidad en el o en cada conjunto de píxeles del primer tipo. Esto ayuda a mejorar el contraste en los objetos dominantes indicado por los píxeles que son del primer tipo.

El método puede comprender expandir la gama de niveles de luminosidad en el o en cada conjunto de píxeles del primer tipo en $(1+g \cdot L_R/D_R)$, en donde g es un multiplicador escalar, L_R es la gama de niveles de luminosidad en el conjunto, y D_R es una medida de la gama dinámica de niveles de luminosidad en la imagen.

D_R puede ser definido como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MAX es el nivel de luminosidad máximo y P_MIN es el nivel de luminosidad mínimo.

Sin embargo, más preferiblemente, D_R se define como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MAX es el nivel de luminosidad inicial máximo y P_MIN es el nivel de luminosidad inicial mínimo mostrados por al menos un porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho porcentaje predeterminado menor del 100%. De forma alternativa, D_R se define como $(1+P_MAX-P_MIN)$, donde P_MIN es el nivel de luminosidad inicial mínimo y P_MAX es el nivel de luminosidad inicial máximo mostrados por al menos un porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho porcentaje predeterminado menor del 100%. Más preferiblemente, D_R se define como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MIN es el nivel de luminosidad inicial mínimo, mostrado por al menos un primer porcentaje predeterminado de dichos píxeles, y P_MAX es el nivel de luminosidad inicial máximo mostrado por al menos un segundo porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho primer porcentaje predeterminado menor que dicho segundo porcentaje predeterminado, y siendo cada uno de porcentajes predeterminados primero y segundo menor del 100%. En cualquiera de estas realizaciones preferidas la gama dinámica se hace más consistente con el ruido y capta mejor la gama dinámica real, especialmente si las colas del histograma son pequeñas.

En una realización dicha imagen es una imagen de una sucesión de imágenes, siendo el método aplicado a las imágenes de la sucesión de imágenes utilizando el mismo realce de contraste hasta que se detecte un cambio de contraste suficiente de las imágenes, cuando se aplica un realce de contraste diferente a las imágenes posteriores de la sucesión de imágenes. De esta forma, por ejemplo, se puede utilizar la misma correlación de realce de contraste hasta que se detecte un cambio de escena significativo o suficiente.

De acuerdo con un segundo aspecto del presente invento se ha dispuesto un aparato para ajustar el contraste de la imagen formada por píxeles en la que cada píxel tiene un nivel de luminosidad inicial que está dentro de una gama de niveles de luminosidad entre un nivel de luminosidad mínimo y un nivel de luminosidad máximo, comprendiendo el aparato:

un contador elaborado y dispuesto para contar, al menos algunos de los píxeles en la imagen y de cada uno de los niveles de luminosidad dentro de dicha gama, el número de dichos píxeles que tienen el mismo nivel inicial de luminosidad; y

un clasificador elaborado y dispuesto para dividir dichos píxeles en al menos dos tipos; caracterizado porque:

dicho clasificador está elaborado y dispuesto para dividir dichos píxeles en al menos dos tipos identificando el o cada uno de los píxeles que tienen niveles de luminosidad iniciales en los que cada uno de la pluralidad de píxeles adyacentes de dichos niveles de luminosidad tiene más píxeles que un número umbral, siendo un primer tipo los píxeles de dicha pluralidad de píxeles adyacentes de dichos niveles de luminosidad, siendo un segundo tipo el resto de los píxeles; y porque:

un realzador de contraste elaborado y dispuesto para realizar el realce del contraste separadamente en el o en cada conjunto de píxeles del primer tipo aplicando la igualación de histograma solamente en los píxeles que forman el conjunto utilizando la función de distribución acumulativa a los píxeles del conjunto.

El realzador de contraste está dispuesto de tal forma que el realce del contraste que se realiza en los píxeles que forman el o cada conjunto de píxeles del primer tipo es la igualación de histograma.

El aparato puede ser dispuesto para operar en todos los píxeles de la imagen.

El contador puede estar dispuesto para formar un histograma en el que el número de píxeles por nivel de luminosidad esté indicado, comprendiendo el aparato un atenuador elaborado y dispuesto para atenuar dicho histograma antes de la operación del clasificador. El atenuador puede estar dispuesto para operar pasando los valores del histograma a través de un filtro de paso bajo. El atenuador está preferiblemente dispuesto de forma que los niveles de luminosidad mínimo y máximo en dicho histograma después de la atenuación sean los mismos que los niveles de luminosidad iniciales máximo y mínimo de dichos píxeles.

El número umbral es preferiblemente el promedio del número de píxeles por nivel de luminosidad obtenidos en el paso de recuento multiplicado por una constante mayor de 0 y menor o igual a 1.

En una realización el aparato comprende un realzador de contraste elaborado y dispuesto para aplicar una transformación lineal a los niveles de luminosidad iniciales de los píxeles del segundo tipo.

El aparato puede comprender un amplificador de la gama elaborada y dispuesta para ampliar los niveles de la gama de luminosidad en el o en cada uno conjunto de píxeles del primer tipo antes de la operación del realzador de contraste.

El expansor de la gama puede ser dispuesto para expandir la gama de los niveles de luminosidad en el o en cada conjunto de píxeles del primer tipo en $(1+g \cdot L_R/D_R)$, en donde g es un multiplicador escalar, L_R es la gama de los niveles de luminosidad en el conjunto, y D_R es una medida de la gama dinámica de los niveles de luminosidad en la imagen.

D_R puede ser definido como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MAX es el nivel de luminosidad máximo y P_MIN es el nivel de luminosidad mínimo.

Más preferiblemente, sin embargo, D_R se define como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MAX es el nivel de luminosidad inicial máximo y P_MIN es el nivel de luminosidad inicial mínimo mostrados por al menos un porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho porcentaje predeterminado menor del 100%. De forma alternativa, preferiblemente D_R se define como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MIN es el nivel de luminosidad inicial mínimo y P_MAX es el nivel de luminosidad inicial máximo mostrados por al menos un porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho porcentaje predeterminado menor del 100%. Más preferiblemente, D_R se define como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MIN es el nivel de luminosidad inicial mínimo mostrado por al menos un primer porcentaje predeterminado de dichos píxeles, y P_MAX es el nivel de luminosidad inicial máximo mostrado por al menos un segundo porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho primer porcentaje predetermi-

nado menor que dicho segundo porcentaje predeterminado, y siendo cada uno de los porcentajes primero y segundo predeterminados menor del 100%.

En una realización dicha imagen es una imagen de una sucesión de imágenes, comprendiendo el aparato un detector de cambio de escena para detectar cambios en el contraste entre imágenes de la sucesión de imágenes, estando el aparato dispuesto para aplicar el mismo realce de contraste a las imágenes de la sucesión de imágenes hasta que se detecte un cambio suficiente en el contraste de las imágenes, cuando se aplica un realce de contraste diferente a las posteriores imágenes de la sucesión de imágenes.

El aparato y/o método preferido puede ser incorporado en cualquier aparato y/o método que se use para realzar el contraste de una imagen digital, incluyendo por ejemplo un procesador de imágenes usado en un equipo de televisión o similar, en impresoras, en soporte lógico digital de procesamiento de imágenes, etc, etc. Los métodos aquí descritos pueden aplicarse mediante un soporte lógico apropiado que funcione en el equipo de ordenador apropiado. El soporte lógico puede estar incorporado en un circuito integrado, estando el circuito integrado adaptado para realizar, o para uso en la realización de, los correspondientes procesos. Muchos de los pasos de procesamiento pueden ser realizados utilizando un soporte lógico, un soporte físico especializado (tal como el ASICs), o una combinación de ambos.

A continuación se describirán a modo de ejemplo realizaciones del presente invento con referencia a los dibujos anejos, en los que:

la Figura 1 y la Figura 2 muestran esquemáticamente dos técnicas de realce del contraste de la técnica anterior;

la Figura 3 muestra esquemáticamente una vista de conjunto de un ejemplo de un método de acuerdo con una realización del presente invento;

las Figuras 4 a 8 muestran esquemáticamente los pasos detallados en un ejemplo de un método de acuerdo con una realización del presente invento; y

la Figura 9 muestra esquemáticamente un ejemplo de un histograma producido durante la operación de un método de acuerdo con una realización del presente invento y de cómo se trata el histograma.

Con referencia primero a la Figura 3, en una vista de conjunto de un ejemplo preferido de una realización del presente invento opera como sigue. A partir de los niveles de luminosidad de los píxeles en la imagen digital de entrada se genera un histograma 10. El histograma muestra el número de píxeles por nivel de luminosidad o "bin". En un paso 11 de extracción de regiones el histograma se divide en regiones contiguas de forma que se identifiquen los niveles de luminosidad de los píxeles agrupados. Cada una de las regiones es definida como una gama contigua de niveles de luminosidad de los píxeles. Estos niveles de luminosidad de píxeles agrupados indican la existencia de objetos dominantes diferentes en la imagen si la magnitud de la parte correspondiente del histograma es mayor que un umbral. La longitud de cada región muestra la gama dinámica asignada a esos objetos en la imagen.

Con el fin de realzar el contraste en estos objetos dominantes, se expande la gama dinámica asignada a ellos en la imagen de entrada mediante un factor de expansión en un paso 12 de corrección de regiones. El factor de expansión preferido depende de la gama dinámica total de los niveles de luminosidad de la imagen de entrada y de la longitud de la gama dinámica. Después de la operación de expansión en cada región con relación a los objetos dinámicos estas regiones son corregidas en el paso 12 de corrección de regiones de forma que estén ordenadas de acuerdo con el nivel de luminosidad de píxel sin solapamiento y excluyendo cualesquiera niveles de luminosidad de píxel entre las regiones. Además, todas las regiones son acortadas si es necesario en el mismo factor si la unión de estas regiones no se ajusta a la gama visualizable/imprimible de los niveles de luminosidad de píxel. El número de niveles de luminosidad disponibles depende del dispositivo de visualización, impresora, etc, y puede ser, por ejemplo, 256 niveles de gris.

Utilizando estas regiones corregidas se obtiene una correlación 13. Esta correlación utiliza diferentes tipos de realce dependiendo del tipo de la región. En una realización preferida hay dos tipos de regiones. La Tipo I corresponde a los objetos dominantes, y la Tipo II a todos los objetos restantes no dominantes en la imagen. Para las regiones Tipo I la función de correlación preferida utiliza la igualación de histograma en los niveles de luminosidad de los píxeles de la imagen. La igualación de histograma se realiza de forma que los niveles de luminosidad de los píxeles de salida producidos de la región extraída del objeto dominante están en la gama que es producida después de la operación de corrección correspondiente a esa región. Por otra parte, la correlación lineal puede usarse para las regiones Tipo II o de objetos no dominantes de forma que las regiones no dominantes extraídas se correspondan con las regiones relativas en la imagen de salida.

Usando la correlación obtenida, el contraste en la imagen es realizado en el paso 14. Se puede usar la misma correlación hasta que se detecte un cambio de escena en el paso 15. En la realización preferida se utiliza un detector de cambio de escena para detectar cambios de escena. Se usa la misma correlación hasta que llegue una nueva imagen perteneciente a una nueva escena determinada por el detector de cambio de escena.

La Figura 4 muestra esquemáticamente los pasos realizados para la generación 10 del histograma de la Figura 3, y la Figura 9 muestra esquemáticamente un ejemplo de un histograma producido durante la operación de un método de acuerdo con una realización del presente invento y de cómo se trata el histograma.

Se obtiene un valor inicial de histograma no tratado de cada nivel de luminosidad de píxel o “bin” primeramente contando en el paso 20 el número de píxeles que tiene cada nivel de luminosidad de píxel, mostrándose el histograma original creado así como una línea continua en la Figura 9. En la práctica, a menudo se considera que el histograma de entrada producido está distorsionado, típicamente al menos en parte debido a la cuantización que se produce cuando la imagen está inicialmente digitalizada. Este problema se manifiesta en sí mismo por la creación de un histograma distorsionado que tiene grandes magnitudes en algunos niveles de luminosidad de píxel y magnitudes muy pequeñas o cero en niveles de luminosidad próximos. Esto puede minimizarse mediante un paso de atenuación 21 en el que el histograma sin tratar inicial es atenuado. Se ha considerado que se puede utilizar un método simple de cálculo del promedio de ventanas que usa un filtro de paso bajo para atenuar el histograma inicial sin tratar. En un ejemplo de método de cálculo del promedio de ventanas el valor del número de píxeles en un nivel de luminosidad actual o bin se toma para que sea el promedio de un número fijo de bins a la izquierda y a la derecha del bin actual. Las condiciones de límite se fijan de forma que los niveles mínimos y máximos de luminosidad de píxel observados en la imagen de entrada sean los mismos después del proceso de atenuación. Se puede usar la simetría especular para manejar niveles de luminosidad de píxel fuera del límite durante el paso de cálculo del promedio de ventanas. En otras palabras, en casos en los que el nivel de luminosidad de píxel sea próximo o igual a cero o al máximo (por ejemplo, 256) puede faltar el nivel de luminosidad vecino en un lado. En la simetría especular, en la que por ejemplo el nivel de luminosidad de píxel actual es igual a cero el valor bin a la izquierda, equivalente a la posición -1, es igualado con el valor de la posición +1 de bin; el siguiente valor de bin a la izquierda, equivalente a la posición -2, es igualado con el valor de la posición +2 de bin; etc. El histograma original atenuado creado así se muestra en la Figura 9 como una línea de rayas y puntos.

La Figura 5 muestra esquemáticamente un ejemplo preferido del paso 11 de extracción de regiones de la Figura 3. El histograma atenuado es introducido en un buscador de niveles 30 que primeramente encuentra la gama dinámica observada. Esta gama dinámica observada se usa para calcular un umbral, que en este caso es el nivel promedio o uniforme de un histograma uniformemente distribuido mostrado por una línea de puntos en la Figura 9. El nivel uniforme que corresponde a la gama dinámica observada se obtiene de la siguiente relación:

$$U_L = s * M * N / D_R$$

en la que s es una constante mayor que 0 y menor o igual a 1, M es el número de líneas en la imagen de entrada, N es el número de píxeles en una línea, y D_R es el gama dinámica observado de la imagen de entrada.

La gama dinámica observada D_R es convencionalmente igual a:

$$D_R = P_MAX - P_MIN + 1$$

en donde P_MAX es el nivel de luminosidad de píxel máximo, y P_MIN es el nivel de luminosidad de píxel mínimo en la imagen de entrada. Sin embargo, más preferiblemente, el valor usado para P_MIN es el nivel de luminosidad de píxel mínimo mostrado por al menos un cierto porcentaje de los píxeles en la imagen de entrada, tal como al menos 0,05% o 0,1% o así. Igualmente, el valor usado para P_MAX es el nivel de luminosidad de píxel máximo mostrado por al menos un cierto porcentaje de los píxeles en la imagen de entrada, tal como al menos 99,95% o 99,9% o así. En otras palabras, al determinar P_MIN y P_MAX para usar en el cálculo de la gama dinámica observada, se ignora cualquier nivel de luminosidad que tenga más/menos que un cierto porcentaje de píxeles. Esto hace que la gama dinámica R_R sea más consistente al ruido y que capte mejor la gama dinámica real si los valores de la cola del histograma son muy pequeños.

Mientras que el nivel promedio o uniforme de un histograma distribuido uniformemente es preferiblemente usado como el umbral, se pueden fijar otros umbrales. Por ejemplo, el umbral puede ser un cierto porcentaje, por ejemplo el 90%, del porcentaje o nivel uniforme de un histograma distribuido uniformemente.

El nivel uniforme U_L es comparado en un comparador 31 con el histograma atenuado y las regiones son comenzadas y terminadas cuando el histograma cruza el nivel uniforme. El gestor de regiones 32 mantiene el rastreo de las regiones y borra las regiones de un punto en las que el nivel de luminosidad de píxel final viene inmediatamente después del nivel de luminosidad de píxel de inicio. (En el ejemplo simple mostrado en la Figura 9 solamente hay una región Tipo I con una región Tipo II a cada lado. Sin embargo, se entiende que en general hay varias regiones Tipo I que están separadas entre sí por regiones Tipo II).

La Figura 6 muestra esquemáticamente un ejemplo preferido del paso 12 de corrección de regiones de la Figura 3. En un paso 40 de expansión de gama la gama dinámica observada es expandida solamente para objetos dominantes (esto es, las regiones Tipo I). Esta expansión depende de la longitud de la región y del D_R. Se puede usar la siguiente relación para encontrar el factor de expansión (E_Fi) para la región i:

$$E_F_i = (1 + g * L_R_i / D_R)$$

en donde L_Ri es la longitud de la región i, y g es un multiplicador escalar. Por ejemplo, g puede estar entre aproximadamente 0 y 3. Se ha observado que un valor de 0,3 para g produce buenos resultados.

Después de la operación de expansión las regiones son desplazadas 41 en una dirección para evitar el solapamiento entre regiones diferentes. Una vez que cada región se desplaza de forma que no se solape todas las regiones se desplazan conjuntamente de forma que, si es posible, coincidan los niveles de luminosidad media de píxel de la gama dinámica obtenida nuevamente y la gama dinámica de entrada.

Si después de los pasos 40 y 41 la gama dinámica de salida es mayor que el contraste dispositivo del dispositivo de visualización, impresora, etc, (por ejemplo, 256 niveles de gris), en consecuencia se cambia la escala de la gama dinámica de salida 42.

La Figura 7 muestra esquemáticamente un ejemplo preferido del paso de correlación 13 de la Figura 3. El tipo de correlación es seleccionado 50 dependiendo del tipo de la región. Las regiones de entrada son correlacionadas con las correspondientes regiones de salida obtenidas por el paso 12 de la Figura 3. Mientras que, en general, se puede usar cualquier tipo apropiado de correlación, preferiblemente se las regiones Tipo I son correlacionadas utilizando una igualación de histograma parcial 51 en la que solamente se usa la parte del histograma que pertenece al o a cada respectiva región de entrada Tipo I. En otras palabras, para cada región Tipo I, preferiblemente se usa la igualación de histograma separadamente en el que se usa la función de distribución acumulativa definida solamente en esa región Tipo I. Se pueden correlacionar las regiones Tipo II con las regiones de salida corregidas usando una transformación más simple, tal como una transformación lineal 52 del tipo $y=ax+b$ (en donde a y b son constantes) de forma que se correlaciona $x_{\min}$ con $y_{\min}$ y $x_{\max}$ con $y_{\max}$. Ambas correlaciones en el Tipo I y en el Tipo II, la correlación de una región de salida mínimo de esa región, e igualmente para el nivel de luminosidad de entrada máximo de esa región. Tras la terminación de esta operación para todas las regiones se correlaciona la gama dinámica total de la imagen de entrada con la gama dinámica de salida especificada. En el caso en que se utilice una gama dinámica que haya sobrepasado el umbral como se ha descrito anteriormente, los restantes niveles de píxeles fuera de la gama dinámica de salida están situados, asegurando que se mantiene el orden monotonico de los niveles de luminosidad de los píxeles. Si se excede la gama de contraste del dispositivo de visualización, impresora, etc, entonces se realiza el recorte de picos y crestas.

La Figura 8 muestra esquemáticamente un ejemplo preferido de los dos bloques de procesamiento en el paso 15 de detección del cambio de escena de la Figura 3. La detección de cambio de escena preferida utiliza una medida 60 de detección de cambio de escena basado en el histograma. Un ejemplo de una fórmula que puede usarse para la distancia métrica D entre dos histogramas diferentes es:

$$D(h_1 - h_2) = \frac{\sum_{i=1}^{256} (h_1(i) - h_2(i))^2}{\max(h_1(i)h_2(i))}$$

en donde h_1 es el histograma de la imagen actual y h_2 es el histograma de una imagen temporalmente anterior. h_2 puede ser el histograma de la imagen inmediatamente anterior o de otras imágenes temporalmente anteriores que pueden ser proporcionadas al paso 60 de medida de cambio de escena mediante el uso de un bloque de retardo 61. Esta medida por lo tanto detecta cuándo existe un cambio "significativo" en los niveles de luminosidad de imágenes temporalmente separadas. La cantidad de cambio que activa un cambio en la correlación viene determinado por la fijación de un valor apropiado de D.

Cuando la función de distribución acumulativa se ha creado a partir del histograma durante la igualación del histograma de las regiones Tipo I, como en la técnica anterior es necesario cuantificar o digitalizar la función de distribución acumulativa. El efecto de esto es que algunos niveles de luminosidad que son diferentes en la imagen de entrada son correlacionados con los del mismo nivel de luminosidad de salida, lo que implica una pérdida de (potencial) detalle de la imagen de salida realizada. Por lo tanto, en una variante se usa un método de aplicación de ruido aleatorio al histograma para la igualación del histograma. Tras la obtención de la función de distribución acumulativa de un histograma, no está cuantificado en un entero sino que más bien se conserva como un número de coma flotante de una precisión especificada, por ejemplo a,b en el que a es la parte entera y b es la parte decimal. El histograma de salida h_0 se crea a partir del h_i del histograma de entrada mediante la fórmula que viene a continuación en cada nivel de píxel de señal m:

$$h_0(m) = \sum_i^L h_i(n) \cdot I(m = \text{floor}(\text{CDF}(n) \cdot R)) + \sum_i^R h_i(n) \cdot I(m = \text{ceil}(\text{CDF}(n) \cdot R))$$

en donde CDF(.) es la función de distribución acumulativa obtenida de la imagen de entrada, R es el número máximo de niveles de señales de píxel visualizables por el dispositivo de visualización o impresora, etc, ceil redondea al alza hasta el entero mayor más pequeño, y $\text{floor}(\cdot)$ redondea hacia abajo hasta el entero menor más grande. Después de obtener el histograma de salida se encuentra una correlación de forma que el histograma de salida obtenido coincida

ES 2 333 040 T3

aproximadamente usando, por ejemplo, un algoritmo de coincidencia de histogramas como el dado en el libro por R.C. González y Richard E. Woods titulado “Digital Image Processing”, Prentice Hall, New Jersey, 2001.

5 Las realizaciones del presente invento han sido descritas con particular referencia a los ejemplos ilustrados. No obstante, se observará que se pueden realizar variaciones y modificaciones en los ejemplos descritos dentro del ámbito del presente invento, el cual está definido por las reivindicaciones.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método de ajuste del contraste de una imagen formada por píxeles en la que cada píxel tiene un nivel de luminosidad inicial que está dentro de una gama de niveles de luminosidad entre un nivel de luminosidad mínimo y un nivel de luminosidad máximo, comprendiendo el método, al menos algunos de los píxeles de la imagen:

en cada uno de los niveles de luminosidad dentro de dicha gama contar el número de dichos píxeles que tienen el mismo nivel de luminosidad inicial; y

dividir dichos píxeles en al menos dos tipos;

siendo realizada dicha división de dichos píxeles en al menos dos tipos identificando el o cada conjunto de píxeles que tienen niveles de luminosidad inicial, en los que cada uno de una pluralidad de píxeles adyacentes de dichos niveles de luminosidad tiene más píxeles que un número umbral, siendo de un primer tipo los píxeles de dicha pluralidad de píxeles adyacentes de dichos niveles de luminosidad, siendo de un segundo tipo los restantes píxeles;

caracterizado porque:

separadamente para cada el o cada conjunto de píxeles del primer tipo, se efectúa un realce de contraste en los píxeles que forman el conjunto, en el que el realce de contraste se realiza aplicando una igualación de histograma solamente en los píxeles que forman el conjunto usando la función de distribución acumulativa de los píxeles del conjunto.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el método se realiza en todos los píxeles de la imagen.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que en el paso de recuento se forma un histograma en el que se indica el número de píxeles por nivel de luminosidad, y que comprende atenuar dicho histograma antes del paso de división.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la atenuación se realiza pasando los valores del histograma a través de un filtro de paso bajo.

5. Un método de acuerdo con la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que los niveles de luminosidad mínimo y máximo en dicho histograma después de la atenuación son los mismos que los niveles de luminosidad iniciales máximo y mínimo de dichos píxeles.

6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el número umbral es el promedio del número de píxeles por nivel de luminosidad obtenido en el paso de recuento multiplicado por una constante mayor que 0 y menor que o igual a 1.

7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende aplicar una transformación lineal a los niveles de luminosidad inicial de los píxeles del segundo tipo.

8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende, antes del paso de realce de contraste, expandir la gama de niveles de luminosidad en el o en cada conjunto de píxeles del primer tipo.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende expandir la gama de niveles de luminosidad en el o en cada conjunto de píxeles del primer tipo en $(1+g \cdot L_R/D_R)$, en donde g es un multiplicador escalar, L_R es la gama de niveles de luminosidad en el conjunto, y D_R es una medida de la gama dinámica de niveles de luminosidad de la imagen.

10. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que D_R está definido como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MAX es el nivel máximo de luminosidad, y P_MIN es el nivel mínimo de luminosidad.

11. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que D_R está definido como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MAX es el nivel máximo de luminosidad inicial, y P_MIN es el nivel mínimo de luminosidad inicial mostrados por al menos un porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho porcentaje predeterminado menor del 100%.

12. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que D_R está definido como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MIN es el nivel mínimo de luminosidad inicial, y P_MAX es el nivel máximo de luminosidad inicial mostrados por al menos un porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho porcentaje predeterminado menor del 100%.

13. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que D_R está definido como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MIN es el nivel mínimo de luminosidad inicial mostrado por al menos un primer porcentaje predeterminado de dichos píxeles, y P_MAX es el nivel máximo de luminosidad inicial mostrado por al menos un segundo porcentaje

predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho primer porcentaje predeterminado menor que dicho segundo porcentaje predeterminado y siendo cada uno de los porcentajes predeterminados primero y segundo menor del 100%.

14. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que dicha imagen es una imagen de una sucesión de imágenes, siendo el método aplicado a cada una de las imágenes de la sucesión de imágenes utilizando el mismo realce de contraste hasta que se detecta un cambio suficiente en el contraste de la imagen, cuando se aplica un realce de contraste diferente a imágenes posteriores de la sucesión de imágenes.

15. Aparato para ajustar el contraste de una imagen formada por píxeles en la que cada píxel tiene un nivel de luminosidad inicial que está dentro de una gama de niveles de luminosidad entre nivel de luminosidad mínimo y un nivel de luminosidad máximo, comprendiendo el aparato:

un contador elaborado y dispuesto para contar, al menos algunos de los píxeles en la imagen y para cada uno de los niveles de luminosidad dentro de dicha gama, el número de dichos píxeles que tienen el mismo nivel inicial de luminosidad; y

un clasificador elaborado y dispuesto para dividir dichos píxeles en al menos dos tipos;

estando dicho clasificador elaborado y dispuesto para dividir dichos píxeles en al menos dos tipos identificando el o cada conjunto de píxeles que tienen niveles de luminosidad iniciales en los que cada uno de la pluralidad de píxeles adyacentes de dichos niveles de luminosidad tiene más píxeles que un número umbral, siendo un primer tipo los píxeles de cada pluralidad de píxeles adyacentes de dichos niveles de luminosidad, siendo el resto de píxeles de un segundo tipo;

caracterizado porque:

un realzador de contraste está elaborado y dispuesto para realizar el realce del contraste separadamente en el o en cada conjunto de píxeles del primer tipo aplicando la igualación de histograma solamente en los píxeles que forman el conjunto utilizando la función de distribución acumulativa a los píxeles del conjunto.

16. Aparato de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el aparato está dispuesto para operar sobre todos los píxeles de la imagen.

17. Aparato de acuerdo con la reivindicación 15 o la reivindicación 16, en el que el contador está dispuesto para formar un histograma en el que está indicado el número de píxeles por nivel de luminosidad, comprendiendo el aparato un atenuador elaborado y dispuesto para atenuar dicho histograma antes de la operación del clasificador.

18. Aparato de acuerdo con la reivindicación 17, en el que el atenuador está dispuesto para operar pasando los valores del histograma a través de un filtro de paso bajo.

19. Aparato de acuerdo con la reivindicación 17 o reivindicación 18, en el que el atenuador está dispuesto de forma que los niveles de luminosidad mínimo y máximo en dicho histograma después de la atenuación son los mismos que los niveles mínimo y máximo de luminosidad iniciales de dichos píxeles.

20. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, en el que el número umbral es el promedio del número de píxeles por nivel de luminosidad obtenido en el paso de recuento multiplicado por una constante mayor que 0 y menor que o igual a 1.

21. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 20, que comprende un realzador de contraste elaborado y dispuesto para aplicar una transformación lineal a los niveles de luminosidad iniciales de los píxeles del segundo tipo.

22. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 21, que comprende un expansor de la gama elaborado y dispuesto para expandir la gama de niveles de luminosidad en el o en cada conjunto de píxeles del primer tipo antes de la operación del realzador de contraste.

23. Aparato de acuerdo con la reivindicación 22, en el que el expansor de gama está dispuesto para expandir la gama de niveles de luminosidad en el o en cada conjunto de píxeles del primer tipo en $(1+g \cdot L_R/D_R)$, en donde g es un multiplicador escalar, L_R es la gama de niveles de luminosidad en el conjunto, y D_R es una medida de la gama dinámica de niveles de luminosidad de la imagen.

24. Aparato de acuerdo con la reivindicación 23, en el que D_R está definido como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MAX es el nivel de luminosidad máximo y P_MIN es el nivel de luminosidad mínimo.

25. Aparato de acuerdo con la reivindicación 23, en el que D_R está definido como $(1+P_MAX-P_MIN)$, en donde P_MAX es el nivel de luminosidad máximo y P_MIN es el nivel de luminosidad mínimo mostrados por al menos un porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho porcentaje predeterminado menor del 100%.

ES 2 333 040 T3

26. Aparato de acuerdo con la reivindicación 23, en el que D_R está definido como $(1+P_{MAX}-P_{MIN})$, en donde P_{MIN} es el nivel de luminosidad mínimo y P_{MAX} es el nivel de luminosidad máximo mostrados por al menos un porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho porcentaje predeterminado menor del 100%.

5 27. Aparato de acuerdo con la reivindicación 23, en el que D_R está definido como $(1+P_{MAX}-P_{MIN})$, en donde P_{MIN} es el nivel de luminosidad mínimo mostrado por al menos un primer porcentaje predeterminado de dichos píxeles y P_{MAX} es el nivel de luminosidad máximo mostrado por al menos un segundo porcentaje predeterminado de dichos píxeles, siendo dicho primer porcentaje predeterminado menor que dicho segundo porcentaje predeterminado y siendo cada uno de los porcentajes predeterminados primero y segundo menor del 100%.

10 28. Aparato de acuerdo con las reivindicaciones 15 a 27, en el que dicha imagen es una imagen de una sucesión de imágenes, comprendiendo el aparato un detector de cambio de escena para detectar cambios en el contraste entre imágenes de la sucesión de imágenes, estando el aparato dispuesto para aplicar el mismo realce de contraste a las imágenes de la sucesión de imágenes hasta que se detecta un cambio suficiente en el contraste de las imágenes,
15 cuando se aplica un realce de contraste diferente a las imágenes posteriores de la sucesión de imágenes.

20

25

30

35

40

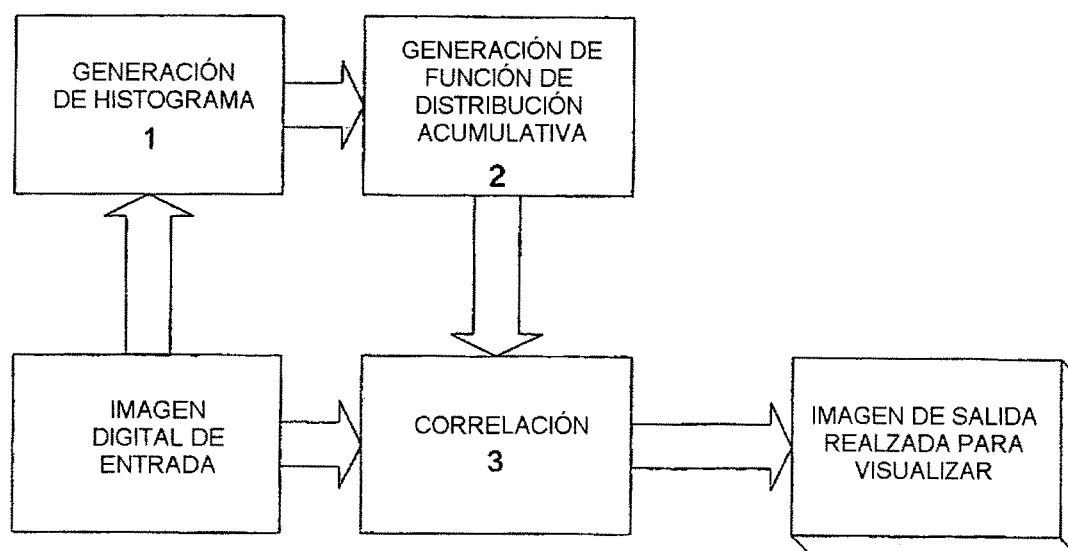
45

50

55

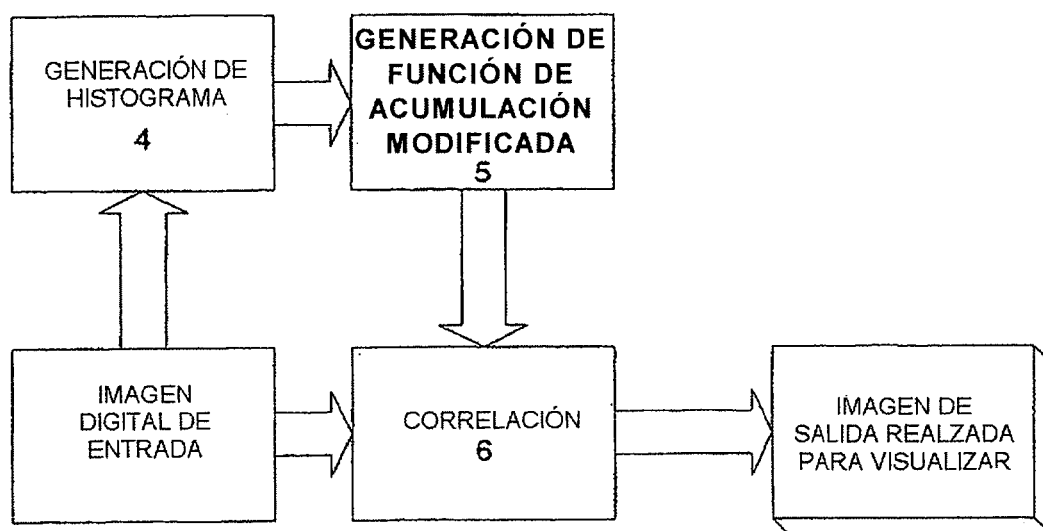
60

65



TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 1



TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 2

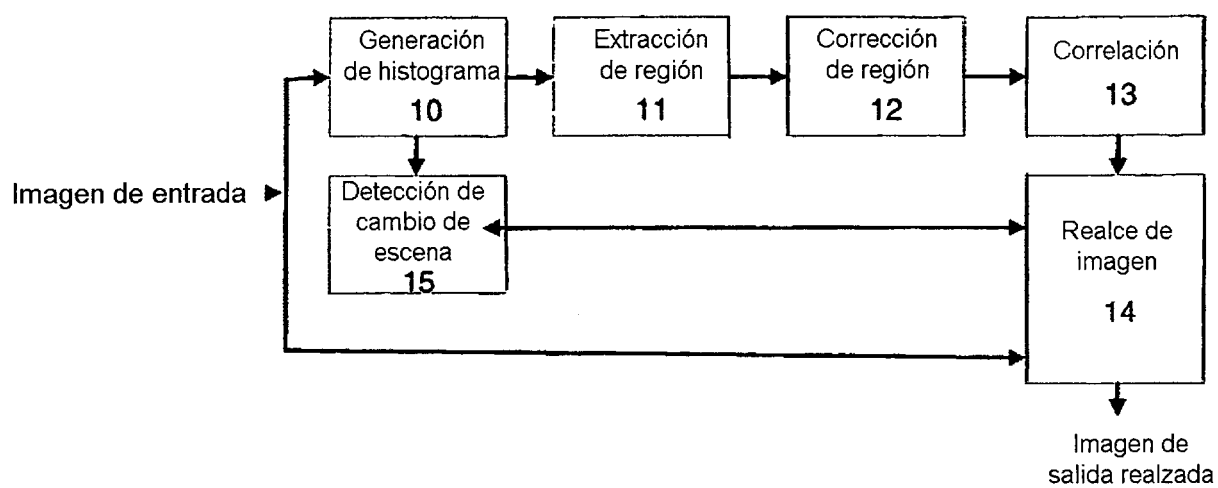


FIG. 3

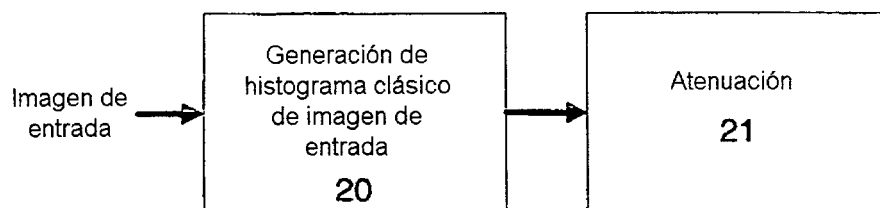


FIG. 4

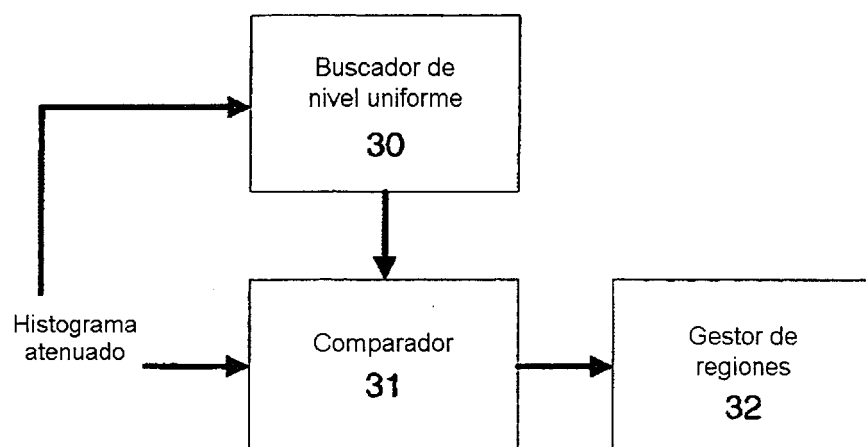


FIG. 5

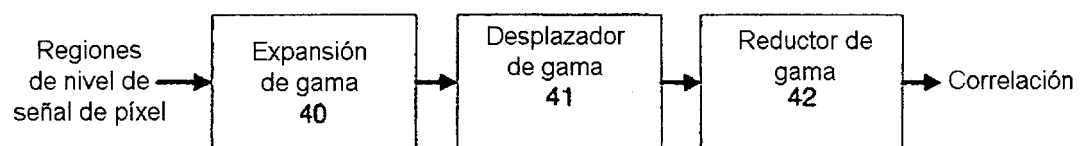


FIG. 6

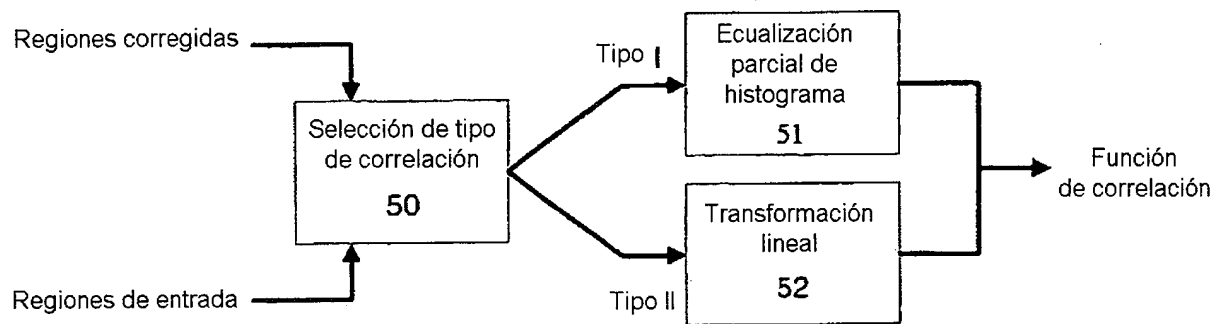


FIG. 7

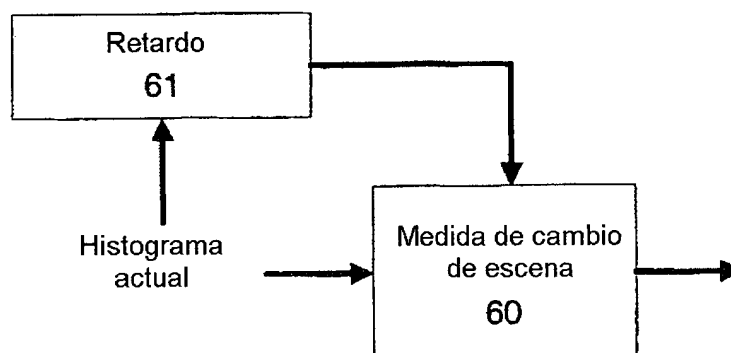


FIG. 8

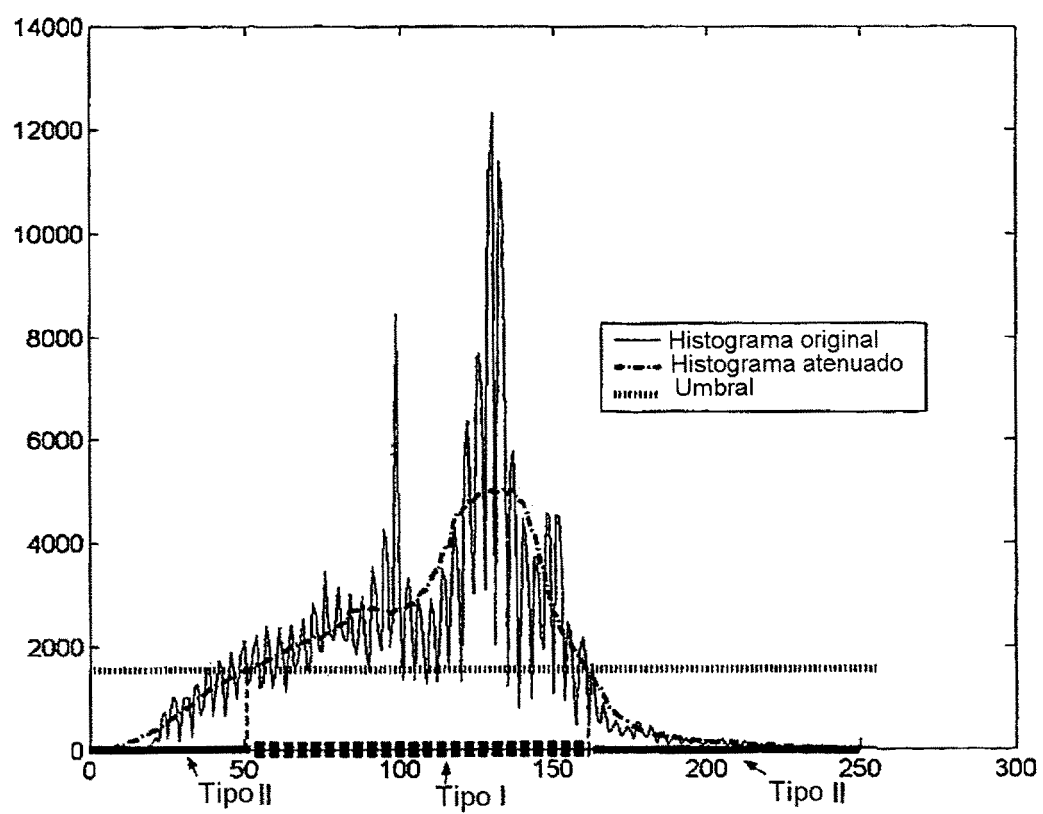


FIG. 9