

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 444**

51 Int. Cl.:

H04N 1/60 (2006.01)

G06T 5/00 (2006.01)

H04N 9/68 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.01.2016 PCT/US2016/013352**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2016 WO16118395**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2016 E 16706272 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 3248367**

54 Título: **Gestión de visualización para vídeo de alto rango dinámico**

30 Prioridad:

19.01.2015 US 201562105139 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.12.2018

73 Titular/es:

**DOLBY LABORATORIES LICENSING CORPORATION (100.0%)
1275 Market Street
San Francisco, CA 94103, US**

72 Inventor/es:

ATKINS, ROBIN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 692 444 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

Gestión de visualización para vídeo de alto rango dinámico

5 Tecnología

La presente invención se refiere en general a imágenes. Más particularmente, una forma de realización de la presente invención se refiere al proceso de gestión de visualización de imágenes con alto rango dinámico o rango dinámico mejorado.

10

Antecedentes

15 Como se utiliza en el presente documento, el término 'rango dinámico' (DR) puede referirse a la capacidad del sistema visual humano (HVS) para percibir un rango de intensidad (por ejemplo, luminancia, luma) en una imagen, por ejemplo, desde los oscuros más oscuros (negros) hasta los brillos más brillantes (blancos). En este sentido, DR se refiere a una intensidad 'referida a la escena'. DR también se puede referir a la capacidad de un dispositivo de visualización para generar de manera adecuada o aproximada un rango de intensidad de una amplitud particular. En este sentido, DR se refiere a una intensidad 'referida a la visualización'. A menos que de manera explícita se especifique que un sentido particular tiene un significado particular en cualquier punto en la descripción en el presente documento, debe deducirse que el término puede utilizarse en cualquier sentido, por ejemplo, de manera intercambiable.

20

25 Como se utiliza en el presente documento, el término alto rango dinámico (HDR) se refiere a una amplitud de DR que se extiende por los 14-15 órdenes de magnitud del sistema visual humano (HVS). En la práctica, el DR por el cual un ser humano puede percibir simultáneamente una amplitud extensa en el rango de intensidad puede estar algo truncado, en relación con HDR. Como se utiliza en el presente documento, los términos rango dinámico mejorado (EDR) o rango dinámico visual (VDR) pueden referirse de manera individual o intercambiable al DR que puede percibirse simultáneamente por el sistema visual humano (HVS). Como se utiliza en el presente documento, EDR puede referirse a un DR que se extiende de 5 a 6 órdenes de magnitud. Por tanto, aunque quizás sea algo más estrecho en relación con el HDR referido a un escenario real, no obstante el EDR representa una gran amplitud de DR y también puede denominarse HDR.

30

35 En la práctica, las imágenes comprenden una o varias componentes de color (por ejemplo, luma Y y croma Cb y Cr) estando representada cada componente de color por una precisión de n bits por píxel (por ejemplo, $n=8$). Utilizando codificación de luminancia lineal, las imágenes en las que $n \leq 8$ (por ejemplo, imágenes JPEG a color de 24 bits) se consideran imágenes de rango dinámico convencional, mientras que las imágenes en las que $n > 8$ pueden considerarse imágenes de rango dinámico mejorado. Las imágenes de EDR y HDR también pueden guardarse y distribuirse utilizando formatos de punto flotante de alta precisión (por ejemplo, 16 bits), tales como el formato de archivo OpenEXR desarrollado por Industrial Light and Magic.

40

45 La mayor parte de pantallas de escritorio de consumidor soportan una luminancia de 200 a 300 cd/m^2 o nits. La mayor parte de televisiones de alta definición (HDTV) de consumidor oscilan entre 300 y 1000 cd/m^2 . Por tanto, estas pantallas convencionales tipifican un bajo rango dinámico (LDR), también denominado rango dinámico convencional (SDR), en relación con HDR o EDR. Como la disponibilidad de contenido EDR aumenta debido a los avances tanto en el equipo de captura (por ejemplo, cámaras) como en las pantallas EDR (por ejemplo, el monitor de referencia profesional PRM-4200 de Dolby Laboratories), el contenido EDR puede tener una graduación de colores y visualizarse en pantallas EDR que soportan rangos dinámicos más altos (por ejemplo, de 1.000 nits a 5.000 nits o más). En general, los procedimientos de la presente divulgación se refieren a cualquier rango dinámico superior a SDR. Como aprecian los inventores en este caso, son deseables técnicas mejoradas para la gestión de visualización de imágenes de alto rango dinámico sobre pantallas HDR y SDR tanto para retrocompatibilidad como para una experiencia de inmersión superior.

50

55 Como se utiliza en el presente documento, el término "gestión de visualización" indica el procesamiento (por ejemplo, mapeo de tono y gama) requerido para mapear una señal de vídeo de entrada de un primer rango dinámico (por ejemplo, 1000 nits) a una visualización de un segundo rango dinámico (por ejemplo, 500 nits).

60

Los enfoques descritos en esta sección son enfoques que podrían buscarse, pero no necesariamente enfoques que se hayan concebido o buscado anteriormente. Por tanto, a menos que se indique de otro modo, no debe suponerse que ninguno de los enfoques descritos en esta sección se califica como estado de la técnica simplemente por su inclusión en esta sección. De manera similar, no debe suponerse que los aspectos identificados con respecto a uno o varios enfoques se han reconocido en ningún estado de la técnica basándose en esta sección, a menos que se indique de otro modo.

65

Breve descripción de los dibujos

65

Una forma de realización de la presente invención se ilustra a modo de ejemplo, y no en forma de limitación, en las figuras de los dibujos adjuntos y en los que números de referencia similares se refieren a elementos similares y en los que:

5 la figura 1 representa un proceso de ejemplo para la gestión de visualización de imágenes de EDR según una forma de realización de la presente invención;

la figura 2 representa un proceso de ejemplo para convertir datos EDR de entrada de un espacio de color de entrada en un espacio cuantificado perceptualmente según una forma de realización de la presente invención;

10 la figura 3 representa un proceso de ejemplo para mapeo de volumen de color para imágenes de EDR según una forma de realización de la presente invención;

15 la figura 4 representa un proceso de ejemplo para la conservación de detalles según una forma de realización de la presente invención; y

la figura 5 representa un proceso de ejemplo para la conversión de color de salida según una forma de realización de la presente invención.

20 Descripción de formas de realización de ejemplo

En el presente documento se describe la gestión de visualización eficaz (por ejemplo, mapeo de tono y gama) de imágenes de rango dinámico mejorado (EDR). En la siguiente descripción, a efectos explicativos, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión profunda de la presente invención. Sin embargo, resultará evidente que la presente invención puede ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, no se describen en detalle las estructuras y dispositivos bien conocidos con el fin de evitar innecesariamente interferir en, complicar o confundir la presente invención.

30 Sumario

Las formas de realización a modo de ejemplo descritas en el presente documento se refieren a la gestión de visualización eficaz de imágenes de EDR. Un procesador de gestión de visualización recibe una imagen de entrada con rango dinámico mejorado para su visualización en una visualización objetivo que tiene un rango dinámico diferente en comparación con una pantalla de referencia de origen. La imagen de entrada se transforma en primer lugar de un espacio de color de entrada (por ejemplo, RGB o YCbCr) en un espacio de color cuantificado perceptualmente (PQ), preferiblemente el espacio de color IPT-PQ. Una función de mapeo de volumen de color, que incluye una función de mapeo de tono adaptativa y una función de mapeo de gama de color adaptativa, genera una primera imagen mapeada. Se aplica una etapa de conservación de detalles a la componente de intensidad de la primera imagen mapeada para generar una imagen mapeada final con una imagen de intensidad con tonos mapeados filtrada. A continuación se convierte la imagen mapeada final de vuelta al espacio de color preferido de la pantalla. Se proporcionan ejemplos de las funciones de mapeo de tono y mapeo de gama adaptativas.

Flujo de procesamiento de gestión de visualización de ejemplo

45 La figura 1 representa un proceso de ejemplo para la gestión de visualización de imágenes de EDR (que también pueden denominarse imágenes de HDR) según una forma de realización de la presente invención. Este proceso comparte muchas similitudes con el proceso de gestión de visualización descrito en la solicitud PCT con n.º de serie PCT/US2014/016304, que en adelante se denominará solicitud '304, presentada el 13 de febrero de 2014; sin embargo, las formas de realización propuestas incluyen múltiples mejoras que permiten una complejidad computacional reducida mejorando al mismo tiempo la calidad de imagen global.

50 Como se representa en la figura 1, un procesador de vídeo (por ejemplo, un servidor multimedia, un decodificador de televisión, una pantalla de imágenes, u otro procesador de imágenes adecuado) recibe una entrada EDR V_i (102) y opcionalmente metadatos de origen y contenido asociados (104) y metadatos objetivo (106). La entrada EDR (102) puede comprender parte de un fotograma o un fotograma completo de una secuencia de imágenes, tal como una señal de vídeo EDR. Como se utiliza en el presente documento, el término "metadatos" se refiere a cualquier información auxiliar que se transmite como parte del flujo de bits codificado y ayuda a un decodificador a generar una imagen decodificada. Tales metadatos pueden incluir, pero no se limitan a, información de gama o espacio de color, parámetros de visualización de referencia y parámetros de señales auxiliares, como los que se describen en el presente documento.

60 La entrada EDR recibida (102) puede estar en formato de color RGB o cualquier otro espacio de color, tal como YCbCr, XYZ, y similar. La imagen recibida puede haberse sometido a graduación de colores en un monitor EDR de referencia que puede tener diferentes características de gama de color y rango dinámico en comparación con un monitor de visualización objetivo. Como se utiliza en el presente documento, el término "graduación de colores"

65

indica el proceso de ajustar el color de una imagen o vídeo para corregir alteraciones de color y/o coincidir con la intención del director.

5 La entrada EDR (102) también puede incluir metadatos de visualización de origen (104) relacionados con la pantalla utilizada para realizar una graduación de colores de la imagen durante la producción del programa. Por ejemplo, estos metadatos pueden incluir la función de transferencia electroóptica de referencia (EOTF) (por ejemplo, Rec. ITU-R BT.1866 (03/2011) o SMPTE ST 2084:2014). La entrada EDR también puede incluir metadatos de visualización y contenido de origen adicionales (104), tales como el brillo máximo y mínimo de la pantalla de origen o 10 referencia, el tono máximo, mínimo y tono medio promedio de los datos y la intensidad de la luz ambiente durante la graduación de colores. Por ejemplo, los metadatos para un monitor de referencia pueden incluir los siguientes parámetros de ejemplo utilizados en producción:

brillo mínimo de monitor de origen, $S_{mín} = 0,005$ nits;

15 brillo máximo de monitor de origen, $S_{máx} = 4000$ nits;

Luz ambiente, $S_{amb} = 10$ nits;

20 Gamma, $S_{gamma} = 2,4$;

Espacio de color = DCI P3, Punto blanco = D65;

25 Los metadatos para el monitor de referencia tienen que transmitirse normalmente sólo una vez; sin embargo, los metadatos para los datos de vídeo pueden transmitirse por cada fotograma, por cada escena o siempre que haya un cambio. Si no hay metadatos relacionados con el contenido de origen, entonces en algunas formas de realización tales datos pueden extraerse analizando el contenido de vídeo de origen. Los metadatos objetivo (106) se suministran mediante la visualización objetivo y pueden describir las características de visualización objetivo (por ejemplo, brillo máximo, gama de colores, y similares).

30 El espacio de color IPT-PQ

El flujo de procesamiento (100) se realiza en lo que se denomina el espacio de color IPT cuantificado perceptualmente o IPT-PQ. Como se aprecia por el inventor, la operación en el espacio de color IPT-PQ ofrece una serie de ventajas, tales como: llevar a cabo el flujo de gestión de visualización en un punto fijo y a una profundidad 35 de bits menor y reducir las alteraciones de color debido a las operaciones de mapeo de tono y mapeo de gama. IPT, tal como se describe en "Development and testing of a color space (ipt) with improved hue uniformity", de F. Ebner y M.D. Fairchild, en Proc. 6th Color Imaging Conference: Color Science, Systems, and Applications, IS&T, Scottsdale, Arizona, noviembre de 1998, págs. 8-13 (al que se hará referencia como artículo de Ebner), es un modelo de la diferencia de color entre conos en el sistema visual humano. En este sentido es como los espacios de color YCbCr o CIE-Lab; sin embargo, se ha demostrado en algunos estudios científicos que imitan mejor el procesamiento visual humano que estos espacios. Como CIE-Lab, IPT es un espacio normalizado con respecto a cierta luminancia de referencia. En una forma de realización, la normalización se basa en la luminancia máxima de la visualización objetivo.

45 El término "PQ" como se utiliza en el presente documento se refiere a cuantificación perceptual. El sistema visual humano responde a niveles de luz crecientes de una manera muy no lineal. La capacidad del ser humano para ver un estímulo se ve afectada por la luminancia de ese estímulo, el tamaño del estímulo, la(s) frecuencia(s) espacial(es) que constituye(n) el estímulo, y el nivel de luminancia al que se han adaptado los ojos en el momento particular en el que se visualiza el estímulo. En una forma de realización preferida, una función de cuantificador perceptual mapea niveles de gris de entrada lineales a niveles de gris de salida que coinciden mejor con los umbrales de sensibilidad al contraste en el sistema visual humano. Ejemplos de funciones de mapeo de PQ se describen en la solicitud PCT con número de serie PCT/US2012/068212 (a la que se hará referencia como solicitud '212) titulada "Perceptual luminance nonlinearity-based image data exchange across different display capabilities", de J. S. Miller *et al.*, presentada el 6 de diciembre de 2012, en la que dado un tamaño de estímulo fijo, para cada nivel de luminancia (es decir, el nivel de estímulo), se selecciona una etapa de contraste visible mínimo a ese nivel 55 de luminancia según el nivel de adaptación más sensible y la frecuencia espacial más sensible (según los modelos HVS). Comparado con la curva gamma tradicional, que representa la curva de respuesta de un dispositivo de tubos de rayos catódicos (CRT) físico y de manera coincidente puede tener una similitud muy aproximada con la manera en que responde el sistema visual humano, una curva PQ, como se determina mediante la solicitud '212, imita la respuesta visual verdadera del sistema visual humano utilizando un modelo funcional relativamente simple.

65 Un ejemplo de una EOTF basada en una curva PQ se define en SMPTE ST 2084:2014 "High Dynamic Range EOTF of Mastering Reference Displays". Otro ejemplo de una EOTF cuantificada perceptualmente se presenta en "Chromaticity based color signals for wide color gamut and high dynamic range", de J. Stessen *et al.*, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG2014/M35065, octubre de 2014.

La tabla 1 describe el cálculo de la curva perceptual EOTF para convertir valores de código de vídeo digital en niveles de luminancia lineal absoluta en un punto de visualización. También se incluye el cálculo de la EOTF inversa (OETF) para convertir la luminancia lineal absoluta en valores de código digital

5 Tabla 1

Definiciones de ecuaciones a modo de ejemplo:

D = valor de código digital de curva perceptual, número entero sin signo válido para SDI, 10 o 12 bits

10 b = número de bits por componente en representación de señales digitales, 10 o 12

V = valor de señal de curva perceptual normalizada, $0 \leq V \leq 1$

15 Y = valor de luminancia normalizada, $0 \leq Y \leq 1$

L = valor de luminancia absoluta, $0 \leq L \leq 10.000 \text{ cd/m}^2$

Ecuaciones de decodificación de EOTF a modo de ejemplo:

20

$$V = \frac{D - 4 \cdot 2^{b-10}}{1015 \cdot 2^{b-10}}$$

$$Y = \left(\frac{\max[(V^{1/m} - c_1), 0]}{c_2 - c_3 V^{1/m}} \right)^{1/n} \quad (t1)$$

$$L = 10.000 \cdot Y$$

Ecuaciones de codificación de EOTF inversa a modo de ejemplo:

25

$$Y = \frac{L}{10.000}$$

$$V = \left(\frac{c_1 + c_2 Y^n}{1 + c_3 Y^n} \right)^m \quad (t2)$$

$$D = \text{INT}(1015 \cdot V \cdot 2^{b-10}) + 4 \cdot 2^{b-10} \quad (t3)$$

Constantes a modo de ejemplo:

30

$$n = \frac{2610}{4096} \times \frac{1}{4} \approx 0,15930176$$

$$m = \frac{2523}{4096} \times 128 = 78,84375$$

$$c_1 = c_3 - c_2 + 1 = \frac{3424}{4096} = 0,8359375$$

$$c_2 = \frac{2413}{4096} \times 32 = 18,8515625$$

35

$$c_3 = \frac{2392}{4096} \times 32 = 18,6875$$

Notas:

40 1. El operador INT devuelve el valor de 0 para partes fraccionarias en el intervalo de 0 a 0,4999... y +1 para partes fraccionarias en el intervalo de 0,5 a 0,9999..., es decir, redondea por exceso fracciones por encima de 0,5.

2. Todas las constantes se definen como múltiplos exactos de racionales de 12 bits para evitar problemas de redondeo.

3. Las componentes de señal R, G o B se calcularán de la misma manera que la componente de señal Y descrita anteriormente.

5 La figura 2 representa en más detalle un proceso de ejemplo para la etapa de conversión de color (110), según una forma de realización. Como se representa en la figura 2, dada la señal EDR de entrada V_i (102) que está en un primer formato de color (por ejemplo, YCbCr 4:2:0 o RGB gamma 4:4:4), la etapa de transformación de espacio de color (110) la convierte en la señal V_{iL} (112) en el espacio de color IPT corregido perceptualmente (IPT-PQ). Esta transformación de color puede comprender las etapas siguientes:

10 a) La etapa (215), en caso necesario, puede realizar el aumento de la tasa de muestreo de crominancia u otras operaciones de preprocesamiento (por ejemplo, ajustar a escala la entrada para que esté dentro del intervalo (0, 1)) para generar la salida (217).

15 b) La señal EDR de entrada (102) puede someterse a codificación gamma o codificación PQ, lo que se señala normalmente utilizando metadatos de origen (104). La etapa (220) puede utilizar la EOTF (según lo establecido por los metadatos (104)) para revertir o deshacer la conversión de la visualización de origen de los valores de código a la luminancia. Por ejemplo, si la señal de entrada se somete a codificación gamma, entonces esta etapa aplica una función gamma inversa. Si la señal de entrada se somete a codificación PQ (por ejemplo, según SMPTE ST 2084), entonces esta etapa aplica una función PQ inversa. En la práctica, la etapa de linealización (220) puede realizarse utilizando tres tablas de consulta (LUT) 1-D previamente calculadas.

20 c) La etapa (225) convierte la señal linealizada (222) en una señal (227) en el espacio de color LMS. Normalmente, esta etapa se realiza a) convirtiendo la entrada al espacio de color XYZ utilizando transformadas convencionales, y a continuación aplicando una matriz de 3 x 3 para convertir la señal de XYZ a LMS.

25 d) (Etapas 230). Según el artículo de Ebner, la conversión tradicional de espacio de color LMS a IPT comprende aplicar en primer lugar una función de potencia no lineal a los datos LMS y a continuación aplicar una matriz de transformación lineal. Aunque se puede transformar los datos de LMS a IPT y a continuación aplicar la función PQ para estar en el dominio IPT-PQ, en una forma de realización preferida, en la etapa (230) la función de potencia tradicional para una codificación no lineal de LMS a IPT se sustituye por la codificación no lineal PQ. Por ejemplo, los valores L, M y S no lineales se calculan de la misma manera que la señal V en la ecuación (t2), en la que la señal Y se sustituye por los valores de componente L, M o S lineales. En algunas formas de realización, puede utilizarse una versión normalizada de codificación PQ, en la que puede omitirse la etapa de la ecuación (t3) y el intervalo de valores PQ de salida está entre 0 y 1. En algunas formas de realización, también pueden aplicarse codificaciones PQ alternativas (por ejemplo, como la sugerida por Stessen).

30 e) Utilizando una transformada lineal 3 x 3 LMS a IPT convencional, la etapa (235) completa la conversión de la señal (102) al espacio de color IPT-PQ.

35 En algunas formas de realización, el flujo de transformación de color completo (por ejemplo, 110) puede calcularse utilizando una LUT 3D. Además, en formas de realización en las que la señal de entrada ya está en el espacio IPT-PQ, puede saltarse la conversión de espacio de color de entrada (110).

40 Mapeo de volumen de color

45 Después de la etapa de transformación de color (110), la intensidad (I_0) y croma (P/T) de la señal V_{iL} (112) tiene que mapearse para entrar dentro de las restricciones de la visualización objetivo. La figura 3 representa una implementación de ejemplo de un proceso de mapeo de volumen de color (115) según una forma de realización. La primera parte del proceso de mapeo de volumen de color (115) determina una cantidad para oscurecer los colores basándose tanto en su saturación como en su intensidad. En una forma de realización, sin limitación, puede calcularse una métrica de saturación S como la suma del cuadrado de las componentes de croma, o

$$S = P^2 + T^2. \quad (1)$$

50 La función de mapeo de tono (310) aplica un mapeo no lineal a la intensidad I_0 (302) de los datos de entrada V_{iL} (112) para generar datos de intensidad con tonos mapeados I_m (314) (por ejemplo, $I_m = f_T(I_0)$). A. Ballestad *et al.*, en la patente estadounidense 8.593.480 (a la que se hará referencia como patente '480), titulada "Method and apparatus for image data transformation" describen una transformada de mapeo no lineal de ejemplo.

60 Según la patente '480, una función de transferencia de ejemplo para mapeo no lineal puede indicarse como

$$Y_{sal} = \left(\frac{C_1 + C_2 Y_{en}^{Pendiente}}{1 + C_3 Y_{en}^{Pendiente}} \right)^{Caída}, \quad (2)$$

donde C_1 , C_2 y C_3 son constantes, Y_{en} es el valor de entrada para un canal de color (por ejemplo, I_0), Y_{sal} es el valor de salida para el canal de color, y $pendiente$ y $caída$ son parámetros. Esta función de transferencia es un ejemplo de una función de curva de tono sigmoidea parametrizada. El exponente $pendiente$ especifica el contraste deseado en el punto medio. Puede derivarse de la razón entre visualizaciones de origen y objetivo para permitir un contraste ligeramente superior para imágenes más oscuras. El exponente $caída$ determina cómo de pronunciada es la caída de la curva en la parte superior e inferior de la curva. Un valor menor da como resultado una caída más pronunciada. Los parámetros C_1 , C_2 y C_3 se determinan basándose en la definición de tres puntos de anclaje, que a su vez se definen basándose en las características de brillo de la visualización de referencia (o de origen), que normalmente se extraen de metadatos de entrada (104), y las características de brillo de la visualización objetivo, que normalmente ya se conocen por el procesador que realiza el proceso de gestión de visualización a través de metadatos objetivo (106).

El concepto clave en el mapeo de tono es conservar el aspecto de imagen global haciendo el menor cambio posible del contraste y la intensidad al punto medio. A continuación se mapean suavemente las sombras y los reflejos en el rango de luminancia de la visualización objetivo. En una forma de realización de ejemplo, la etapa (310) puede calcular los parámetros de curva de tono de la ecuación (2) de la siguiente manera:

$T_{mín}$ y $T_{máx}$ designarán el brillo mínimo y máximo de la visualización objetivo, representada con la codificación PQ. $S_{mín}$ y $S_{máx}$ también designarán el brillo mínimo y máximo de la visualización de origen, también con codificación PQ, a continuación, en una forma de realización, $S2Trazón$ puede definirse como:

$$\begin{aligned} S_{med} &= \left(\frac{S_{mín} + S_{máx}}{2} \right), \\ T_{med} &= \left(\frac{T_{mín} + T_{máx}}{2} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

$$S2Trazón = S_{med} - T_{med}.$$

Dada $S2Trazón$, en una forma de realización,

$$Desplaz. = \frac{S2Trazón}{2}, \quad (4)$$

y

$$Pendiente = S2Trazón + 1$$

El valor de $Desplazamiento$ indica el punto medio de la curva de mapeo, o la cantidad a oscurecer la imagen de entrada para adaptarla a las capacidades de la visualización objetivo. Sin perder la generalidad, en una forma de realización, se elige quedarse a mitad de camino entre los puntos medio de visualización de origen y objetivo para conservar parte de la intención creativa del director para la imagen.

En una forma de realización, de manera subjetiva se ha determinado un valor de $caída = 1/3$ para proporcionar una buena calidad de imagen para una amplia variedad de imágenes.

Dadas las ecuaciones (2-4), pueden derivarse los parámetros C_1 , C_2 y C_3 resolviendo el sistema de ecuaciones que determinan la curva de mapeo de tono que pasa a través de los puntos de control mínimo, máximo y medio.

$$[x_1, x_2, x_3] = [S_{mín}, S_{med}, S_{máx}]$$

$$y_1 = \text{máx}(S_{mín} - Desplaz, T_{mín})$$

$$y_2 = S_{med} - Desplaz.$$

$$y_3 = \text{mín}(S_{máx} - Desplaz, T_{máx})$$

$$\begin{aligned} \varepsilon &= x_3 y_3 (x_1 - x_2) + x_2 y_2 (x_3 - x_1) + x_1 y_1 (x_2 - x_3) \\ \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{pmatrix} &= \frac{1}{\varepsilon} \begin{pmatrix} x_2 x_3 (y_2 - y_3) & x_1 x_3 (y_3 - y_1) & x_1 x_2 (y_1 - y_2) \\ x_3 y_3 - x_2 y_2 & x_1 y_1 - x_3 y_3 & x_2 y_2 - x_1 y_1 \\ x_3 - x_2 & x_1 - x_3 & x_2 - x_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix}. \end{aligned} \quad (5)$$

45

En algunas formas de realización, puede ser deseable una modificación de la curva de tono descrita anteriormente, por ejemplo cuando se realiza un mapeo a un entorno de visualización más brillante o más oscuro. Esto puede alcanzarse a través de dos parámetros adicionales que pueden ajustarse de manera subjetiva: *contraste* y *brillo*. Dado el *contraste* y *brillo*, los parámetros de *desplazamiento* y *pendiente* originales de la ecuación (4) pueden ajustarse como

$$\begin{aligned} \text{Desplaz.} &= \frac{S2T_{\text{razón}}}{2} + \text{brillo}, \\ \text{Pendiente} &= S2T_{\text{razón}} + 1 + \text{contraste}. \end{aligned} \quad (6)$$

El control del *brillo* tiene el efecto de aumentar o disminuir de manera global el brillo de toda la imagen, aunque puede afectar sólo al punto medio dependiendo del rango dinámico de la visualización objetivo. El control del *contraste* tiene el efecto de elevar o disminuir el contraste alrededor del punto medio, aunque puede disminuir el contraste en las sombras o reflejos dependiendo del rango dinámico de la visualización objetivo.

Los controles de *brillo* y *contraste* pueden modificarse para alcanzar dos propósitos. En primer lugar pueden ajustarse con respecto a una visualización final con el fin de compensar un entorno de visión diferente. Esto se realiza a través de una operación de tipo PLUGE, en la que un usuario ajusta el brillo y/o contraste hasta que el detalle en negro y blanco es visible de manera subjetiva en una imagen. El segundo uso de estos parámetros es como parte de los metadatos para ajustar de manera fina el mapeo por defecto para una foto particular con el fin de conseguir una impresión subjetiva particular.

Dado el parámetro C_1 , C_2 y C_3 anterior, en una forma de realización, la intensidad mapeada puede calcularse como:

$$I_m = f_T(I_o) = \left(\frac{C_1 + C_2 I_o^{\text{Pendiente}}}{1 + C_3 I_o^{\text{Pendiente}}} \right)^{\text{Caída}} \quad (7)$$

En la práctica, el cálculo de la imagen con tonos mapeados (314) se implementa normalmente utilizando una tabla de consulta.

Como se representa en la figura 3, el mapeo de volumen de color (115) incluye una función de mapeo de saturación (320) que se utiliza para ajustar los valores de croma (P/T) (304) basándose en los cambios en la intensidad. A medida que se reduce la intensidad de colores, también se disminuye su saturación para mantener su aspecto o equilibrio. En una forma de realización, el mapeo de saturación (320) puede expresarse como

$$f_{SM}(I_o) = I_m - I_o + 1. \quad (8)$$

Las curvas de saturación y el mapeo de tono se calculan para las capacidades de visualización de origen y objetivo especificadas, y opcionalmente, cualquier ajuste de usuario. Una vez calculadas, pueden aplicarse a cada píxel independientemente para mapear de un volumen de color de origen a un volumen de color objetivo. La parte principal del procedimiento es aplicar en primer lugar la curva de tono a la intensidad de entrada, y a continuación ajustar a escala cada uno de los canales de croma mediante la curva de saturación. Aplicando la misma escala a ambos canales de croma se conservan las tonalidades, que en IPT se definen por el ángulo entre P y T. Por tanto, en una forma de realización,

$$\begin{aligned} I_m &= f_T(I_o), \\ P_m &= f_{SM}(I_o) * P, \\ T_m &= f_{SM}(I_o) * T. \end{aligned} \quad (9)$$

Esto produce en general buenos resultados para colores que terminan dentro del volumen de color de la visualización objetivo. Sin embargo, no tiene en cuenta el hecho de que la visualización objetivo puede no ser capaz de producir colores brillantes, saturados. En ese caso, como se aprecia por el inventor, puede ser necesario algún ajuste de croma adicional.

Después del mapeo de volumen de color, cualquier color que quede fuera del volumen de color de visualización objetivo se recortará en el espacio RGB, lo que puede introducir alteraciones. Para reducir los colores que quedan fuera, una forma de realización proporciona dos medios para mapear adicionalmente colores con el volumen de color de visualización objetivo. El primero es oscurecer los colores brillantes, saturados, y el segundo es desaturar los colores muy saturados. A continuación puede modificarse el procedimiento de mapeo de volumen de color de la ecuación (9) como se muestra a continuación

$$\begin{aligned}
 S &= P^2 + T^2, \\
 I_m &= f_T(I_o) * (1 - S * \alpha), \\
 P_m &= P * f_{SM}(I_o) * (1 - S * \beta), \\
 &(10) \\
 T_m &= T * f_{SM}(I_o) * (1 - S * \beta),
 \end{aligned}$$

5 donde α y β son pesos, normalmente recibidos a través de los metadatos.

En la ecuación (10), en primer lugar se calcula la saturación de píxel S y se utiliza como máscara para el mapeo de gama adaptativo. Esto garantiza que los colores casi neutros no se vean afectados mientras que los colores muy saturados son los más afectados. La intensidad de colores se ajusta según su saturación e intensidad por una cantidad α . Del mismo modo, la saturación se ajusta según la saturación y otra cantidad β . Especificando los pesos entre estos dos indicadores es posible controlar la estrategia de mapeo de volumen de color para mejorar la precisión del color y reducir las alteraciones de color en la imagen de salida. El mayor ajuste se aplica a los colores brillantes, saturados. En una forma de realización, los valores típicos de estos pesos oscilan entre 5 y 15. En una forma de realización, la ecuación (10) también puede incluir operaciones de recorte de modo que los valores de $(1 - S * \alpha)$ y $(1 - S * b)$ nunca sean negativos o cero.

En otra forma de realización, las ecuaciones (10) pueden generalizarse como

$$\begin{aligned}
 I_m &= f_T(I_o) * f_{TS}(S), \\
 P_m &= P * f_{SM}(I_o) * f_{SS}(S), \\
 &(10a) \\
 T_m &= T * f_{SM}(I_o) * f_{SS}(S),
 \end{aligned}$$

donde $f_{TS}(S)$ y $f_{SS}(S)$ indican funciones lineales o no lineales muy generales de S . Por ejemplo, para $f_{TS}(S) = (1 - S * \alpha)$ y $f_{SS}(S) = (1 - S * \beta)$, la ecuación (10a) se convierte en la ecuación (10). Las ecuaciones (10a), a su vez, también pueden generalizarse adicionalmente en cuanto a funciones de mapeo conjunto como

$$\begin{aligned}
 I_m &= f_{TJ}(I_o, S), \\
 P_m &= P * f_{SJ}(I_o, S), \\
 &(10b) \\
 T_m &= T * f_{SJ}(I_o, S).
 \end{aligned}$$

La ventaja de las ecuaciones (10) y (10a) frente al enfoque generalizado de (10b) es que los mapeos se expresan como ecuaciones separables, lo que simplifica los requisitos de procesamiento.

Conservación de detalles

El operador de mapeo de tono de la ecuación (4) se denomina normalmente operador de mapeo de tono global puesto que se aplica la misma ecuación a toda una imagen o fotograma. El mapeo de tono global va seguido de un operador de conservación de detalles (125) que mejora el contraste local. Esta etapa también restablece el detalle de alta frecuencia en el canal de intensidad, perdido debido a la operación de mapeo de tono. Ejemplos de operadores de mapeo de tono local se describen en la patente '480 y en la solicitud '304. La figura 4 representa otro ejemplo de conservación de detalles según una forma de realización. Dadas las entradas I_o (302), I_m (314) y los metadatos de origen (104), el proceso (125) genera una imagen de intensidad filtrada I_{mf} (127) según las etapas siguientes.

W_{MSE} y W_{MS} designarán pesos ajustables (por ejemplo, $W_{MS} = 1$, $W_{MSE} = 4$), que pueden extraerse de los metadatos de origen. Estos pesos controlan la cantidad de conservación de detalles a aplicar. Como se representa en la figura 4,

$$\begin{aligned}
 D &= I_o - I_m, \\
 &(11)
 \end{aligned}$$

$$B = F(D, H),$$

(12)

donde $F(D,H)$ indica aplicar a una imagen D un filtro con núcleo H . En una forma de realización de ejemplo, H comprende un filtro gaussiano 5×11 separable con $\sigma=2$; sin embargo, también pueden aplicarse filtros alternativos.

Los filtros H_x y H_y son filtros de detección de bordes 1-D. En una forma de realización, los núcleos de filtro para H_x y H_y corresponden a $[-1 \ 0 \ 1]$ y $[-1 \ 0 \ 1]^T$, respectivamente. Por tanto, dado

$$E_x = F(B, H_x),$$

$$E_y = F(B, H_y),$$

(13)

$$E = (|E_x| + |E_y|) * W_{MSE} + (1 - W_{MS}).$$

En alguna forma de realización, también puede aplicarse una función de restricción (420) a E para garantizar que su valor siempre oscile entre 0 y 1. Por ejemplo,

$$E = \max(0, \min(1, (|E_x| + |E_y|) * W_{MSE} + (1 - W_{MS}))).$$

Entonces

$$I_{mf} = I_o - B - E * (D - B).$$

(14)

Conversión de color de salida

La figura 5 representa un ejemplo de un proceso de conversión de color (135) para convertir la señal EDR mapeada V_M (que comprende las componentes I_m, P_m, T_m o I_{mf}, P_m, T_m) del espacio de color cuantificado perceptualmente (por ejemplo, IPT-PQ) de vuelta a un espacio de color deseado (por ejemplo, RGB o YCbCr). Este proceso reproduce las etapas de procesamiento en el convertidor de color de entrada (110), realizadas ahora en orden inverso. Como se representa en la figura 5, la conversión de color puede incluir las etapas siguientes:

a) Etapa (505): convertir la señal mapeada V_M del espacio IPT-PQ al espacio LMS-PQ utilizando una transformación IPT a LMS 3×3 .

b) Etapa (510): convertir la señal LMS-PQ (507) del espacio LMS-PQ al espacio LMS. Esta etapa se calcula utilizando las ecuaciones de la tabla 1. En una forma de realización, esta etapa puede realizarse utilizando tres LUT 1-D.

c) Etapa (515): convertir la señal LMS (512) al color de visualización objetivo (por ejemplo, RGB) (517), realizado normalmente utilizando una matriz de 3×3 basándose en el perfil de la visualización objetivo.

d) Etapa (520): aplicar la EOTF de la visualización (por ejemplo, codificación gamma o PQ) a la señal (517) para generar la señal de salida (522).

e) Etapa (525): en caso necesario, aplicar un posprocesamiento adicional (por ejemplo, conversión de color y submuestreo de color).

Esta etapa es puramente colorimétrica, lo que significa que los parámetros se derivan de mediciones o especificaciones de visualización conocidas, y normalmente no es necesario un ajuste o modificación subjetiva. Después de la fase (520) puede haber algunos valores restantes fuera de las capacidades de visualización objetivo. En este caso la práctica recomendada es recortar en función de las capacidades de visualización; sin embargo, también se puede intentar ajustar los pesos de mapeo de volumen de color (por ejemplo, α y β) para conseguir la salida deseada.

Como se aprecia por el inventor, el flujo de gestión de visualización propuesto (100) ofrece una serie de diferentes ventajas sobre las soluciones anteriores, que incluyen:

- Mapeo de tono adaptativo

- Mapeo de gama adaptativo
- Mejor precisión de color de salida debido a pesos ajustables relacionados con el croma

5 • Conservación de detalles computacionalmente más simple, pero mejorada

- Ajustes adaptativos (por ejemplo, para brillo y contraste) basándose en el entorno de visión de visualización objetivo (tal como características de luz ambiente o preferencias del observador).

10 Implementación del sistema informático de ejemplo

Las formas de realización de la presente invención pueden implementarse con un sistema informático, sistemas configurados en un conjunto de circuitos y componentes electrónicos, un dispositivo de circuito integrado (IC) tal como un microcontrolador, una disposición de puertas programables en campo (FPGA), u otro dispositivo lógico configurable o programable (PLD), un procesador de señales digitales (DSP) o de tiempo discreto, un IC de aplicación específica (ASIC), y/o aparato que incluya uno o varios de estos sistemas, dispositivos o componentes. El ordenador y/o IC puede realizar, controlar o ejecutar instrucciones relativas a la gestión de visualización y visualización de imágenes con rango dinámico mejorado, tales como las descritas en el presente documento. El ordenador y/o IC puede calcular cualquiera de una variedad de parámetros o valores relativos a los procesos de gestión de visualización descritos en el presente documento. Las formas de realización de imagen y vídeo pueden implementarse en hardware, software, firmware y diversas combinaciones de los mismos.

Ciertas implementaciones de la invención comprenden procesadores informáticos que ejecutan instrucciones de software que hacen que los procesadores realicen un procedimiento de la invención. Por ejemplo, uno o varios procesadores en una pantalla, un codificador, un decodificador de televisión, un transcodificador o similar pueden implementar procedimientos relacionados con la gestión de visualización de imágenes de EDR como se describió anteriormente ejecutando instrucciones de software en una memoria de programa accesible a los procesadores. La invención también puede proporcionarse en forma de producto de programa. El producto de programa puede comprender cualquier medio no transitorio que lleve un conjunto de señales legibles por ordenador que comprenden instrucciones que, cuando se ejecutan por un procesador de datos, hacen que el procesador de datos ejecute un procedimiento de la invención. Los productos de programa según la invención pueden estar en cualquiera de una amplia variedad de formas. El producto de programa puede comprender, por ejemplo, medios físicos tales como medios de almacenamiento de datos magnéticos incluyendo disquetes flexibles, unidades de disco duro, medios de almacenamiento de datos ópticos incluyendo CD ROM, DVD, medios de almacenamiento de datos electrónicos incluyendo memorias ROM, *flash* RAM, o similares. Las señales legibles por ordenador en el producto de programa pueden estar opcionalmente comprimidas o cifradas.

Cuando anteriormente se ha hecho referencia a un componente (por ejemplo un módulo de software, procesador, conjunto, dispositivo, circuito, etc.), a menos que se indique de otro modo, la referencia a ese componente (incluyendo una referencia a un "medio") se interpretará incluyendo como equivalentes de ese componente cualquier componente que realice la función del componente descrito (por ejemplo, funcionalmente equivalente), incluyendo componentes que no sean estructuralmente equivalentes a la estructura descrita que realiza la función en las formas de realización a modo de ejemplo ilustradas de la invención.

45 Equivalentes, extensiones, alternativas y varios

Por tanto, se describen formas de realización a modo de ejemplo que se refieren a la gestión de visualización eficaz de imágenes de EDR. En la memoria descriptiva anterior, se han descrito formas de realización de la presente invención con referencia a numerosos detalles específicos que pueden variar de una implementación a otra. Por tanto, el único y exclusivo indicador de lo que es la invención, y se pretende por los solicitantes que sea la invención, es el conjunto de reivindicaciones que se derivan de esta solicitud, en la forma específica en la que se derivan tales reivindicaciones, incluyendo cualquier corrección posterior. Ninguna definición expuesta expresamente en el presente documento para los términos contenidos en estas reivindicaciones regirá el significado de estos términos tal como se utilizan en las reivindicaciones. Por tanto, ninguna limitación, elemento, propiedad, característica, ventaja o atributo no recitado expresamente en una reivindicación limitará el alcance de tal reivindicación de ningún modo. Por consiguiente, la memoria descriptiva y los dibujos se considerarán en un sentido ilustrativo en lugar de restrictivo.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento que comprende:

5 acceder a una imagen de entrada (102) en un primer espacio de color con un primer rango dinámico;

aplicar una etapa de transformación de color (110) a la imagen de entrada (102) para determinar una primera imagen de salida (112) en un espacio de color IPT cuantificado perceptualmente (IPT-PQ), comprendiendo la primera imagen de salida (112) valores de píxel de intensidad (302) y valores de píxel de componentes de croma (304), en el que la etapa de transformación de color (110) comprende aplicar una función de cuantificador perceptual no lineal a una función de la imagen de entrada (102);

aplicar una función de mapeo de volumen de color (115) a la primera imagen de salida (112) para generar una imagen de salida con tonos mapeados, comprendiendo la imagen de salida con tonos mapeados valores de píxel de intensidad (314) y valores de píxel de componentes de croma (327),

en el que la función de mapeo de volumen de color (115) comprende una función de mapeo de tono (310), una función de mapeo de saturación (320) y una función de estimación de saturación de píxel (330),

en el que la función de mapeo de tono (310) genera los valores de píxel de intensidad (314) de la imagen de salida con tonos mapeados aplicando un mapeo no lineal a los valores de píxel de intensidad (302) de la primera imagen de salida (112),

en el que la función de mapeo de saturación (320) genera los valores de píxel de componentes de croma (327) de la imagen de salida con tonos mapeados ajustando los valores de píxel de componentes de croma (304) de la primera imagen de salida (112) basándose en cambios en la intensidad,

en el que la función de estimación de saturación de píxel (330) calcula una métrica de saturación (S) como la suma de cuadrados de los valores de píxel de componentes de croma (304) de la primera imagen de salida (112), en el que la métrica de saturación se aplica a la imagen de salida con tonos mapeados para oscurecer los colores brillantes saturados y para desaturar los colores muy saturados, modificando así los valores de píxel de intensidad (314) y los valores de píxel de componentes de croma (327); y

aplicar una función de conservación de detalles (125) a los valores de píxel de intensidad modificados (314) de la imagen de salida con tonos mapeados para generar valores de píxel de intensidad (127) de una imagen de salida con tonos mapeados filtrada, comprendiendo la imagen de salida con tonos mapeados filtrada los valores de píxel de componentes de croma modificados (327) de la imagen de salida con tonos mapeados, y en el que la imagen de salida con tonos mapeados filtrada tiene un rango dinámico que es menor que el de la imagen de entrada (102).

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que aplicar la etapa de transformación de color (110) comprende además:

eliminar cualquier codificación no lineal (220) de la imagen de entrada (102) para generar una imagen lineal (222);

convertir la imagen lineal (222) en una imagen de color LMS (227); y

aplicar la función de cuantificador perceptual (PQ) no lineal a la imagen de color LMS para generar la primera imagen de salida (112).

3. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que la función de cuantificador perceptual no lineal comprende la función de mapeo SMPTE ST 2084.

4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la función de mapeo de tono (310) se expresa como una función de curva de tono sigmoidea parametrizada, en el que los parámetros de la función se determinan basándose en características de una visualización de origen y una visualización objetivo.

5. El procedimiento según la reivindicación 4, en el que las características de la visualización de origen comprenden un valor de brillo mínimo y un valor de brillo máximo para la visualización de origen; y/o

en el que las características de la visualización objetivo comprenden un valor de brillo mínimo y un valor de brillo máximo para la visualización objetivo.

6. El procedimiento según la reivindicación 4 o reivindicación 5, en el que se accede a las características de la visualización de origen a través de metadatos de visualización de origen recibidos (104).

7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 4-6, en el que la función de tono sigmoidea se expresa como

$$I_m = \left(\frac{C_1 + C_2 I_o^{\text{Pendiente}}}{1 + C_3 I_o^{\text{Pendiente}}} \right)^{\text{Caída}}$$

5 donde C_1 , C_2 , C_3 , *pendiente* y *caída* son constantes que definen los parámetros de la función de mapeo de tono (310), y para una entrada I_o , representada por un valor de píxel de intensidad (302) de la primera imagen de salida, I_m es un valor de salida correspondiente, representado por el valor de píxel de intensidad correspondiente (314) de la imagen de salida con tonos mapeados.

10 8. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 4-7, en el que adicionalmente se determinan parámetros de la función de mapeo de tono (310) basándose en un valor de *brillo* y un valor de *contraste* para ajustar el brillo y contraste global de la imagen de salida con tonos mapeados.

15 9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la función de mapeo de saturación (320) se expresa como

$$f_{SM}(I_o) = I_m - I_o + 1$$

20 donde I_m indica la salida de la función de mapeo de tono, e I_o indica los valores de píxel de intensidad (302) de la primera imagen de salida, y

en el que aplicar la función de mapeo de volumen de color (115) comprende calcular:

$$\begin{aligned} I_m &= f_T(I_o) * (1 - S * \alpha), \\ P_m &= P * f_{SM}(I_o) * (1 - S * \beta), \\ T_m &= T * f_{SM}(I_o) * (1 - S * \beta), \end{aligned}$$

30 donde S indica la métrica de saturación generada por la función de estimación de saturación de píxeles (330), α y β indican pesos de entrada, $f_T(I_o)$ indica la función de mapeo de tono (310), $f_{SM}(I_o)$ indica la función de mapeo de saturación (320), I_o indica los valores de píxel de intensidad (302) de la primera imagen de salida, P y T indican los valores de píxel de componentes de croma (304) de la primera imagen de salida, I_m indica los valores de píxel (314) de la imagen de salida con tonos mapeados, y P_m y T_m indican los valores de píxel de componentes de croma (327) de la imagen de salida con tonos mapeados.

35 10. El procedimiento según la reivindicación 9, en el que los valores de $(1 - S * \alpha)$ y $(1 - S * \beta)$ se restringen para ser siempre mayores que cero.

40 11. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que la función de conservación de detalles (125) comprende un filtro de desenfoque y filtros de detección de bordes horizontales y verticales acoplados al filtro de desenfoque.

12. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que aplicar la función de conservación de detalles (125) comprende además calcular:

$$\begin{aligned} D &= I_o - I_m, \\ B &= F(D, H), \\ Ex &= F(B, Hx), \\ Ey &= F(B, Hy), \\ E &= (|Ex| + |Ey|) * W_{MSE} + (1 - W_{MS}), \\ I_{mf} &= I_o - B - E * (D - B) \end{aligned}$$

55 donde $F(D, H)$ indica aplicar a la imagen D un filtro con núcleo H , I_o indica valores de píxel de intensidad de la primera imagen de salida (302), I_m indica los valores de píxel de intensidad (314) de la imagen de salida con tonos mapeados, I_{mf} indica los valores de píxel de intensidad (127) de la imagen de salida con tonos mapeados filtrada, B indica la salida del filtro de desenfoque, Ex indica la salida del filtro de detección de bordes horizontales, Ey indica la salida del filtro de detección de bordes verticales, y W_{MSE} y W_{MS} son pesos.

13. El procedimiento según la reivindicación 12, en el que el valor de salida E se restringe además para estar entre 0 y 1; y/o

5

en el que el núcleo H comprende un filtro gaussiano de 5×11 con una desviación estándar igual a 2; y/o

en el que el núcleo H comprende un filtro paso bajo.

14. Un aparato que comprende un procesador y está configurado para realizar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-13.

10

15. Un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que tiene almacenado en el mismo una instrucción ejecutable por ordenador para ejecutar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-13.

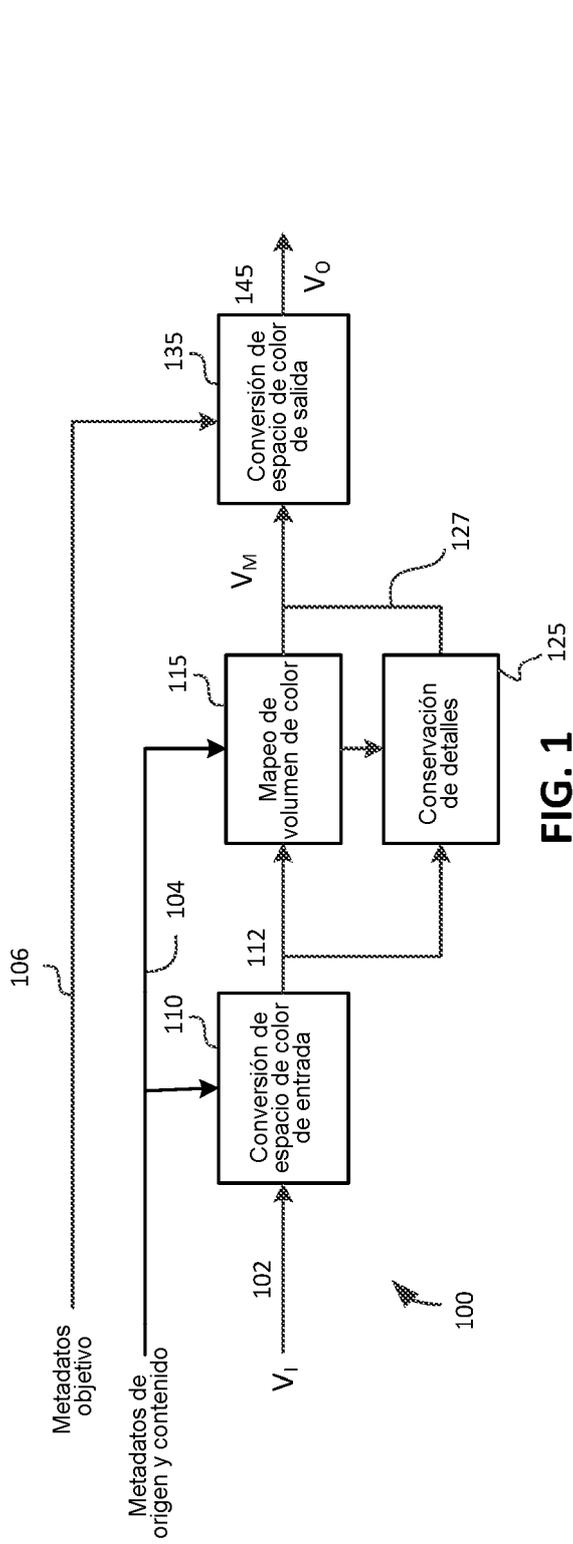


FIG. 1

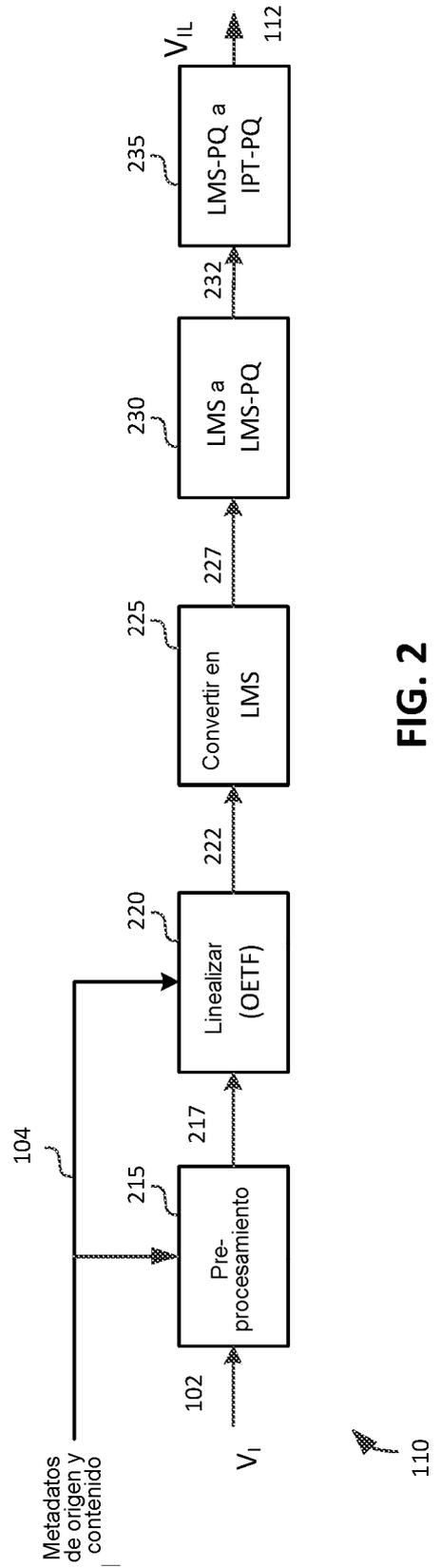


FIG. 2

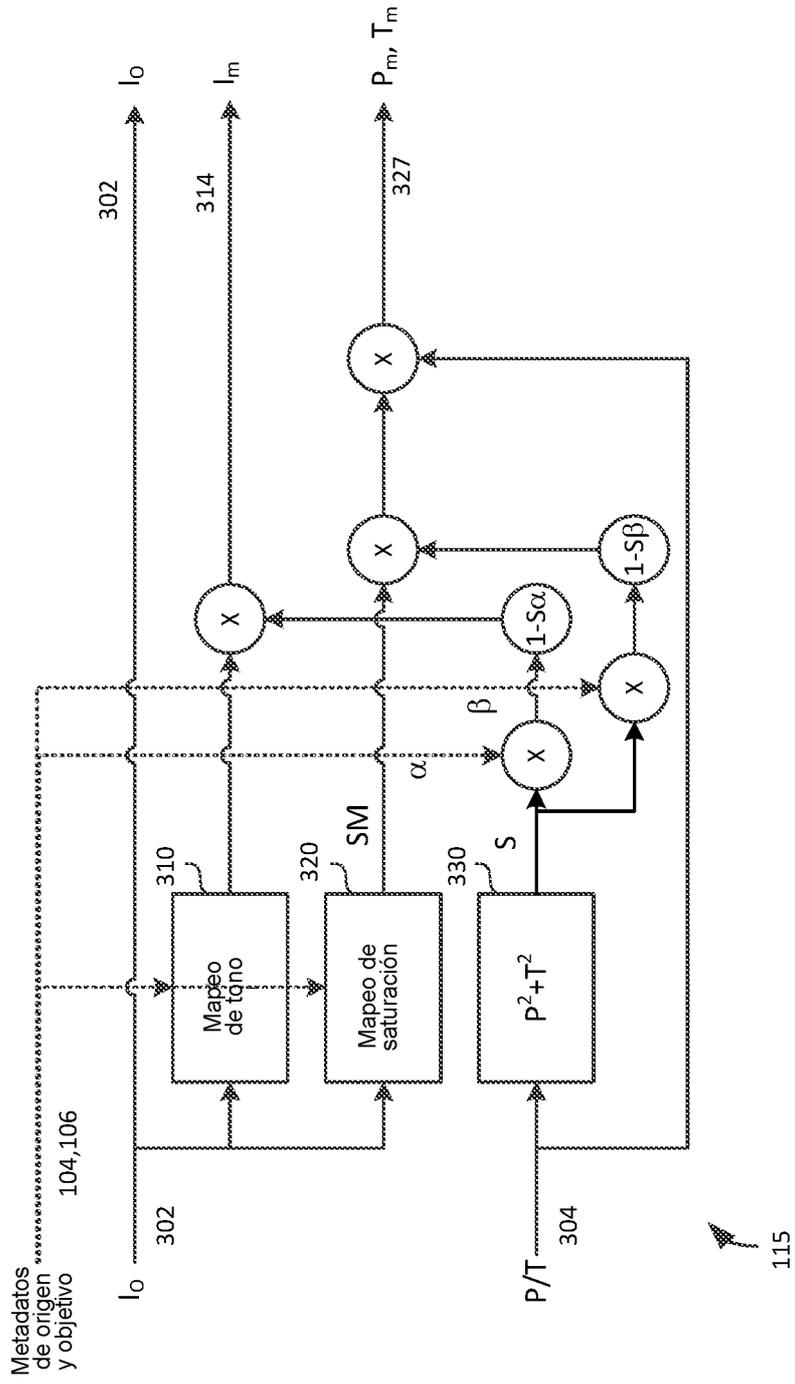


FIG. 3

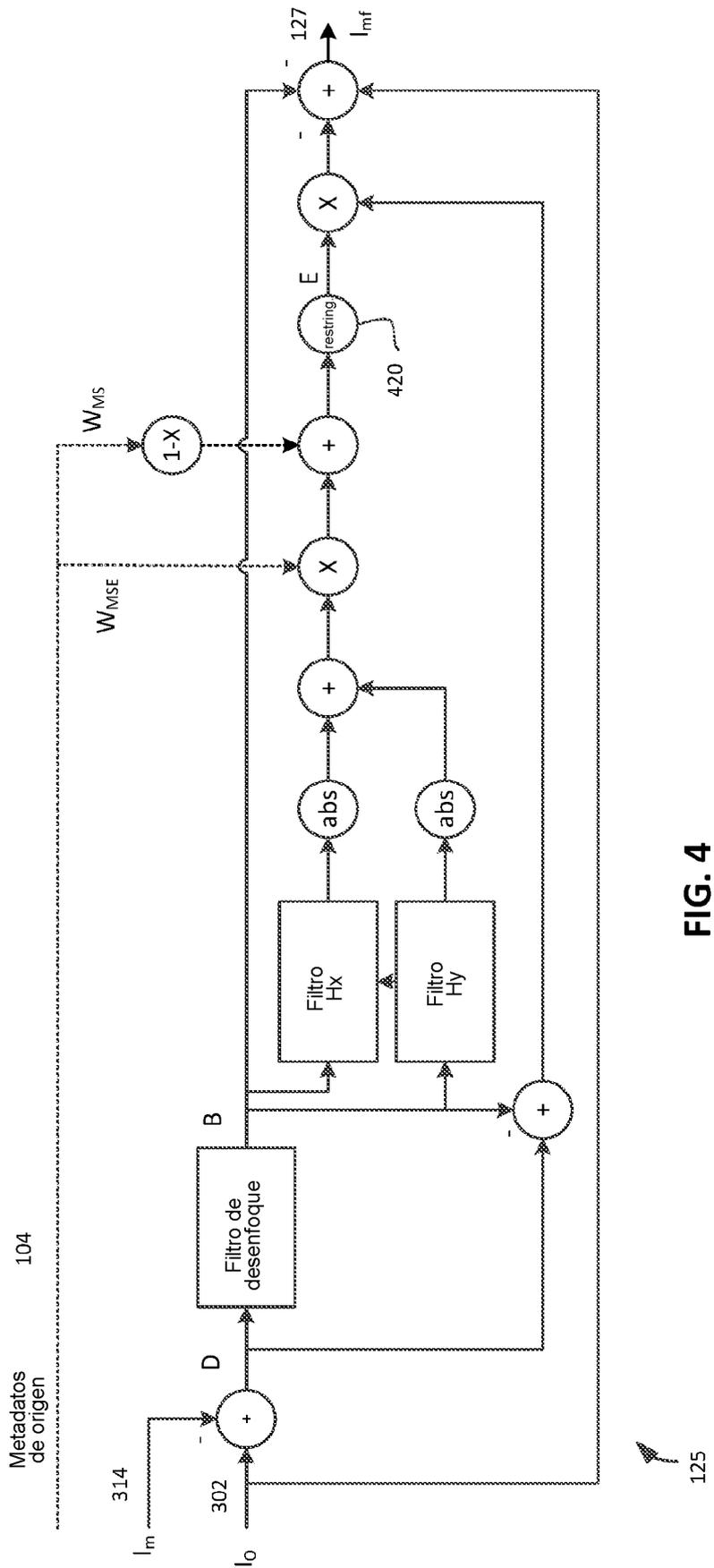


FIG. 4

Metadatos de origen 104

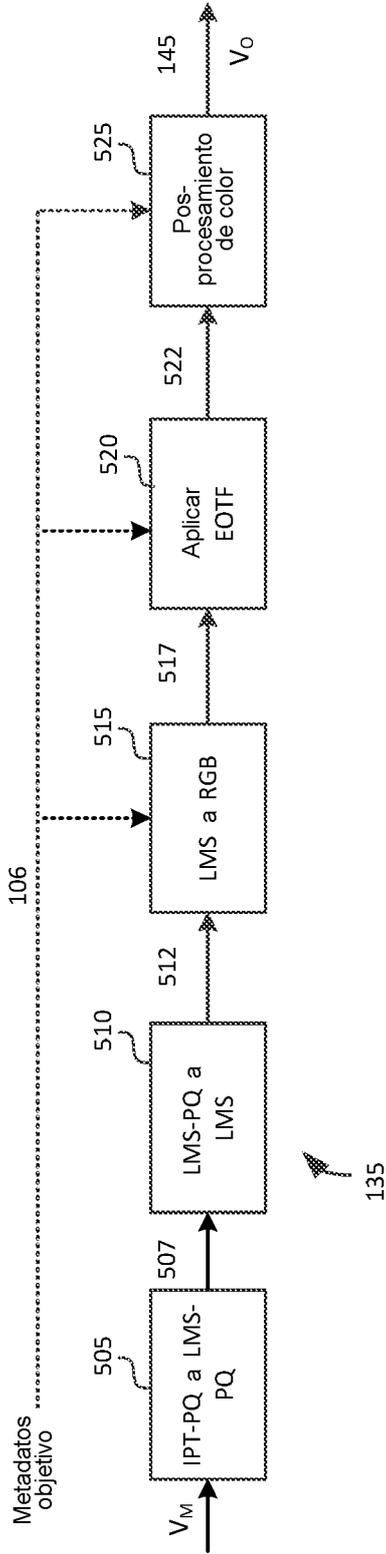


FIG. 5