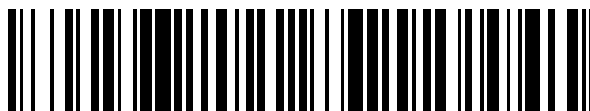


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 396**

51 Int. Cl.:

G06T 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.06.2009 PCT/US2009/047152**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2009 WO09158209**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2009 E 09770743 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2291999**

54 Título: **Deconvolución de imágenes utilizando antecedentes de color**

30 Prioridad:

26.06.2008 US 146605

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

12.09.2017

73 Titular/es:

MICROSOFT TECHNOLOGY LICENSING, LLC

(100.0%)

One Microsoft Way

Redmond, WA 98052, US

72 Inventor/es:

ZITNICK, CHARLES, LAWRENCE;

SZELISKI, RICHARD y

JOSHI, NEEL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 632 396 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

Deconvolución de imágenes utilizando antecedentes de color

Antecedentes

5 Un problema común en la fotografía es la borrosidad de imagen, que puede ser provocada por combinaciones de temblor de la cámara durante tiempos prolongados de exposición, movimiento del sujeto, el uso de aperturas grandes en configuraciones de poca luz o de resolución limitada de la cámara. Con independencia de la causa, normalmente la borrosidad de imagen no es deseable.

10 Con la llegada de la fotografía digital, ha sido posible reducir o corregir la borrosidad en una imagen. La Figura 1 muestra una imagen borrosa sometida a un procedimiento de reducción de la borrosidad para producir una imagen 102 no borrosa. Se han utilizado diversos planteamientos para encontrar una imagen no borrosa tal como la imagen 102. Hay quien ha intentado modificar cómo se captan las imágenes. Algunos han utilizado la información añadida de múltiples imágenes para reducir la borrosidad. Se han utilizado algoritmos de ampliación de la muestra para reducir la borrosidad debida a una resolución limitada de la cámara. También se han utilizado núcleos de desenfoque determinados a partir de una única imagen. También se ha explorado una deconvolución no ciega, pero con un éxito limitado.

20 La deconvolución no ciega de imágenes implica la recuperación de una imagen nítida de una imagen de entrada corrompida por borrosidad y ruido, en la que la borrosidad es un producto de la convolución de la imagen verdadera (no borrosa) con un núcleo conocido en un nivel conocido de ruido. A menudo, los anteriores planteamientos de deconvolución a la reducción de la borrosidad han estado limitados a aplicaciones especiales, a menudo no son eficaces con imágenes arbitrarias y a veces generan aberraciones no deseadas, tales como formación de anillos. Algunos han utilizado antecedentes de color derivados de estadísticas de la imagen natural. Otros han utilizado cortes de gráficos para reducir un suavizado excesivo. También se ha utilizado una deconvolución con múltiples borrosidades y minimización de la energía.

25 Las técnicas descritas a continuación se refieren a la reducción eficaz y fiable de la borrosidad de imágenes utilizando una deconvolución.

Sumario

El siguiente sumario se incluye solo para introducir algunos conceptos expuestos en la siguiente Descripción detallada. Este sumario no es exhaustivo y no se concibe que defina el alcance de la materia objeto reivindicada, que se define mediante las reivindicaciones presentadas al final.

30 Se describen técnicas para la deconvolución de imágenes para reducir la borrosidad de una imagen dado un núcleo de desenfoque. Estadísticas de colores localizados derivados de la imagen cuya borrosidad ha de ser reducida sirven como una limitación antecedente durante la deconvolución. Se formula el color de un píxel como una combinación lineal de los dos colores más predominante en un entorno del píxel. Esto puede repetirse para muchos de los píxeles, o todos ellos, en una imagen. Las combinaciones lineales de los píxeles sirven de antecedente bicromático para deconvolucionar la imagen borrosa. El antecedente bicromático es sensible al contenido de la imagen y puede desacoplar la nitidez de los bordes de la intensidad de los bordes.

A continuación, se explicarán muchas de las características acompañantes con referencia a la siguiente descripción detallada considerada en conexión con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

40 Se comprenderá mejor la presente descripción a partir de la siguiente descripción detallada leída a la luz de los dibujos adjuntos, en los que se utilizan números similares de referencia para designar partes similares en la descripción adjunta.

La Figura 1 muestra una imagen borrosa sometida a un procedimiento de reducción de la borrosidad para producir una imagen no borrosa.

45 La Figura 2 muestra un procedimiento general para reducir la borrosidad con un modelo bicromático.

La Figura 3 muestra un antecedente de la distancia perpendicular d desde un valor de color de un píxel nítido hasta la línea (3D) definida por los dos colores P (primario) y S (secundario), al igual que el valor α de mezcla.

La Figura 4 muestra un procedimiento para encontrar y utilizar dos colores P y S .

La Figura 5 muestra un dispositivo informático.

50 **Descripción detallada**

Revisión general

La siguiente descripción comienza con cierta exposición de la teoría y de modelos de deconvolución utilizados para una reducción de la borrosidad. A continuación, se describen antecedentes de imagen, seguidos por una exposición de antecedentes de gradiente y de antecedentes de color. Esto es seguido por una exposición acerca de modelos de color y cómo utilizarlos para encontrar los colores que han de utilizarse como los antecedentes de color.

5 Se pueden comprender mejor los detalles de la técnica descrita en la presente memoria en vista de las siguientes observaciones generales acerca de imágenes fotográficas y un modelo de imagen resultante. Globalmente, la mayoría de imágenes tiene un conjunto limitado de colores diferenciados. Además, se puede describir la mayoría de pequeños entornos o zonas en una imagen mediante un conjunto aún menor de colores y, a menudo, serán suficientes incluso solo dos colores. Una imagen cuya borrosidad ha de ser reducida puede ser modelada como una combinación lineal de dos colores por píxel (es decir, cada píxel es una combinación lineal de dos colores que varían para distintos píxeles). En otras palabras, se puede considerar la imagen como una mezcla píxel a píxel, por un parámetro variable de mezclado (es decir, alfa) de dos capas de color. Las dos capas de color pueden ser suaves por tramos; no obstante, el parámetro de mezclado entre ellas puede cambiar. Los cambios en el parámetro de mezclado pueden tener en cuenta la textura y los bordes nítidos en la imagen, y se supone que los colores constituyentes de la imagen varían suavemente. Este modelo suave bicromático por tramos puede modelar bordes intensos, reducir el ruido en la imagen y dar lugar a imágenes no borrosas muy razonables. Será evidente con una explicación adicional cómo se utiliza este modelo de color en la deconvolución para una reducción de la borrosidad.

Deconvolución

20 La deconvolución de imágenes es un procedimiento de recuperación de una imagen nítida a partir de una imagen borrosa de entrada en la que se supone que la borrosidad de la imagen es resultado de la convolución de la imagen con un núcleo de desenfoque conocido y en la que se conoce un nivel de ruido. Normalmente, un núcleo de desenfoque es una imagen bidimensional o una matriz de números que, cuando se convolucionan (multiplicación y suma reiterada y escalonada sobre los píxeles de una imagen) con la imagen nítida/verdadera deseada, produce lo que se vio o aquello de lo que se formó una imagen. El núcleo de desenfoque puede ser invariante frente a la traslación. Se puede formular la deconvolución de la imagen, entre otras formas, utilizando una estructura bayesiana solucionada utilizando una técnica de estimación de máxima a posteriori (MAP). En la estimación MAP para una deconvolución, se busca la estimación más probable para la imagen nítida I de la imagen borrosa (la versión no borrosa teórica de la imagen borrosa) utilizando una imagen borrosa observada dada, B , un núcleo de desenfoque, K , y un modelo de formación de imagen. Esto se expresa como una maximización en la distribución de probabilidad del posteriori, utilizando la regla de Bayes. El resultado es expresado como la minimización de una suma de probabilidades negativas de registro:

$$P(I|B) = P(B|I)P(I) / P(B) \quad (1)$$

$$\arg \max_I P(I|B) = \arg \min_I -[L(B|I) + L(I)]. \quad (2)$$

35 Ahora se reduce el problema de la deconvolución a definir los términos de probabilidad de registro. Dado el modelo de formación de imagen, con un procedimiento aditivo de ruido blanco gaussiano:

$$B = I \otimes K + N, \quad (3)$$

en la que $N \sim N(\sigma^2)$, la probabilidad de registro de los "datos" es:

$$L(B|I) = -\|B - I \otimes K\|^2 / \sigma^2. \quad (4)$$

40 La forma del término restante de probabilidad de registro, $L(I)$, depende del antecedente de imagen utilizado. El antecedente de imagen describe (como una distribución de probabilidad) la probabilidad de que se vea en el mundo (es decir, que sea "realista") una imagen particular. Por ejemplo, las imágenes que consisten en píxeles estrictamente aleatorios son muy improbables. Muchos antecedentes utilizados habitualmente fomentan una suavidad local, es decir, penalizan las diferencias entre píxeles adyacentes. En el trabajo de los inventores, utilizan la desviación del color de un píxel de un modelo local bicromático como la medida de su probabilidad.

Antecedentes de imagen

45 Según se ha descrito anteriormente, cuando se deconvoluciona una imagen, la probabilidad de los datos es inherentemente ambigua, es decir, hay muchas imágenes "nítidas" posibles que se verán desenfocadas para corresponderse con la imagen borrosa observada, y cuanto mayor sea la borrosidad, mayor será el intervalo de ambigüedad. Se utiliza un antecedente de imagen para ayudar a resolver la ambigüedad de estas soluciones. Se puede considerar un antecedente de imagen como una o más limitaciones que debe satisfacer la imagen nítida. Un planteamiento es suponer que la imagen nítida es suave o suave por tramos, lo que tiene como resultado

antecedentes en gradientes de imagen. Aunque vienen utilizándose antecedentes de gradiente durante algún tiempo, se explicarán brevemente para proporcionar un ejemplo de lo que es un antecedente de imagen y de cómo puede ser utilizado. Más adelante se explicarán los antecedentes de color.

Antecedentes de gradiente

5 Se puede obtener un antecedente de imagen suponiendo que la imagen está formada con un procedimiento de campo aleatorio de Markov (MRF) y, por lo tanto, el valor de un píxel individual depende condicionalmente de los valores de los píxeles en un entorno local del píxel individual (por ejemplo, los 4 vecinos inmediatos de un píxel). Si se espera que la imagen sea localmente suave, se puede imponer la propiedad de MRF utilizando un antecedente de suavidad, que penaliza grandes gradientes de imagen (cambios bruscos) y, por lo tanto, polariza los píxeles para que adopten valores similares a sus vecinos: $L(I) = -\lambda \sum \nabla I^2$, en la que λ es un parámetro de regularización para controlar el peso de la penalización de la suavidad. Este tipo de antecedente resuelve la ambigüedad de la solución, pero puede tener como resultado una solución demasiado suave. Una potencia de 0,8 (en $L(I) = -\lambda \sum |\nabla I|^{0.8}$) puede reducir este problema (véase A. Levin et al.; “Image and depth from a conventional camera with a coded aperture”; las monografías SIGGRAPH de 2007; ACM SIGGRAPH de 2007; ACM Press). En este caso, la función de penalización ya no es cuadrática, y se lleva a cabo la minimización utilizando mínimos cuadrados iterativos ponderados.

Según se ha hecho notar, la deconvolución utilizando antecedentes de gradiente tiene varias desventajas. En distintos grados, un antecedente de gradiente es, en efecto, un “antecedente de suavidad”; una función de penalización que lleva la imagen no borrosa hacia una imagen plana. No se reduce bien la borrosidad de los bordes nítidos. Además, si hay un ruido significativo en la imagen, los bordes del ruido tienden a ser preservados incorrectamente como ruido texturizado.

Antecedentes de color

La mayoría de fotografías, ya sean de la naturaleza, de personas o de objetos hechos por el hombre están compuestas globalmente por conjuntos relativamente limitados de colores. Es decir, el número de colores en una fotografía es pequeño con respecto al número de colores humanamente discernibles. Además, si se piensa en una imagen en términos de pequeñas subimágenes (o entornos locales), se puede describir una imagen a nivel local por conjuntos aún menores de colores. Normalmente, una mezcla de tan solo dos colores puede describir razonablemente los datos de una imagen en un pequeño entorno local (véanse E. Bennett et al.; “Video and image Bayesian demosaicing with a two color image prior”; Ninth European Conference on Computer Vision (ECCV 2006), volumen 1; mayo de 2006; Springer-Verlag; y C. Liu et al.; “Automatic estimation and removal of noise from a single image”; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2007). Por ejemplo, se puede describir el color de un píxel como una combinación lineal de los dos colores predominantes (o medias de los mismos) en su entorno local. Se pueden derivar los antecedentes para una deconvolución de imagen de estas propiedades. Específicamente, se puede hallar una imagen en la que cada píxel está compuesto de una mezcla lineal de dos colores que son extraídos de un número pequeño de colores globalmente diferenciados, de forma que cuando se convolucione la imagen con un núcleo de desenfoque conocido se corresponda de forma óptima con la imagen borrosa de entrada. La Figura 2 muestra un procedimiento general para reducir la borrosidad con un modelo bicromático. Se reciben 132 una imagen borrosa 130 y un núcleo 132 de desenfoque. Se calcula 138 el modelo bicromático a partir de la imagen borrosa 130. Se utilizan la imagen borrosa y el modelo bicromático como un antecedente para deconvolucionar la imagen borrosa para producir una imagen no borrosa; un análogo de la imagen borrosa 130 pero con menos borrosidad. Se puede obtener el núcleo 132 de desenfoque mediante diversas medidas conocidas. Por ejemplo, véase la solicitud de patente U.S. US2009/0316995 titulada “BLUR ESTIMATION”, presentada el 23 de junio de 2008.

Con referencia de nuevo al modelo bicromático, el modelo supone que cualquier color del píxel puede ser representado como una combinación lineal de dos colores, siendo estos colores son suaves por tramos y pueden ser derivados de propiedades locales (propiedades del entorno del píxel):

$$I = \alpha P + (1 - \alpha)S \tag{5}$$

en la que P y S son colores primario y secundario, respectivamente, y α es el parámetro de mezclado lineal. En aras de una conveniencia notacional, se asigna el color primario P_i al color que se encuentra más cercano al color I_i del píxel i . Algunos píxeles solo pueden describirse con un único color, en cuyo caso $P_i = S_i$.

El modelo bicromático puede tener varios beneficios como un antecedente de imagen para una deconvolución. Dados los dos colores para un píxel, se reduce el espacio de incógnitas de tres dimensiones (RGB) a una (α). El parámetro α proporciona una alternativa para bordes de parametrización, desacoplándose la nitidez del borde de la intensidad del borde —una transición de un solo píxel en α desde $\alpha=1$ hasta $\alpha=0$ indica un borde escalonado (un píxel de color primario junto a un píxel de color secundario)— con independencia de la intensidad del borde. Por lo tanto, se puede controlar la intensidad de un borde con un antecedente en α mientras se mantiene la suavidad local utilizando un antecedente aparte sobre P y S. El modelo bicromático también puede capturar estadísticas de colores

locales, que pueden proporcionar una limitación durante la deconvolución. Estas limitaciones ayudan a reducir un suavizado excesivo en torno a los “bordes de barras” y una textura de alta frecuencia. El uso del antecedente bicromático puede penalizar los bordes suaves (de soluciones potenciales) con respecto a bordes nítidos de forma que no dependa de la magnitud del borde.

5 Además, el modelo bicromático puede tener como resultado, posiblemente, bordes de mayor intensidad si tales bordes son más coherentes con las estadísticas de colores locales. El modelo bicromático está construido a partir de estadísticas de imágenes locales y estima dos colores dominantes en un entorno alrededor de cada píxel. Se pueden estimar los colores primario y secundario para un píxel utilizando un algoritmo robusto de agrupación de maximización de expectativas (EM) en un entorno local en torno a cada píxel. Si la variación local es menor que la variación del ruido σ^2 de un píxel, se modela el píxel con un color (P o S), de lo contrario se marca como un píxel bicromático. Si se utiliza este planteamiento, se almacena para cada píxel una variable binaria o un bit que indica uno o dos colores.

Para aplicar el concepto de un modelo de antecedente bicromático expuesto anteriormente, la siguiente formulación para este antecedente cromático puede ser:

$$15 \quad L(I) = -\lambda_1 \|I - [\alpha P + (1 - \alpha) S]\|^\theta - \lambda_2 \rho(\alpha) \quad (6)$$

en la que P y S son colores primario y secundario, α (también denominado alfa en la presente memoria) es el parámetro de mezclado y θ funciona bien desde 0,8 hasta 2. La Figura 3 muestra un antecedente sobre la distancia perpendicular d partiendo de un valor de color del píxel definido hasta la línea (3D) definida por los dos colores P y S al igual que el valor α de mezcla. El primer término de probabilidad de la ecuación (6) minimiza la distancia entre la intensidad recuperada I y la línea que define el espacio del modelo bicromático.

El término $\rho(\alpha)$ impone un antecedente sobre α . Se utiliza la norma hiperlaplaciana derivada mencionada anteriormente, como el resto de una imagen con respecto a su estimación de modelo bicromático también puede ser una distribución de máximo en cero. El siguiente párrafo describe una forma de resolver estos colores. Considerando el antecedente alfa ($\rho(\alpha)$), que es la penalización que impone el antecedente sobre alfa (mezcla entre los colores), se puede derivar el antecedente alfa de algo como una distribución beta. Se prefiere un alfa cercano a 0 o 1 con respecto a un valor entre los mismos, que favorece soluciones con bordes nítidos.

En general, se solucionan P y S para cada píxel antes de la deconvolución. La Figura 4 muestra un procedimiento para encontrar y utilizar P y S . El procedimiento itera 160 en los píxeles en la imagen borrosa (véase Bennette et al.; “Video and Image Bayesian Demosaicing with a Two Color Image Prior”; ECCV (1) 2006; 508-521). Para un píxel actual, el procedimiento encuentra 162 dos colores dominantes (primario P y secundario S) en un entorno local del píxel. Se expresa el píxel como una combinación lineal de los colores primario y secundario. Entonces, se utilizan las combinaciones lineales como un antecedente para deconvolucionar la imagen utilizando un núcleo de desenfoque. Se puede utilizar el procedimiento K-Means, descrito en detalle en otro documento, para encontrar 162 los colores dominantes P y S . Para un píxel dado de la imagen, hay una ventana de 5×5 centrada en el píxel (se pueden utilizar distintos tamaños de ventana). Para los 25 píxeles el objetivo es encontrar dos conjuntos de colores (utilizando K-Means con $K=2$, lo que significa dos conjuntos). Es decir, habrá dos distribuciones de colores (grupos de media cromática), una para P y una para S . Para inicializar los conjuntos, se escogen aleatoriamente dos píxeles de los 25. Se asignan los otros de los 25 píxeles al conjunto cuyo color medio sea más cercano al del píxel. Una vez que se han asignado todos los píxeles, se vuelven a estimar las medias cromáticas en función de sus píxeles miembros. Se repite el procedimiento para mover píxeles a los conjuntos a los que podrían ser ahora más cercanos. Se repite el procedimiento hasta que convergen los medios de agrupación.

Aunque esto puede ser suficiente para encontrar P y S para cada píxel, también es posible utilizar una maximización de expectativas para afinar P y S adicionalmente asignando píxeles a conjuntos proporcionalmente a la media cromática de cada conjunto. Se pueden llevar a cabo varias iteraciones. Esto puede aumentar el coste del cálculo y mejorar la precisión. En resumidas cuentas, se pueden encontrar los valores P y S para los píxeles de la imagen utilizando K-Means, desviándose posiblemente algunas iteraciones de forma significativa de la media del conjunto al que están asignados.

También se pueden utilizar otros procedimientos para encontrar P y S . Para una deconvolución, lo que es notable es el uso de un antecedente bicromático para limitar la solución, que puede llevarse a cabo con independencia de cómo se calculan los antecedentes de color.

A continuación, se presentan diversas variaciones posibles. Para reducir la naturaleza caricaturesca o el exceso de nitidez de una imagen, se puede utilizar el antecedente alfa para ponderar o conformar el centro de la función de penalización para que varíe con la intensidad del borde o la proximidad a un borde (es decir, permitir alfas parciales si se encuentran cerca de valores alfa de 0 o 1). La deconvolución en una cuadrícula de resolución máxima y luego volver a reducir la muestra a la resolución original también puede reducir el efecto de caricaturización/exceso de nitidez. Para el modelo de color, se puede ponderar globalmente un conjunto mediante información espacial. Por ejemplo, si no se observa que haya rojo físicamente junto al azul en cualquier lugar en la imagen, entonces, aunque

5 se pueda explicar un píxel en una línea entre rojo y azul, se podría evitar esto, no obstante, en vista de la información global. El modelo de color podría tratar los cambios de densidad lumínica y los cambios de cromaticidad de forma distinta. Es más probable que los cambios de cromaticidad sean abruptos en imágenes reales, mientras que los cambios de densidad lumínica debidos al sombreado en superficies lisas pueden ser lentos debido a cambios de baja frecuencia en la iluminación. Se podría utilizar una estimación de punto blanco para ayudar a resolver la ambigüedad de los cambios de sombreado de los cambios de cromaticidad.

Se pueden utilizar filtros orientados multiescalares para regularizar en las orientaciones de los bordes. Para algunas imágenes, esto puede preservar la continuidad de los bordes. Se puede utilizar trabajo anterior sobre la suavidad isófota para suavizar en la dirección de un borde, pero no cruzando el borde.

10 **Conclusión**

Se han explicado anteriormente las técnicas para reducir la borrosidad de una imagen. Se pueden implementar las técnicas en uno o más dispositivos de cálculo tal como se muestra en la Figura 5. Un dispositivo 250 de cálculo puede tener una CPU y un almacenamiento y puede proporcionar una salida de vídeo a un medio 252 de visualización. El dispositivo 250 de cálculo puede comunicarse por medio de una red. Las realizaciones y características de los planteamientos expuestos anteriormente pueden realizarse en forma de información almacenada en medios volátiles o no volátiles legibles por un ordenador o dispositivo (por ejemplo, el almacenamiento del dispositivo 250 de cálculo). Se considera que esto incluye al menos medios tales como un almacenamiento óptico (por ejemplo, CD-ROM), medios magnéticos, ROM *flash* o cualquier medio actual o futuro de almacenamiento de información digital. La información almacenada puede estar en forma de instrucciones ejecutables por máquina (por ejemplo, código binario ejecutable compilado), código fuente, código de bytes o cualquier otra información que pueda ser utilizada para habilitar o configurar dispositivos de cálculo para llevar a cabo las diversas realizaciones expuestas anteriormente. Se considera que esto también incluye al menos memoria volátil tal como RAM y/o memoria virtual que almacena información tal como instrucciones de CPU durante la ejecución de un programa que lleva a cabo una realización, al igual que medios no volátiles que almacenan información que permite que se cargue un programa o ejecutable, posiblemente compilado o interpretado, y se ejecute. Las realizaciones y características pueden realizarse en cualquier tipo de dispositivo informático, incluyendo dispositivos portátiles, cámaras digitales, estaciones de trabajo, servidores, dispositivos inalámbricos móviles, etcétera.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento implementado (250) en dispositivo de uso de una deconvolución para reducir la borrosidad de una imagen digital borrosa (100), comprendiendo el procedimiento:
 - 5 calcular un modelo bicromático local de la imagen borrosa (138), modelando el modelo bicromático los píxeles de la imagen como combinaciones locales respectivas de dos colores (150, 162, 164);
 - generar una imagen no borrosa (102) correspondiente a la imagen borrosa deconvolucionando la imagen con un núcleo de desenfoque utilizando el modelo bicromático como un antecedente para limitar la deconvolución (166).
- 10 2. Un procedimiento implementado en dispositivo según la reivindicación 1, en el que se obtiene el modelo bicromático calculando estadísticas del color de los píxeles en entornos locales de los píxeles (162) de la imagen borrosa.
- 15 3. Un procedimiento implementado en dispositivo según la reivindicación 2, en el que los dos colores correspondientes a un píxel dado de la imagen borrosa comprenden un color primario y uno secundario (150, 162), en el que los colores primario y secundario comprenden colores dominantes del entorno local del píxel dado.
- 20 4. Un procedimiento implementado en dispositivo según la reivindicación 3, en el que se deducen estadísticamente los dos colores del píxel dado de conjuntos correspondientes de píxeles en el entorno del píxel dado.
- 25 5. Un procedimiento implementado en dispositivo según la reivindicación 1, en el que el modelo bicromático modela la imagen representando píxeles de la imagen como combinaciones lineales respectivas de dos colores derivados de la imagen borrosa.
- 30 6. Uno o más medios legibles por ordenador que almacenan información para permitir a un dispositivo llevar a cabo un procedimiento (250), comprendiendo el procedimiento:
 - recibir una imagen de entrada (100, 134) y derivar a partir de la imagen de entrada los pares (138) de colores, comprendiendo cada uno, un color primario y un color secundario, correspondiendo los distintos
 - pares de colores con distintos píxeles de la imagen;
 - para los píxeles de la imagen, representar un píxel como una combinación lineal de los colores primario y secundario (164) correspondientes del píxel; y
 - producir una imagen nítida (102) deconvolucionando la imagen de entrada (140) con un núcleo de desenfoque utilizando las combinaciones lineales como un antecedente cromático para limitar la imagen
 - nítida (164, 166) cuando se deconvoluciona la imagen de entrada.
- 35 7. Uno o más medios legibles por ordenador según la reivindicación 6, en los que se lleva a cabo la deconvolución utilizando un núcleo de desenfoque conocido.
- 40 8. Uno o más medios legibles por ordenador según la reivindicación 7, en los que la deconvolución comprende una técnica de estimación máxima a posteriori (MAP) para encontrar una estimación de probabilidad máxima para la imagen nítida de la imagen de entrada.
- 45 9. Uno o más medios legibles por ordenador según la reivindicación 8, en los que la combinación lineal de un píxel comprende una función (150) de mezcla alfa.
- 50 10. Uno o más medios legibles por ordenador según la reivindicación 6, en los que se penaliza un píxel en la deconvolución según su distancia desde una línea en el espacio de color entre el color (150) primario y el secundario del píxel.
11. Un dispositivo que comprende una CPU y un almacenamiento configurado para permitir que la CPU lleve a cabo un procedimiento, comprendiendo el procedimiento:
 - recibir una primera imagen (102) y calcular un modelo de color de la primera imagen (138) analizando entornos locales de píxeles en la primera imagen (162); y
 - utilizar el modelo de color como un antecedente cuando se deconvoluciona la primera imagen con un núcleo (166) de desenfoque para producir una imagen no borrosa análoga de la imagen de entrada (102).
12. Un dispositivo según la reivindicación 11, en el que el antecedente comprende una función de distribución de probabilidad.
13. Un dispositivo según la reivindicación 11, comprendiendo el procedimiento, además, el uso de filtros locales orientados para regularizar las orientaciones de bordes en la primera imagen.

14. Un dispositivo según la reivindicación 11, en el que el modelo modela un píxel dado de la primera imagen como una combinación lineal de dos colores derivados de los valores de color de píxeles en un entorno local del píxel dado (164).
 15. Un dispositivo según la reivindicación 11, en el que se calcula el modelo de color recuperando un conjunto global de colores de la primera imagen y para cada píxel en un conjunto de píxeles en la primera imagen, modelando el píxel con dos de los colores en el conjunto global cuya combinación lineal se corresponda mejor con el color del píxel.
- 5

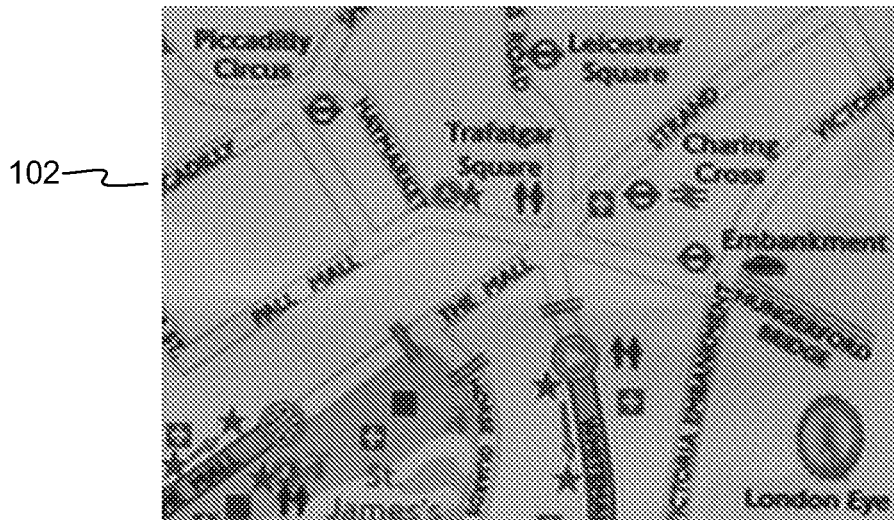
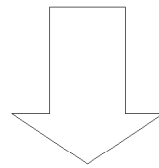


FIG. 1

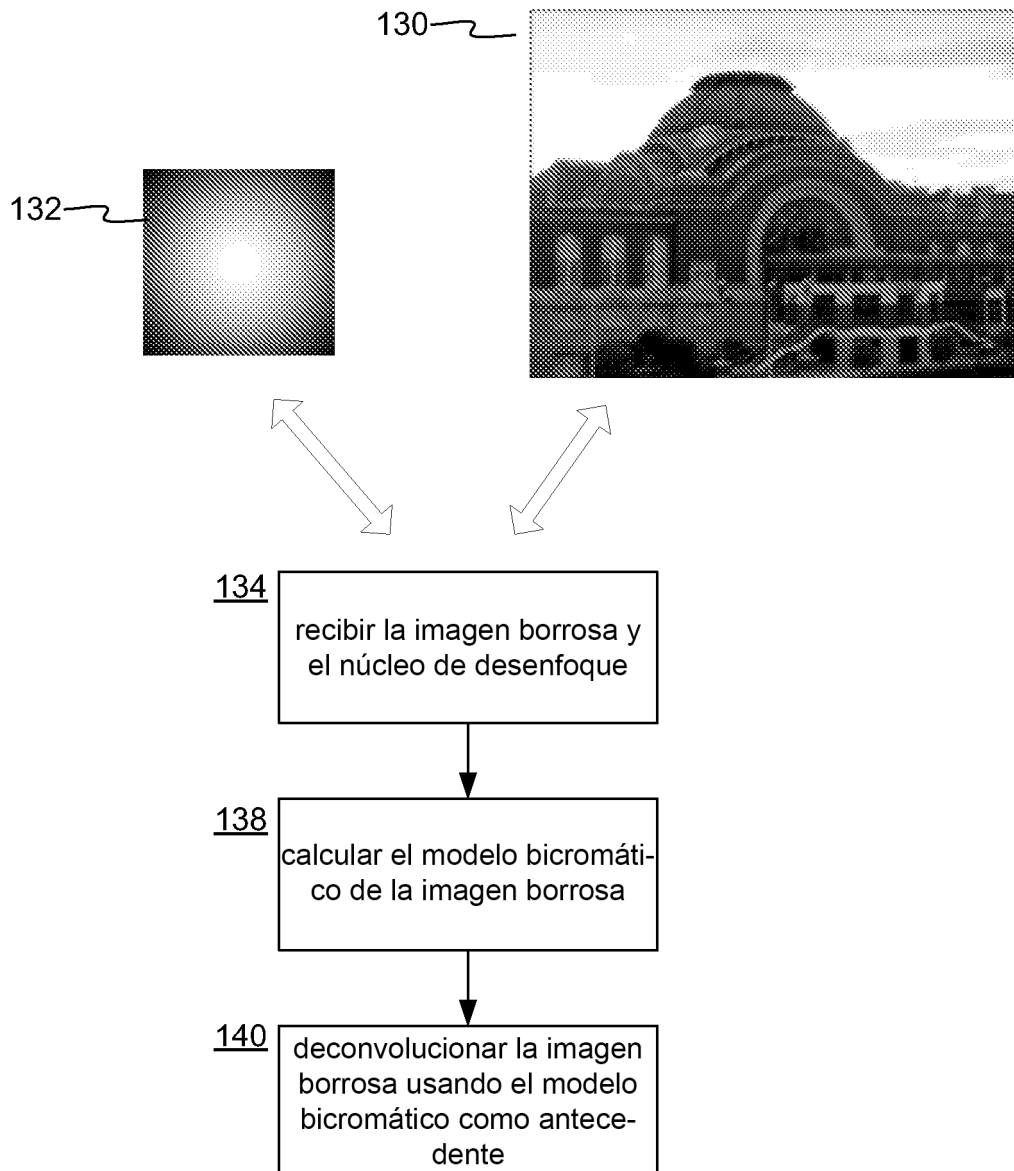


FIG. 2

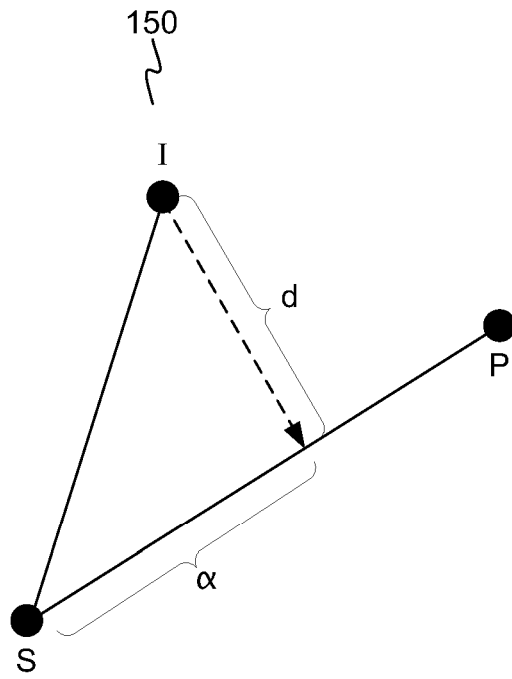


FIG. 3

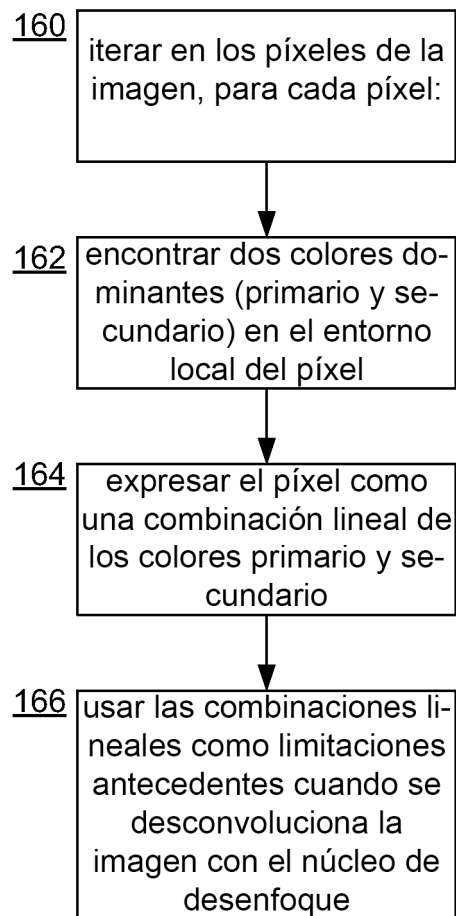


FIG. 4

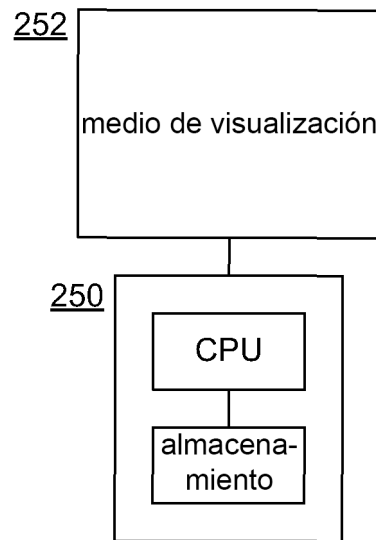


FIG. 5