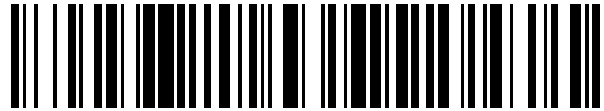


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 670**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00

(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.03.2012 PCT/AU2012/000208**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.09.2012 WO12119189**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2012 E 12755459 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 2681716**

54 Título: **Método de calibración de colores para un dispositivo de captura de imagen**

30 Prioridad:

04.03.2011 AU 2011900785

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

13.12.2018

73 Titular/es:

**LBT INNOVATIONS LIMITED (100.0%)
300 Flinders Street
Adelaide, South Australia 5000, AU**

72 Inventor/es:

**VAN DEN HENGEL, ANTON JOHN y
HILL, RHYS ERNST**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 693 670 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 de calibración de colores para un dispositivo de captura de imagen

La presente solicitud reivindica prioridad de la solicitud de Patente Provisional australiana núm. 2011900785, depositada el 4 de marzo de 2011.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a métodos y software para proporcionar un mapeo desde un color aparente hasta el color real para un dispositivo de captura de imagen, y a métodos y software para usar el mapeo en la calibración del color de las imágenes capturadas por el dispositivo.

Antecedentes de la invención

10 Una cámara digital, en un ejemplo ya existente, captura una imagen usando un sensor tal como un dispositivo de acoplamiento de carga (CCD) o un sensor Semiconductor Complementario de Óxido Metálico (CMOS). La mayor parte de esos sensores de cámara pueden leer solamente un color en cada posición física, devolviendo datos primarios como patrón de valores a partir de cada canal en un espacio de color particular, por ejemplo rojo, verde y azul (RGB), para cada posición o píxel de la imagen. Por ejemplo, cada valor de R, G y B puede ser representado
15 como un número entre 0 y un máximo definido tal como 255, y la combinación de valores de RGB en un píxel representa un color particular.

La cámara captura valores de RGB por referencia a un espacio de color de la cámara. Sin embargo, es raro que el espacio de color de la cámara se empareje exactamente con un espacio de color de referencia conocido. Por lo tanto, existe una diferencia entre el "color aparente" que una cámara interpreta como, por ejemplo, R = 120, G = 110, B = 105 y el "color real", por ejemplo, R = 100, G = 100, B = 100 en un espacio de color de referencia. Por lo tanto, se necesitan métodos de calibración de colores para mapear un color aparente según es capturado por la cámara respecto a color real en un espacio de color de referencia. Esto asegura que dos dispositivos diferentes que capturen imágenes del mismo objeto físico informen de los mismos valores de color real. Además, los efectos de la iluminación pueden tener un efecto muy significativo del color observado de un objeto. La mayor parte de las luces
20 no son blancas puras, debido a propiedades físicas innatas de las propias luces, lo que ocasiona entonces que los colores medidos difieran del color verdadero.

El mapeo de color se lleva a cabo normalmente como una combinación de transformaciones lineales y no lineales del color aparente al color real mediante, por ejemplo, multiplicación del vector de color por medio de una matriz apropiada, y pasando los valores de color individuales a través de un polinomio.

30 El cálculo de una transformación de ese tipo es un proceso difícil, y requiere un gran número de muestras de color, y con preferencia el conocimiento del propio sensor de la cámara en sí. Una técnica de ese tipo es difícil de aplicar en algunas situaciones donde las restricciones de espacio o de tiempo hacen que dicho proceso sea inviable. La simple corrección del color, tal como una corrección del balance del blanco, es suficiente en algunas aplicaciones con tales restricciones de espacio o de tiempo; sin embargo, en algunas aplicaciones, se requiere un mapeo de precisión más alta.
35

Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un mapeo para un dispositivo de captura de imagen que aborda una o más de las limitaciones de los métodos de mapeo de color existentes. El documento US 2009/046171 divulga un método para formación de imágenes que define un conjunto de uno o más parámetros de corrección de color que tienen valores que varían a través de un espacio de color predefinido. Para cada uno de los píxeles de una imagen de entrada, la posición del color de entrada respectivo se determina en el espacio de color, y se selecciona un valor de los uno o más parámetros de corrección de color en respuesta a la posición. El color de entrada respectivo se modifica usando el valor seleccionado con el fin de producir un color de salida corregido del píxel en una imagen de salida. La discusión que antecede de la técnica anterior ha sido incluida para explicar el contexto de la presente invención. No se debe tomar la misma como una admisión de que cualquiera de los documentos u otro material mencionado como publicado, sea conocido o sea parte del conocimiento general común en la fecha de prioridad de una cualquiera de las reivindicaciones de la presente solicitud.
40
45

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un método para proporcionar un mapeo desde el color aparente al color real para un dispositivo de captura de imagen que comprende:

- 50 capturar una imagen de una carta de colores de referencia que tiene una pluralidad de muestras de color, usando un dispositivo de captura de imagen, en donde cada muestra de color tiene un color de referencia asociado,
- medir el color aparente de la pluralidad de muestras de color en la imagen capturada,
- seleccionar una pluralidad de puntos de control que representen diferentes valores de tonalidad dentro de un espacio de tonalidad circular,

determinar una desviación angular para cada punto de control de tal modo que la distancia entre un color aparente transformado y el color de referencia para cada muestra de color se minimice, representando la desviación angular una corrección de tonalidad,

5 en donde, la interpolación de las desviaciones angulares para los puntos de control proporciona un mapeo desde el color aparente hasta el color real para el dispositivo de captura de imagen.

10 Por ejemplo, las imágenes usadas con fines de evaluación microbiológica, tal como las que identifican el crecimiento microbiano (por ejemplo, colonias bacterianas) que han crecido sobre un medio de cultivo sólido, deben ser precisas dado que el color, la forma y la textura de las colonias bacterianas, y el color del medio de cultivo sólido (tal como ágar), se usan en la identificación del tipo de bacterias. Por lo tanto, en el ejemplo, los expertos en la materia apreciarán que es importante que el color de una imagen se acerque al color real. También podrán apreciar los expertos en la materia que el mapeo desde el color aparente al color real para las imágenes capturadas puede ser usado con respecto a otras aplicaciones, como fotografía de alta calidad.

15 El color aparente y el color de referencia (colores de entrada), pueden ser medidos en cualquier espacio de color, por ejemplo RGHB, YUV, LAB, XYZ. El mapeo al color real (color de salida) puede transformar el color aparente al mismo espacio de color, o puede transformar el color aparente a un espacio de color diferente. La distancia entre el color aparente transformado y el color de referencia puede ser medida en el espacio de color de entrada o de salida.

20 El valor de tonalidad de un punto de control se refiere al valor de tonalidad en el espacio de color de HSV (valor de saturación de tonalidad). El espacio de HSV se usa como un intermediario entre los espacios de entrada y de salida. El espacio de color está representado por un cono, correspondiendo el ángulo en torno al eje vertical central a tonalidad, correspondiendo la distancia desde el eje vertical a saturación, y correspondiendo la distancia a lo largo del eje vertical a valor (luminosidad). El espacio de tonalidad circular se refiere a una sección transversal circular del cono de HSV.

25 El método está capacitado para producir un mapeo a partir de un número pequeño de colores de referencia. Por ejemplo, se ha encontrado que un mapeo realizado usando 24 muestras de color produce una calibración suficiente para su uso en la formación de imágenes de colonias bacterianas con una precisión suficiente para los fines de evaluación microbiológica. El número de muestras requeridas depende de la fidelidad del mapeo que se requiera, y es ajustable. Una imagen que haya sido corregida en color usando el mapeo, puede ser usada en el entrenamiento de un algoritmo de aprendizaje de una máquina para clasificar las colonias bacterianas, por ejemplo según se ha descrito en la solicitud de Patente Internacional en tramitación del mismo solicitante y con la misma fecha de presentación, titulada "Método y Software para Análisis de Crecimiento Microbiano".

30 Las desviaciones angulares de los puntos de control pueden ser usadas para mapear una tonalidad aparente a una tonalidad real de un píxel en cualquier otra imagen tomada por el mismo dispositivo de captura de imagen bajo las mismas condiciones de iluminación, por interpolación entre las desviaciones angulares para que los puntos de control determinen una desviación angular interpolada para la tonalidad aparente del píxel en la imagen. La desviación angular interpolada se aplica a continuación a la tonalidad aparente para conseguir una aproximación de la tonalidad real (y por lo tanto del color real). Aplicando una transformada en un espacio de tonalidad circular, el método de la presente invención puede proporcionar una aproximación más precisa que una transformación lineal directa de los valores de color originales. Los expertos en la materia podrán entender que las referencias a "color real" no requieren que el color aparente sea mapeado perfectamente respecto al espacio del color de referencia. En cambio, el mapeo proporciona una aproximación del color real.

El dispositivo de captura de imagen puede ser una cámara digital, tal como una cámara digital de color de alta resolución, un escáner digital o una cámara de video digital.

45 Volviendo ahora a la selección de puntos de control, la pluralidad de puntos de control pueden estar espaciados uniformemente en torno al espacio de tonalidad circular. La posición angular del punto de control en el espacio de tonalidad circular representa su valor de tonalidad. Por ejemplo, los puntos de control pueden formar un anillo simple en torno al espacio, guardando una distancia uniforme entre puntos de control adyacentes en el anillo. La selección de las posiciones para los puntos de control puede incluir calcular un error para una serie de mapeos de candidato usando diferentes números de puntos de control, y la selección de un mapeo para la serie basada en el número mínimo de puntos que ocasionan un error aceptable. Se apreciará que resulta deseable seleccionar tan pocos puntos de control como sea posible, en interés de la eficiencia de cálculo y de la precisión de la estimación.

50 La medición del color aparente de una muestra de color en la imagen capturada por el dispositivo de captura de imagen, puede incluir además: medir un color de una muestra de color, corregir el balance del blanco del color medido, corregir la luminosidad del color medido, y determinar el color aparente usando el balance del blanco y la luminosidad del color corregido resultantes. La corrección del balance del blanco puede hacerse usando una ponderación a partir de la muestra de gris neutro de la carta de colores, donde los valores de R, G y B deben ser iguales. La luminosidad puede ser corregida usando una curva calculada usando una pluralidad de muestras de gris de la cara de colores que tengan luminosidad conocida. De ese modo, el mapeo de color se realiza con datos que han sido corregidos en cuanto a balance del blanco y a luminosidad. Esto reduce la complejidad de la transformación

y por lo tanto el tiempo de cálculo requerido en comparación con la producción de un mapeo que tenga en cuenta el balance del blanco y la luminosidad.

5 La determinación de la desviación angular para cada punto de control de tal modo que la distancia entre un color aparente transformado y el color de referencia para cada muestra de color se minimice, puede incluir minimizar una función de costo que incluya la suma de los cuadrados de la distancia entre el color aparente transformado y el color de referencia para cada muestra de color. La función de costo puede incluir además la suma de los cuadrados de las desviaciones angulares.

10 En una realización, el método puede incluir además determinar una escala para cada punto de control de tal modo que la distancia entre un color aparente transformado y el color de referencia para cada muestra de color se minimice, representando la escala una corrección de saturación, en donde la interpolación de las escalas para los puntos de control proporciona un mapeo adicional desde el color aparente hasta el color real para el dispositivo de captura de imagen.

15 La escala interpolada para la saturación aparente se aplica a la saturación aparente para obtener una aproximación de la saturación real. Los puntos de control pueden representar valores de tonalidad que sean más próximos a la posición de la tonalidad y la saturación aparentes de la muestra de color en el espacio de tonalidad circular. Los puntos de control pueden incluir uno o dos (o más) anillos de puntos de control en torno al espacio de tonalidad circular, teniendo cada anillo un valor de saturación diferente. En un ejemplo, se usan dos anillos de puntos de control, teniendo los puntos de control en cada anillo la misma tonalidad pero diferentes valores de saturación, tal como 0,5 y 1. Los puntos de control no necesitan, por supuesto, estar en anillos, y podrían estar separados con otra disposición en torno al espacio de tonalidad circular.

20 Según lo anterior, la determinación de la escala para cada punto de control de tal modo que la distancia entre un color aparente transformado y el color de referencia para cada muestra de color se minimice, puede incluir minimizar una función de costo que incluya la suma de los cuadrados de la distancia entre el color aparente transformado y el color de referencia para cada muestra de color. La función de costo puede incluir además la suma de los cuadrados de uno menos cada escala de saturación para fomentar escalas finales alrededor de uno.

Alternativamente, la saturación podría ser mapeada usando una curva similar a la curva de luminosidad, en vez de simplemente escalándola.

30 Para aplicar el mapeo, el método puede incluir: capturar una imagen usando el dispositivo de captura de imagen, para uno o más píxeles de la imagen; determinar la tonalidad aparente del píxel; interpolar entre las desviaciones angulares de dos o más puntos de control en el espacio de tonalidad circular para determinar una desviación angular asociada a la tonalidad aparente; y, aplicar la desviación angular a la tonalidad aparente. El método puede incluir además, para uno o más píxeles de la imagen: determinar la saturación aparente del píxel; interpolar entre las escalas de los dos o más puntos de control en el espacio de tonalidad circular para determinar una escala asociada a la saturación aparente; y, aplicar la escala a la saturación aparente.

35 Los dos o más puntos de control pueden representar valores de tonalidad que sean más cercanos a la tonalidad aparente en el espacio de tonalidad circular. Se ha encontrado que esto, en ejemplos de realización, produce un mapeo satisfactorio. Con preferencia, se usan cuatro puntos de control e interpolación cúbica. Alternativamente, las desviaciones angulares pueden ser transformadas usando un método de interpolación de orden más alto. Sin embargo, en este caso se podría requerir una cantidad mayor de procesamiento para determinar las desviaciones angulares optimizadas. Se podría usar alternativamente la interpolación lineal, pero sería menos uniforme, y podría producir discontinuidades en el espacio de color cuando se cruza a través de un punto de control.

Una vez que la tonalidad y la saturación aparentes para un píxel han sido determinadas, el color puede ser convertido en un espacio de color apropiado cualquiera, por ejemplo para su visualización.

45 Adicionalmente, la presente invención proporciona software para su uso con un ordenador que incluya un procesador y memoria para almacenar el software, incluyendo el software una serie de instrucciones ejecutables por el procesador para llevar a cabo el método conforme a una cualquiera de las realizaciones descritas con anterioridad.

50 La presente invención se extiende también a un medio legible con ordenador que incluye el software, y a un aparato que incluye un procesador, una memoria y software residente en memoria accesible para el procesador, siendo el software ejecutable por el procesador para llevar a cabo el método conforme a una cualquiera de las realizaciones descritas en lo que antecede.

Breve descripción de los dibujos

55 Las realizaciones de la presente invención van a ser descritas ahora, a título de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos que se acompañan. Debe entenderse que la particularidad de los dibujos no reemplaza la generalidad de la descripción que antecede de la invención.

La Figura 1 es un ejemplo de sistema de procesamiento y de dispositivo de captura de imagen para realizar métodos conforme a realizaciones de la invención;

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un método para calcular un mapeo desde color aparente a color real;

La Figura 3 es un gráfico que muestra un ejemplo de curva para corregir la luminosidad de una imagen capturada;

- 5 La Figura 4 es un diagrama de un espacio de HSV que muestra una pluralidad de puntos de control en el interior de un espacio de tonalidad circular;

La Figura 5 es una representación gráfica de: (a) el mapeo a través del espacio de tonalidad/saturación, (b) la función de mapeo de tonalidad aislada, y (c) la función de mapeo de saturación aislada para un dispositivo de captura de imagen particular;

- 10 La Figura 6 es un gráfico que muestra la precisión del mapeo;

La Figura 7 consiste en dos fotos de una carta de colores (a) con anterioridad a la calibración de color, y (b) después de la calibración de color;

La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método para mapear un color aparente a un color real.

Descripción detallada de una realización

- 15 Un ejemplo de sistema de procesamiento y de dispositivo de captura de imagen para su uso con realizaciones de la invención, va a ser descrito con referencia a la Figura 1. El sistema de procesamiento 10 incluye un procesador 12, una memoria 14, al menos un dispositivo de entrada 16, al menos un dispositivo de salida 18, un puerto de comunicaciones 20, una interfaz 22 y un dispositivo de almacenamiento 24. Según se muestra, los componentes del sistema de procesamiento 10 están conectados entre sí por medio de un bus o de un grupo de buses 26.

- 20 El procesador 12 puede incluir más de un dispositivo de procesamiento, por ejemplo para gestionar diferentes funciones dentro del sistema de procesamiento 10. La memoria 14 puede incluir cualquier dispositivo de memoria adecuado e incluir, por ejemplo, memoria volátil o no volátil, dispositivos de almacenamiento de estado sólido, dispositivos magnéticos, etc. La memoria 14 puede almacenar instrucciones para su ejecución por medio del procesador 12.

- 25 El dispositivo de entrada 16 recibe datos de entradas y puede incluir, por ejemplo, un teclado, un ratón u otro dispositivo de puntero, un trackball, un joystick o una pantalla táctil, un micrófono, un receptor de datos o antena tal como un módem o un adaptador de datos inalámbrico, tarjeta de adquisición de datos, etc. Un dispositivo de entrada 16 puede ser operable por un usuario para introducir datos de entrada, o puede recibir datos desde otra fuente de datos de entrada.

- 30 El dispositivo de salida 18 produce o genera datos de salida. El dispositivo de salida 18 puede incluir un dispositivo de visualización, un conjunto de altavoces de audio, una impresora, un puerto (por ejemplo, un puerto USB), un adaptador de componente periférico, un transmisor de datos o antena tal como un módem o un adaptador de red inalámbrico, etc.

- 35 El dispositivo de almacenamiento 24 puede incluir cualquier forma de medio de almacenamiento de información, por ejemplo, memoria volátil o no volátil, dispositivos de almacenamiento de estado sólido, dispositivos magnéticos, etc. Un sistema de archivo y archivos, pueden estar almacenados en el dispositivo de almacenamiento 24.

El puerto de comunicaciones 20 permite que el sistema de procesamiento 10 comunique con otros dispositivos a través de una red cableada o inalámbrica. La interfaz 22 acopla el sistema de procesamiento 10 a uno o más dispositivos periféricos. Por ejemplo, la interfaz 22 puede incluir una tarjeta de PCI o una tarjeta de PC.

- 40 El sistema de procesamiento 10 puede ser cualquier forma de terminal, sistema de procesamiento de servidor, hardware especializado, ordenador, sistema de ordenador o dispositivo computarizado, ordenador personal (PC), teléfono móvil o celular, terminal de datos móvil, ordenador portátil, Asistente Digital Personal (PDA), buscador o cualquier otro tipo de dispositivo similar.

- 45 Un dispositivo 30 de captura de imagen en forma de cámara digital de color ha sido mostrado también en la Figura 1. La cámara 30 puede comunicar con el sistema de procesamiento 10 a través de una interfaz 32 física o inalámbrica.

- Un método para producir un mapeo desde color aparente hasta color real puede ser ejecutado en el procesador 12 usando el software almacenado en la memoria 14. Con referencia a la Figura 2, en la etapa 40, se captura una imagen de una carta de colores de referencia. La carta puede ser una "gretagmabcth ColorChecker™ Color Rendition Chart" estándar, la cual tiene 24 muestras de color, cada una de las cuales tiene un valor de canal rojo, verde y azul de referencia asociado. La imagen puede ser capturada activando la cámara manualmente o mediante señales electrónicas enviadas usando el software. Los datos capturados por los sensores de la cámara se transmiten a través de la interfaz 32 hasta el sistema de procesamiento 10, con calibración de color deshabilitado.

En la etapa 42, el usuario indica la posición de cada muestra de color en la carta de colores de referencia. Por ejemplo, el software podría causar que un GUI mostrara una vista previa de la imagen procedente de la cámara 30, y el usuario puede clicar en los cuatro cuadrados de las esquinas de la carta siguiendo un orden específico para permitir que se puedan determinar las posiciones de las muestras de color. En otras alternativas, la posición de las muestras puede ser determinada usando técnicas de visión de máquina o mediante la colocación de la carta de colores de referencia en una posición específica conocida que esté a una distancia fija de la cámara.

El color promedio de cada posición se captura en una ventana de 21 x 21 píxeles, y se usa para el color de la muestra en la etapa 44. Por supuesto, se apreciará que se podrán usar ventanas de píxel de diferentes tamaños para calcular el color promedio.

En la etapa 46, se calcula el balance del blanco a partir de una única muestra, en particular la tercera muestra gris más oscura de la carta de colores de referencia. Se supone que los valores de R, G y B son iguales en esta muestra gris neutra. El balance del blanco se representa como:

$$\begin{bmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_r r \\ g \\ \omega_b b \end{bmatrix}$$

donde w_g se define implícitamente como uno. Las ponderaciones w_r y w_b se calculan para producir valores de r' y b' iguales al valor de g' . Los valores del balance del blanco calculados $\mathbf{W} = [\omega_r, 1, \omega_b]$ se usarán para corregir el balance del blanco de las imágenes capturadas por la cámara.

Una vez que se ha calculado el balance del blanco, en la etapa 48, se calcula una curva C que mapea los valores de color gris aparente conjuntamente, tanto como sea posible. Esto proporciona un mapeo de luminosidad para la cámara. La forma de la curva es: $g' = ag^b + c$ donde g es el color de entrada, g' es la salida, y a , b y c son los parámetros de la curva C que se han calculado. La Figura 3 muestra un ejemplo de curva obtenida a partir de este proceso. Una vez estimada, la curva puede ser aplicada independientemente por cada canal de color. La fase final de la función de mapeo de color (etapa 50) tiene por objetivo producir un mapeo para la tonalidad y la saturación de cada píxel.

Se mide la tonalidad y la saturación aparentes de una pluralidad de muestras de color en base al balance del blanco y a la imagen de color corregida, y se calcula un mapeo de tonalidad y saturación en la etapa 50. El mapeo de tonalidad se proporciona usando una serie de puntos de control para mapear los valores de tonalidad aparente a valores de tonalidad real. Esto usa interpolación cúbica (u otro método de interpolación de orden más alto) para conseguirlo. Cada punto de control consiste en una posición en un espacio de tonalidad circular, la cual es fija, y una desviación angular, la cual se calcula durante la optimización. La desviación se interpola cúbicamente para proporcionar una desviación para un valor de tonalidad particular que mapeará el valor de tonalidad particular a una tonalidad real.

La función de mapeo de saturación usa una serie de puntos de control para escalar valores de saturación. Estos puntos de control pueden ser los mismos o diferentes que los puntos de control usados para mapear los valores de tonalidad. La función de mapeo de saturación puede usar el mismo esquema de interpolación que la función de mapeo de tonalidad. Obsérvese que la saturación debe estar en el rango de $[0, 1]$ y con ello se afianza el valor de salida a partir de esta función para asegurar que se cumple este rango. Como alternativa, el mapeo de saturación puede hacerse a través de una curva similar a la aplicada para corrección de luminosidad.

Los puntos de control usados en las funciones de mapeo de tonalidad y saturación pueden estar distribuidos uniformemente alrededor del borde del espacio de tonalidad circular según se ha mostrado en la Figura 4. Este espacio de tonalidad circular incluye 16 puntos de control, representados por círculos coloreados (por ejemplo, el punto de control 52). Por ejemplo, el círculo coloreado en la tonalidad de 0 grados y la saturación de 1, puede ser rojo; en la tonalidad de 90 grados y saturación de 1, puede ser verde; en la tonalidad de 180 grados y saturación de 1, puede ser azul, y en la tonalidad de 270 grados y saturación de 1, puede ser púrpura. La dirección de desviación angular 54 y de la escala 56 ha sido mostrada también en la Figura 4. La posición angular de los puntos de control se define mediante su valor de tonalidad y la posición radial de los puntos de control se define mediante su saturación. Se han mostrado dos anillos de puntos de control, teniendo un anillo interno una saturación de 0,5 y teniendo un anillo externo una saturación de 1. En el caso de un solo anillo de puntos de control, solamente se requiere un único valor para seleccionar el punto apropiado, correspondiendo el valor a tonalidad. La tonalidad se expresa como un ángulo y la función debe tener esto en cuenta cuando se seleccionen los puntos de control.

El número máximo de puntos de control se define por medio del número de muestras de color disponibles. Cada punto de control tiene dos parámetros, y cada muestra proporciona tres residuos. Con ello, n muestras de color pueden tener a lo sumo $3n/2$ puntos de control. En la práctica, sin embargo, el proceso de medición induce errores en las mediciones de color. La selección de los puntos de control puede incluir calcular un error para una serie de

mapeos candidato usando diferentes números de puntos de control, y seleccionando un mapeo a partir de la serie basado en el número nominal de puntos que producen un error aceptable. Se ha encontrado que 12 puntos de control son suficientes para una carta con 24 muestras.

5 Puesto que la curva de luminosidad ha sido ya estimada, se supone que los valores de luminosidad son correctos; por ello, éstos no necesitan ser ajustados.

Las desviaciones angulares y las escalas se optimizan para mapear mejor los colores aparentes de muestras a partir de la imagen sobre los colores reales de las muestras de color equivalentes de la carta de colores de referencia. Esto se hace calculando un mapeo $f(\mathbf{p})$, de tal modo que la distancia entre los colores verdadero y mapeado se minimiza:

$$10 \quad \epsilon = \sum_i \|\mathbf{p}_i - f(\hat{\mathbf{p}}_i)\|^2$$

donde \mathbf{p}_i es un color verdadero y $\hat{\mathbf{p}}_i$ es un color medido. El color puede ser representado en cualquier espacio de color, por ejemplo RGB, YUV, LAB o XYZ.

15 Obsérvese que la tonalidad se expresa como un ángulo y que la función debe tener en cuenta esto cuando selecciona puntos de control. Esto se hace usando una función de costo. La función de costo incluye términos que aseguran que las escalas mantienen un valor en torno a uno y las desviaciones en torno a cero, para evitar cambios muy grandes (tal como desviaciones de 360°). Dada la medición de error siguiente,

$$\epsilon = m [\mathbf{p}_1 - f(\hat{\mathbf{p}}_1), \dots, \mathbf{p}_N - f(\hat{\mathbf{p}}_N), \delta_1, \dots, \delta_M, 1 - s_1, \dots, 1 - s_M]$$

donde δ_i es la desviación para el punto de control y s_i es la escala para el punto de control. Se pretende seleccionar δ_i y s_i de modo que se minimice ϵ , es decir:

$$20 \quad \operatorname{argmin} \delta_1, \dots, \delta_M, s_1, \dots, s_M \|\epsilon\|^2$$

Una solución para esto puede ser obtenida usando el algoritmo de Lavenberg-Marquardt, aunque cualquier otro minimizador libre podría ser también suficiente. La función de costo pretende minimizar el error en el mapeo de colores conjuntamente, mientras mantiene las desviaciones de tonalidad cerca de cero y las escalas de saturación cerca de uno.

25 De ese modo, lo que implica es determinar una desviación angular 54 y una escala 56 para cada punto de control que minimice la suma de los cuadrados de la distancia entre un color aparente transformado (por ejemplo, RGB) y el color de referencia (por ejemplo, RGB) para cada muestra, minimice la desviación angular y mantenga la escala cerca de uno (minimice 1 menos la escala).

30 El resultado es un mapeo en forma de desviaciones angulares y/o de escalas para los puntos de control. La Figura 5 muestra una representación gráfica de: (a) el mapeo a través del espacio de tonalidad/saturación, (b) la función de mapeo de tonalidad aislada, y (c) la función de mapeo de saturación aislada para una cámara particular. La Figura 6 proporciona algunos detalles sobre la precisión del mapeo. Cada posición sobre el eje Y representa una de las 24 muestras de color, y el eje X representa los valores de color, donde cada uno puede estar entre cero y uno. Un ejemplo de corrección de color de una imagen usando el mapeo, ha sido mostrado en la Figura 7. La primera imagen 35 (a) muestra la imagen de entrada, según es capturada por la cámara, después de que el usuario haya seleccionado la posición de las muestras de color. Obsérvese que en este ejemplo, el balance del blanco es ya casi correcto. La segunda imagen (b) muestra los colores corregidos. Los pequeños cuadrados coloreados visibles a través de las muestras representan el color verdadero de cada muestra.

40 El mapeo puede ser usado a continuación para corregir el color de una imagen capturada usando el mismo (o el mismo tipo de) dispositivo de captura de imagen. Con referencia a la Figura 8, un método para mapear un color aparente a un color real incluye, en la etapa 60, capturar una imagen usando la cámara. Los valores de color de RGB aparentes para cada píxel pueden ser determinados, y los valores de color pueden ser corregidos en balance del blanco y en luminosidad usando las ponderaciones/la curva previamente calculadas. El método incluye a 45 continuación, en la etapa 62, para uno o más píxeles de la imagen, determinar la tonalidad y la saturación aparentes del píxel (etapa 64), interpolar entre las desviaciones angulares de dos o más puntos de control en el espacio de tonalidad circular para determinar una desviación angular asociada a la tonalidad aparente (etapa 66), interpolar entre las escalas de los dos o más puntos de control en el espacio de tonalidad circular para determinar una escala asociada a la saturación aparente (etapa 68), aplicar la desviación angular a la tonalidad aparente (etapa 70) y aplicar la escala a la saturación aparente (etapa 72). Una vez que el mapeo ha sido aplicado, el color del espacio de 50 HSV puede ser transformado de nuevo en el espacio de RGB, o en cualquier otro espacio de salida según se desee.

Debe entenderse que diversas alteraciones, adiciones y/o modificaciones pueden ser realizadas en las partes descritas con anterioridad sin apartarse del ámbito de la presente invención, y que, en vista de las enseñanzas anteriores, la presente invención puede ser implementada en software, firmware y/o hardware según una diversidad de maneras como podrán comprender los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para proporcionar un mapeo desde color aparente a color real para un dispositivo de captura de imagen (30), que incluye:
- 5 capturar una imagen de una carta de colores de referencia que tiene una pluralidad de muestras de color, usando el dispositivo de captura de imagen (30), en donde cada muestra de color tiene un color de referencia asociado,
- medir, usando un procesador (12), el color aparente en un espacio de color de entrada de la pluralidad de muestras de color en la imagen capturada,
- seleccionar, usando un procesador (12), una pluralidad de puntos de control que representan diferentes valores de tonalidad dentro de un espacio de tonalidad circular, que están separados en torno al espacio de tonalidad circular,
- 10 determinar, usando un procesador (12), una desviación angular para cada uno de los puntos de control de tal modo que la distancia entre el color aparente transformado desde el espacio de color de entrada hasta el espacio de tonalidad circular y el color de referencia asociado en el espacio de tonalidad circular para cada una de las muestras de color se minimiza, representando la desviación angular una corrección de tonalidad,
- 15 en donde la interpolación de las desviaciones angulares para dos o más de los puntos de control más cercanos a un valor de tonalidad del color aparente proporciona el mapeo para el dispositivo de captura de imagen (30).
- 2.- Un método según la reivindicación 1, en donde la interpolación de las desviaciones angulares para cuatro o más de los puntos de control más cercanos al valor de tonalidad del color aparente proporciona el mapeo desde color aparente a color real para el dispositivo de captura de imagen.
- 3.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde seleccionar la pluralidad de puntos de control incluye:
- 20 calcular un error para una serie de mapeos candidato usando diferentes números de puntos de control, y
- seleccionar un mapeo a partir de la serie basada en un número mínimo de puntos de control que producen un error aceptable, con lo que preferiblemente el número mínimo de los puntos de control para veinticuatro muestras de color que están dentro del error aceptable, es doce.
- 25 4.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la medición del color aparente de una muestra de color incluye:
- medir un color de una muestra de color;
- corregir el balance del blanco del color medido;
- corregir la luminosidad del color medido, y
- 30 determinar el color aparente usando el balance del blanco resultante y el color corregido en luminosidad.
- 5.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde determinar la desviación angular para cada uno de los puntos de control incluye minimizar una función de costo que incluye la suma de los cuadrados de la distancia entre el color aparente y el color de referencia asociado en el espacio de tonalidad circular para cada muestra de color.
- 35 6.- Un método según la reivindicación 5, en donde la función de costo incluye además la suma de los cuadrados de las desviaciones angulares.
- 7.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además:
- determinar una escala para cada uno de los puntos de control de tal modo que la distancia entre el color aparente transformado desde el espacio de color de entrada al espacio de tonalidad circular y al color de referencia asociado
- 40 en el espacio de color circular para cada una de las muestras de color se minimiza, representando la escala una corrección de saturación,
- en donde la interpolación de las escalas para dichos dos o más puntos de control proporciona un mapeo adicional desde color aparente a color real para el dispositivo de captura de imagen (30).
- 8.- Un método según la reivindicación 7, cuando depende de la reivindicación 5 o 6, en donde la función de costo incluye además la suma de los cuadrados de uno menos cada saturación.
- 45 9.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además:
- capturar una imagen usando el dispositivo de captura de imagen (30),

para uno o más píxeles de la imagen:

determinar una tonalidad aparente del píxel;

interpolarse entre las desviaciones angulares de dichos dos o más de los puntos de control en el espacio de tonalidad circular para determinar una desviación angular interpolada asociada a la tonalidad aparente, y

5 aplicar la desviación angular interpolada a la tonalidad aparente.

10.- Un método según la reivindicación 9, cuando depende de la reivindicación 7 u 8, que incluye además:

para los uno o más píxeles de la imagen:

determinar una saturación aparente del píxel,

10 interpolarse entre las escalas de dos o más de los puntos de control en el espacio de tonalidad circular, para determinar una escala interpolada asociada a la saturación aparente, y

aplicar la escala interpolada a la saturación aparente.

11.- Un medio legible con ordenador que incluye software para su uso con un ordenador que incluye un procesador (12), una memoria (14) para almacenar el software, incluyendo el software una serie de instrucciones ejecutables por medio del procesador (12) para llevar a cabo el método según se ha reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

15

12.- Aparato (10) que incluye:

un procesador (12);

una memoria (14), y

20 software residente en la memoria (14) accesible para el procesador (12), incluyendo el software una serie de instrucciones ejecutables por el procesador (12) para llevar a cabo el método según se ha reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

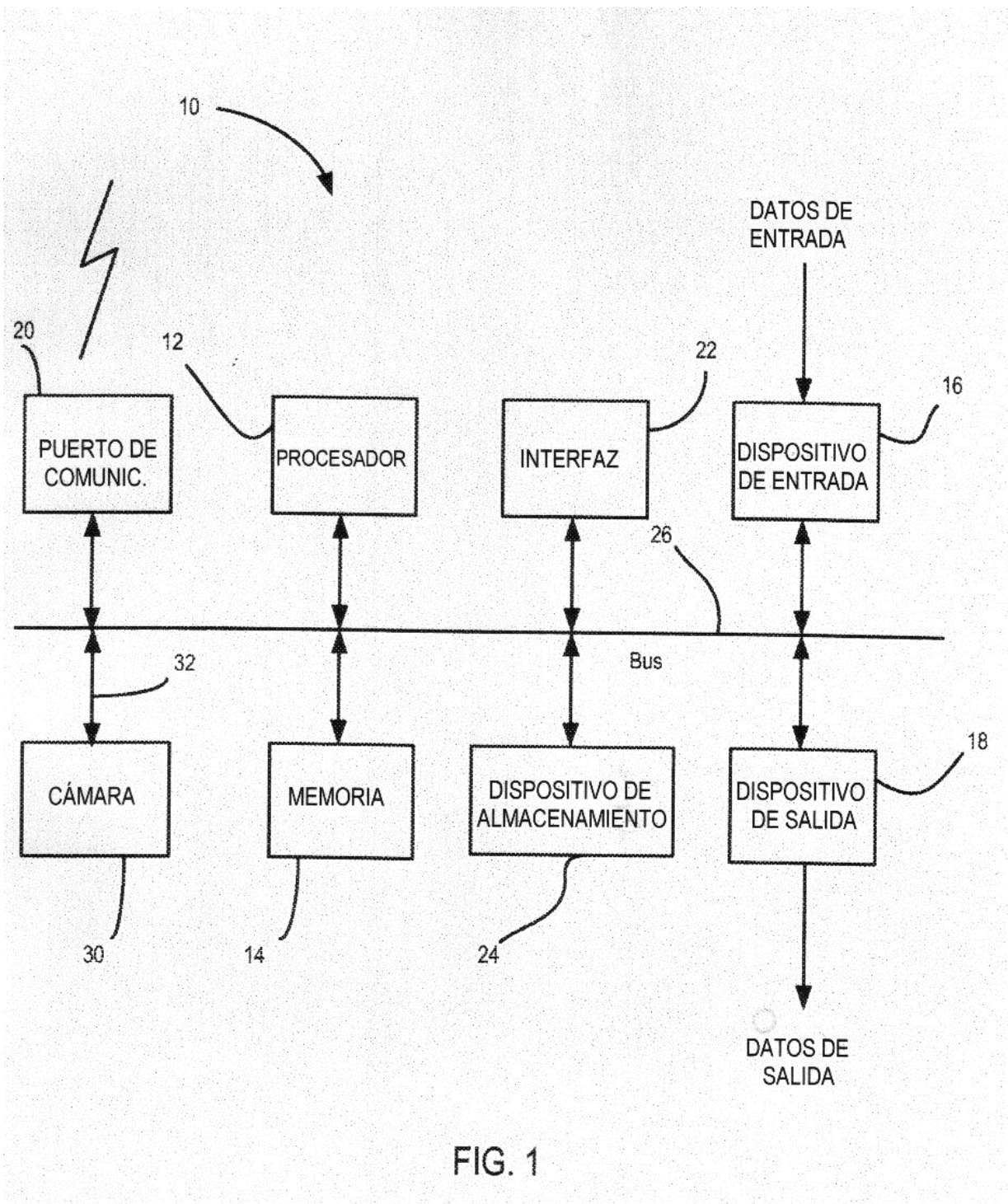


FIG. 1

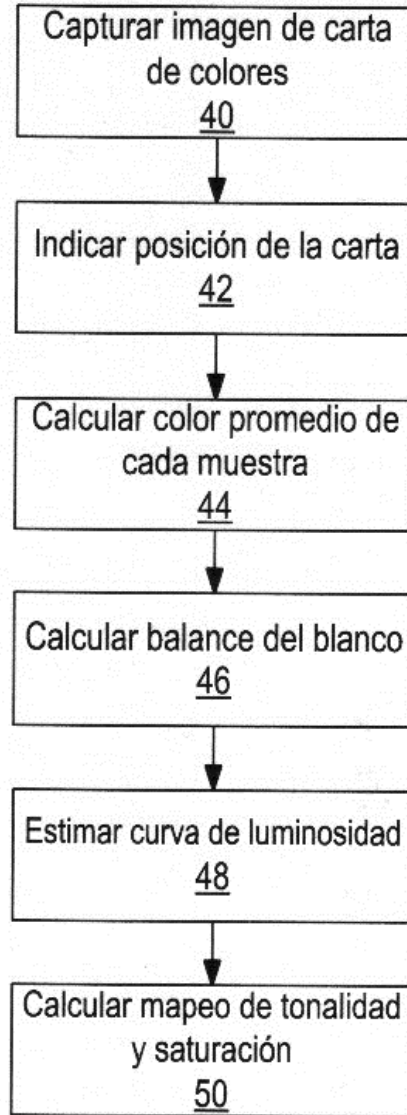


FIG. 2

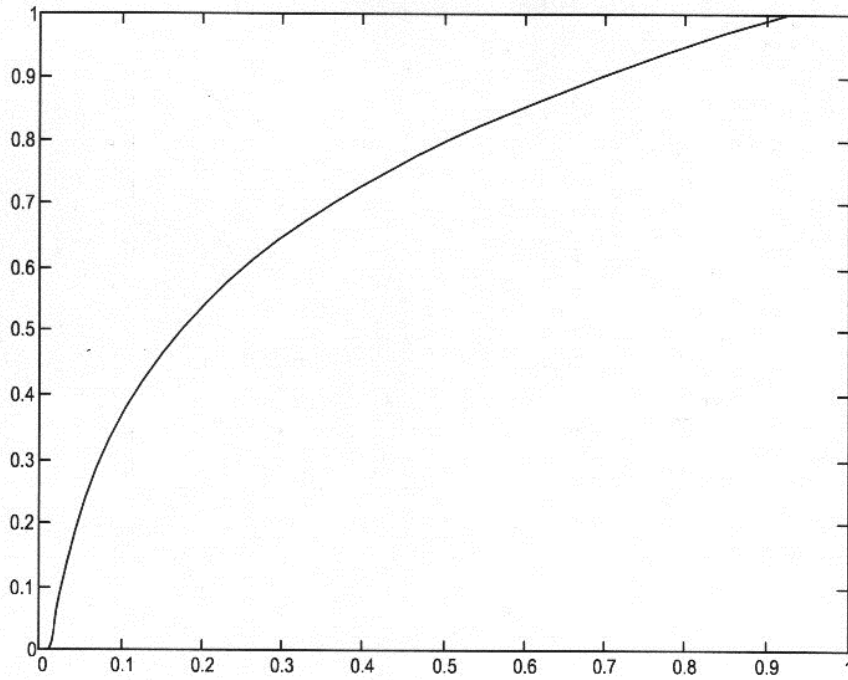


FIG. 3

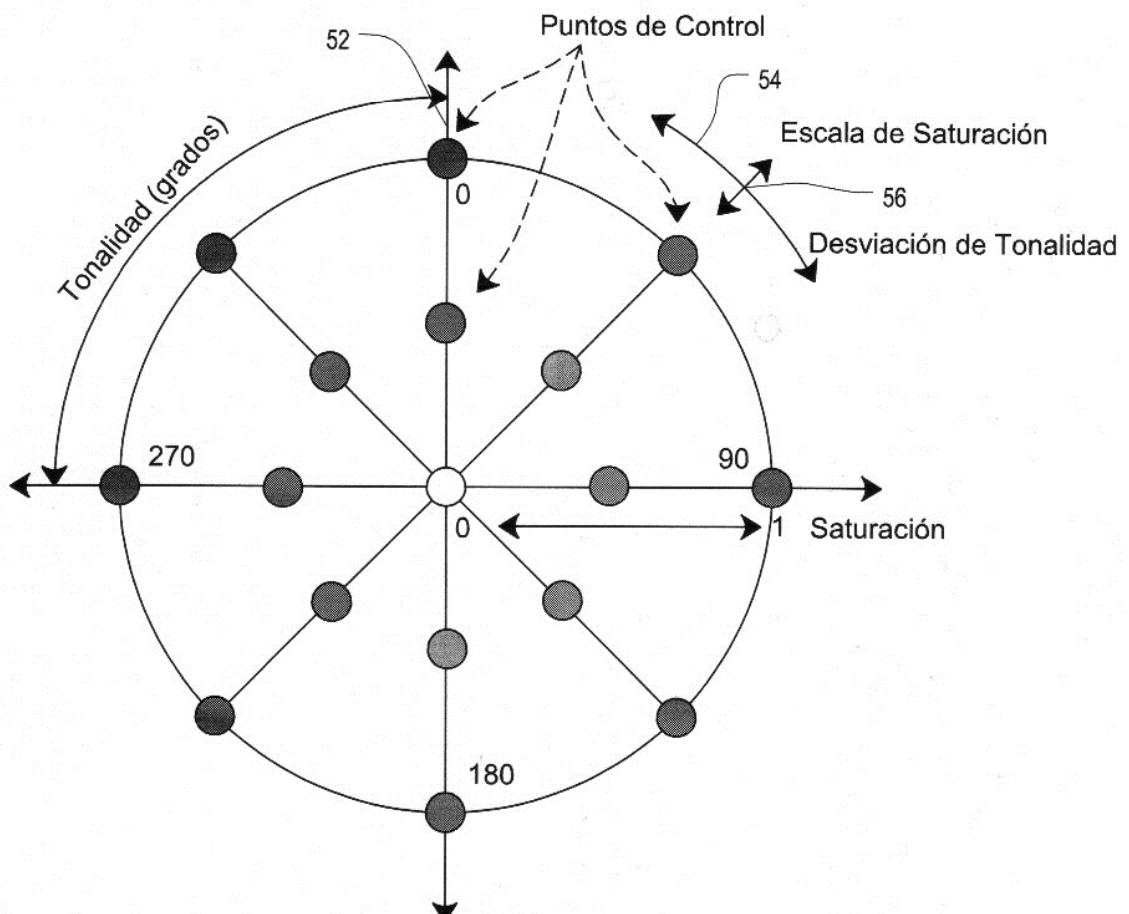
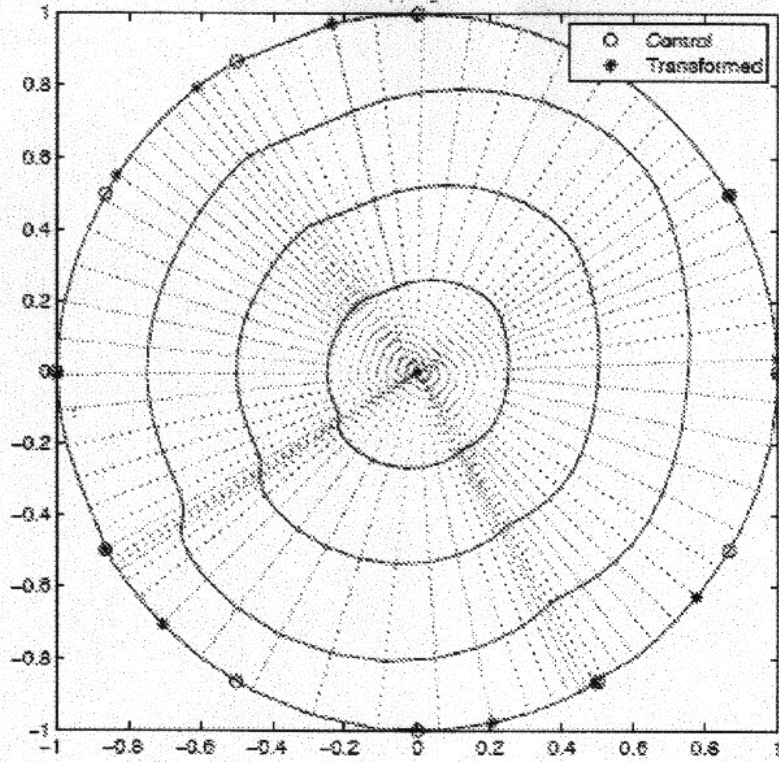
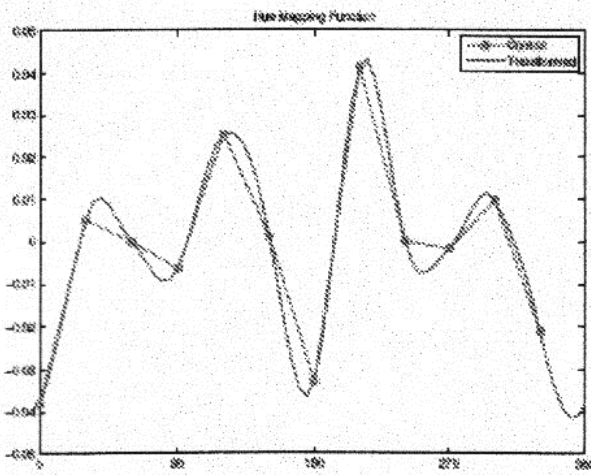


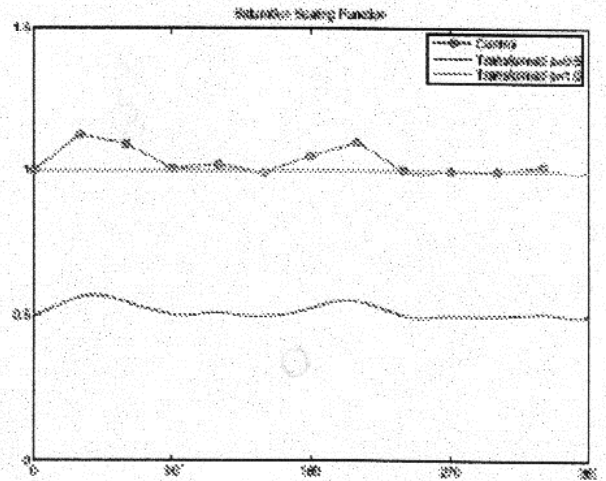
FIG. 4



(a) Función de mapeo completo



(b) Función de mapeo de tonalidad



(c) Función de mapeo de saturación

FIG. 5

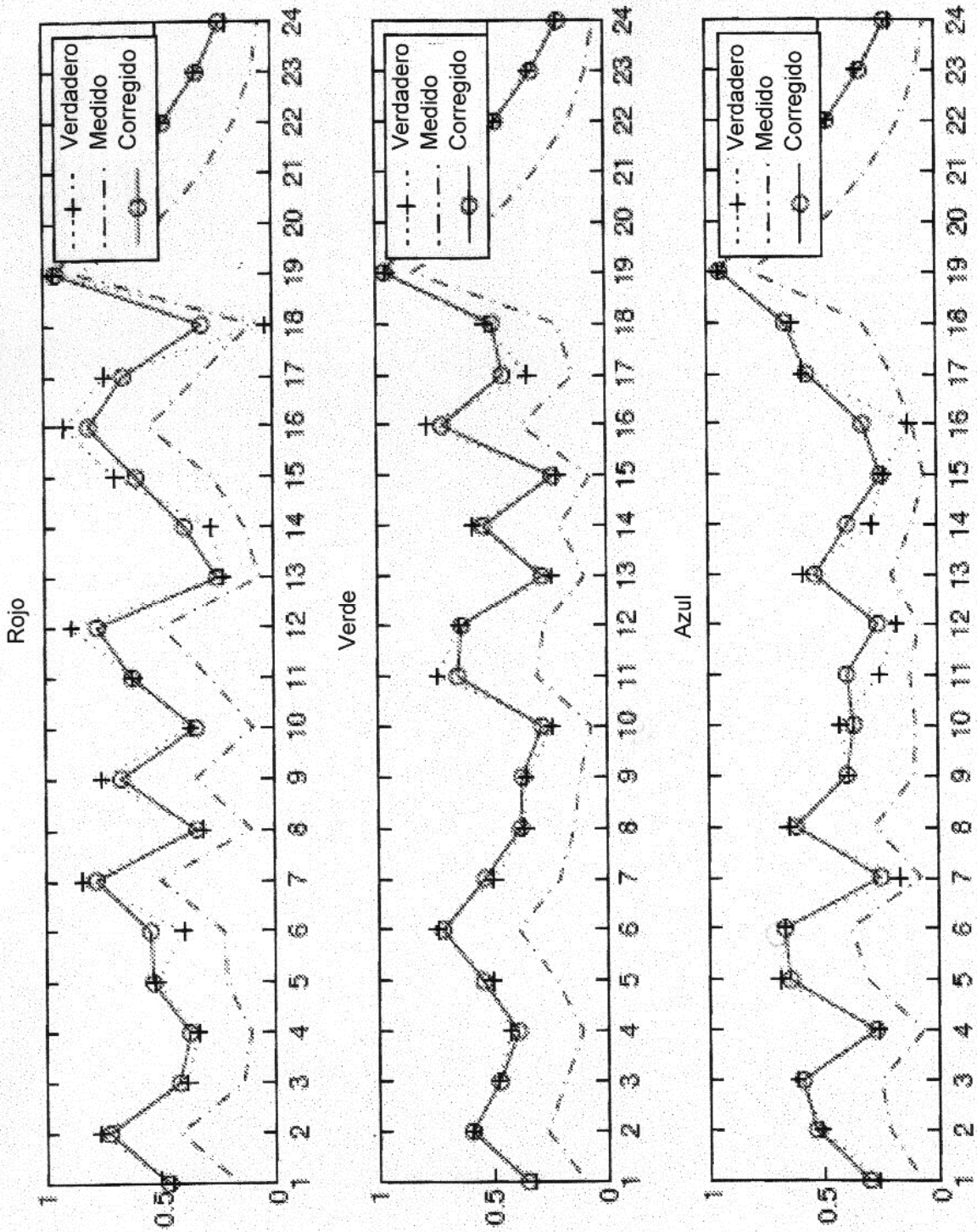
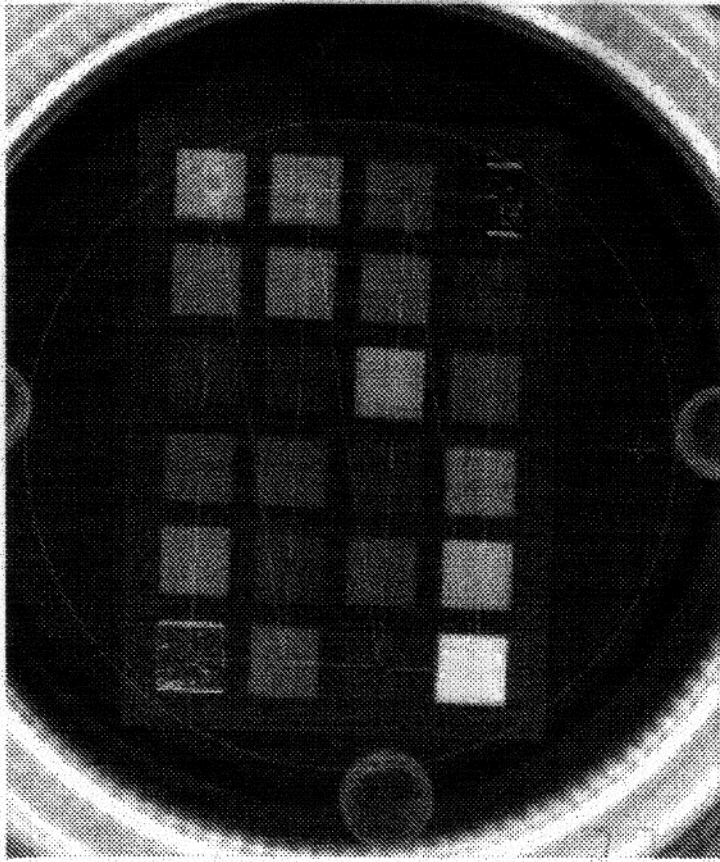
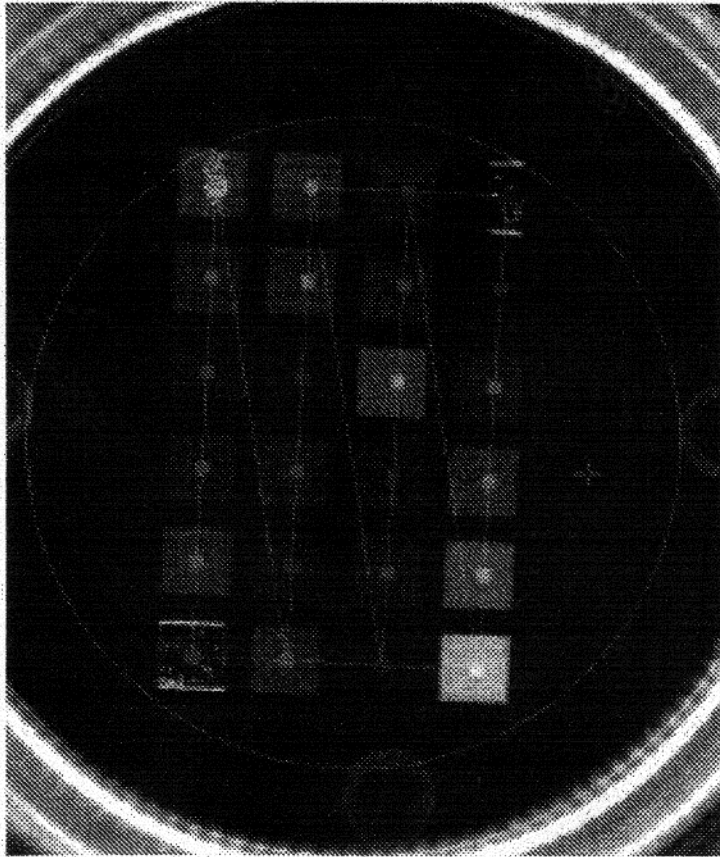


FIG. 6



(b) Imagen corregida



(a) Muestras seleccionadas en la imagen original

FIG. 7

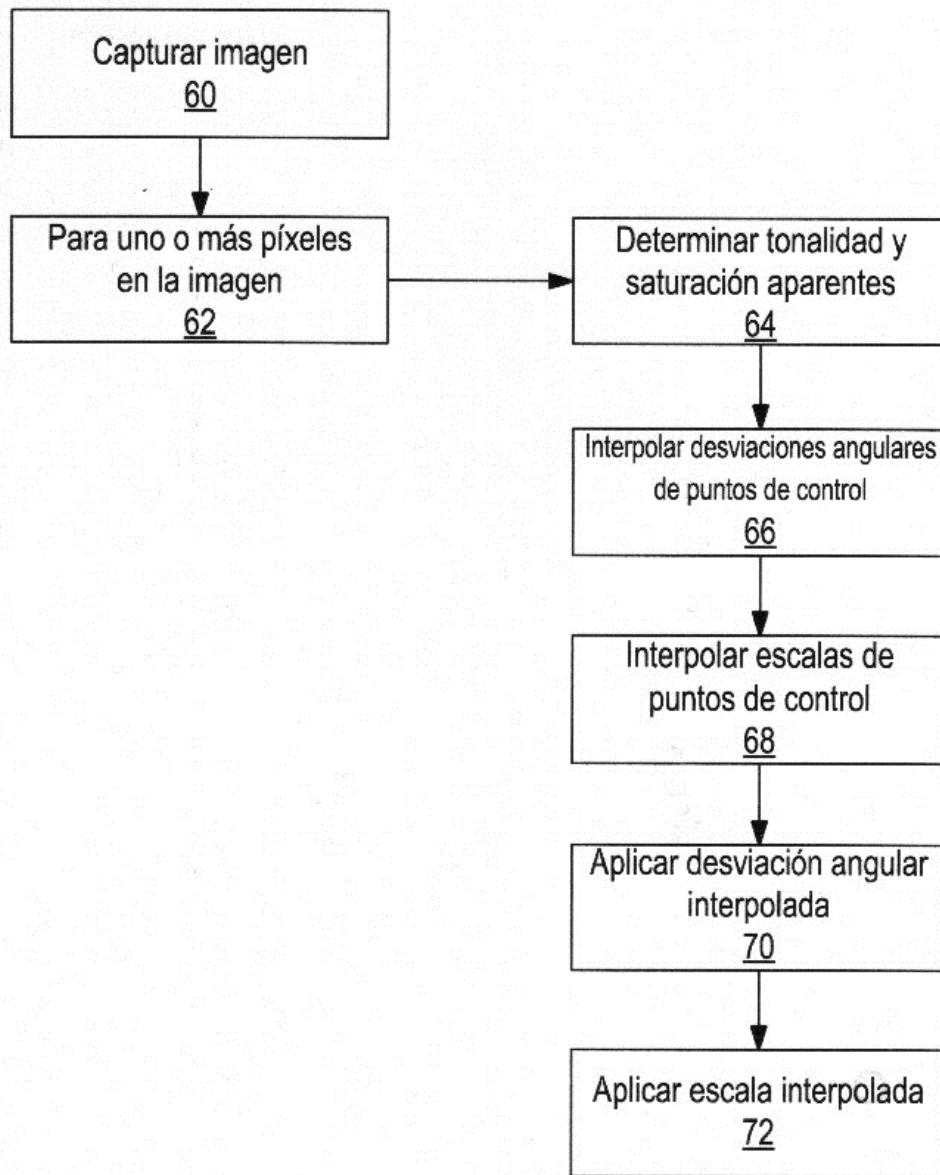


FIG. 8