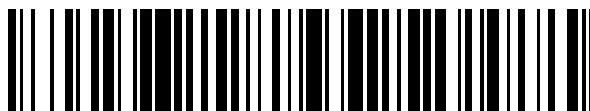


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 954**

51 Int. Cl.:

H04N 9/67

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2014 PCT/US2014/016304**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.08.2014 WO14130343**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2014 E 14707571 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 2959682**

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

30 Prioridad:

21.02.2013 US 201361767380 P
09.04.2013 US 201361810104 P

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

12.04.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ATKINS, ROBIN;
KUNKEL, TIMO;
BEIER, THADDEUS y
CHEN, TAO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 708 954 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 video de alto rango dinámico

Referencia a solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos número 61/767.380, presentada el 21 de febrero de 2013, y de la solicitud de patente provisional número 61/810.104, presentada el 9 de abril de 2013.

Tecnología

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

10 Antecedentes

15 Tal como se utiliza en la presente memoria, la expresión 'rango dinámico' (DR, dynamic range) se puede referir a una capacidad del sistema psicovisual humano (HVS, human psychovisual system) para percibir un rango de intensidad (por ejemplo, luminancia, luma) en una imagen, por ejemplo, desde los oscuros más oscuros (negros) hasta los brillantes más brillantes (blancos). En este sentido, DR se refiere a una intensidad 'relacionada con una escena'. DR se puede referir asimismo a la capacidad de un dispositivo de visualización para representar de manera adecuada o aproximada un rango de intensidad de una amplitud particular. En este sentido, DR se refiere a una intensidad 'relacionada con la visualización'. Salvo que se especifique explícitamente que un sentido particular tiene un significado concreto en algún punto de la presente descripción, se debe deducir que la expresión se puede utilizar en cualquiera de los sentidos, por ejemplo de manera intercambiable.

20 Tal como se utiliza en la presente memoria, la expresión alto rango dinámico (HDR) se refiere a una amplitud de DR que abarca unos 14-15 órdenes de magnitud del sistema visual humano (HVS). Por ejemplo, los humanos bien adaptados con esencialmente normal (por ejemplo, en uno o varios de un sentido estadístico, biométrico u oftalmológico) tienen un rango de intensidad que abarca aproximadamente 15 órdenes de magnitud. Los humanos adaptados pueden percibir fuentes de luz tenue de tan sólo un puñado de fotones. No obstante, estos mismos humanos pueden percibir la intensidad casi dolorosamente brillante del sol de mediodía en el desierto, el mar o la nieve (o incluso echar una mirada al sol, aunque brevemente para impedir daños). Pero este espectro está disponible para humanos 'adaptados', por ejemplo, aquellos cuyo HVS tiene un periodo de tiempo en el que restablecerse y ajustarse.

30 Por contraste, el DR sobre el que un humano puede percibir simultáneamente una amplitud extensa en el rango de intensidades puede estar algo reducido, en relación con el HDR. Tal como se utiliza en la presente memoria, las expresiones rango dinámico mejorado (EDR, enhanced dynamic range) o rango dinámico visual (VDR, visual dynamic range) pueden estar relacionadas, de manera individual o intercambiable, con el DR que puede ser percibido simultáneamente por un HVS. Tal como se utiliza en la presente memoria, EDR se puede referir a un DR que abarca de 5 a 6 órdenes de magnitud. De este modo, aunque quizás algo más estrecho en relación con un HDR referido a una escena real, el EDR representa no obstante una amplitud DR amplia.

35 En la práctica, las imágenes comprenden uno o varios componentes de color (por ejemplo, luma Y y croma Cb y Cr), donde cada componente de color está representado por una precisión de N bits por píxel (por ejemplo, $N = 8$). Las imágenes donde $N \leq 8$ (por ejemplo imágenes JPEG de 24 bits en color) se consideran imágenes de un rango dinámico estándar, mientras que las imágenes donde $N > 8$ se pueden considerar imágenes de rango dinámico mejorado. Las imágenes EDR y HDR pueden asimismo almacenarse y distribuirse utilizando formatos de punto flotante de alta precisión (por ejemplo, 16 bits), tal como el formato de archivo OpenEXR desarrollado por Industrial Light and Magic.

45 Hasta hace muy poco, las pantallas han tenido un DR significativamente más estrecho que el HDR. Los aparatos de monitores de televisión (TV) y de ordenador que utilizan el típico tubo de rayos catódicos (CRT, cathode ray tube), pantalla de cristal líquido (LCD, liquid crystal display) con retroiluminación blanca fluorescente constante o tecnología de pantalla de plasma pueden estar limitados en su capacidad de representar DR a aproximadamente tres órdenes de magnitud. Dichas pantallas convencionales presentan por lo tanto un bajo rango dinámico (LDR, low dynamic range), denominado asimismo rango dinámico estándar (SDR, standard dynamic range), en relación con HDR o EDR.

50 La mayor parte de las pantallas de sobremesa de los usuarios soportan luminancias de 200 a 300 cd/m^2 o nits. La mayor parte de los HDTV de los usuarios están comprendidos entre 300 y 1000 cd/m^2 . Dado que la disponibilidad de contenido EDR aumenta debido a los avances tanto en los equipos de captura (por ejemplo, cámaras) como en las pantallas EDR (por ejemplo, monitor de referencia profesional PRM-4200 de Dolby), el contenido EDR se puede graduar en color en pantallas EDR que soportan diversos rangos dinámicos (por ejemplo desde 1000 nits hasta 5000 nits o más). Análogamente, el contenido EDR se puede visualizar tanto en pantallas SDR como en pantallas EDR con el rango dinámico diferente al de la pantalla utilizada para graduar en color el contenido original. Tal como

aprecian los inventores, son deseables mejores técnicas para la gestión de visualización de imágenes EDR en pantallas HDR, tanto para compatibilidad hacia atrás como para una experiencia superior de inmersión.

5 La solicitud de patente internacional WO 2012/012489 A2 da a conocer una unidad de gestión de visualización que proporciona la conversión de una señal de imagen de entrada para visualizar en una pantalla objetivo, donde la pantalla puede tener un rango dinámico diferente al de la señal de entrada.

10 Los enfoques descritos en esta sección son enfoques que se podrían perseguir, pero no necesariamente enfoques que han sido concebidos o perseguidos anteriormente. Por lo tanto, salvo que se indique lo contrario, no se deberá suponer que ninguno de los enfoques descritos en esta sección se cualifica como técnica anterior tan sólo en virtud de su inclusión en esta sección. De manera similar, no se deberá suponer que las cuestiones identificadas con respecto a uno o varios enfoques han sido reconocidas en ninguna técnica anterior en base a esta sección, salvo que se indique lo contrario.

Breve descripción de los dibujos

15 Se muestra una realización de la presente invención a modo de ejemplo, y no de limitación, en las figuras de los dibujos adjuntos, y en las que los numerales de referencia similares se refieren al elementos similares, y en las cuales:

las figuras 1A a 1C representan procesos de ejemplo para la gestión de visualización de imágenes EDR, de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

la figura 2 representa un proceso de ejemplo para convertir datos EDR de entrada desde un espacio de color RGB de entrada al espacio IPT-PQ, de acuerdo con una realización de la presente invención;

20 la figura 3 representa un ejemplo de mapeo de rango dinámico no lineal para imágenes EDR, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 4 representa un proceso para ajuste de saturación de los componentes de color P y T en una imagen IPT-PQ mapeada en tonos, de acuerdo con una realización de la presente invención;

25 la figura 5 representa funciones de mapeo de ejemplo para remapeo croma, de acuerdo con posibles implementaciones de la presente invención; y

la figura 6 representa una implementación de ejemplo de preservación de detalles multiescala, de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción de realizaciones de ejemplo

30 La invención que se define mediante las reivindicaciones abarca la realización correspondiente a la figura 1B y los fragmentos relevantes de la descripción. Las demás realizaciones se deben considerar ejemplos útiles para comprender la invención.

35 En la presente memoria se describe una gestión de visualización eficiente (por ejemplo, mapeo tonal y de gama) de imágenes de rango dinámico mejorado (EDR). En la siguiente descripción, se exponen con fines explicativos numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión exhaustiva de la presente invención. Sin embargo, resultará evidente que la presente invención se puede practicar sin estos detalles específicos. En otros casos, no se describen en detalle exhaustivo estructuras y dispositivos bien conocidos para evitar ocultar, oscurecer u ofuscar innecesariamente la presente invención.

Visión general

40 Las realizaciones de ejemplo descritas en la presente memoria se refieren a una gestión de visualización eficiente de imágenes EDR. Un procesador de gestión de visualización recibe una imagen de entrada con rango dinámico mejorado para ser visualizada en una pantalla objetivo que tiene un rango dinámico diferente de una pantalla de referencia. La imagen de entrada se transforma primero de un espacio de color de entrada (por ejemplo, RGB) a un espacio de color IPT (IPT-PQ) corregido perceptualmente. Una función de mapeo no lineal genera una primera señal mapeada en tonos, mapeando la intensidad de la señal de entrada del rango dinámico de referencia al rango
45 dinámico objetivo. El componente de intensidad (I) de la primera señal mapeada en tonos se somete a destacado de contornos para preservar los detalles utilizando un enmascaramiento borroso, y la saturación de los componentes de color (P y T) se ajusta adecuadamente para generar una segunda imagen de salida mapeada en tonos. Se puede aplicar una función de mapeo de gama de color a la segunda imagen de salida mapeada en tonos para generar una imagen adecuada para visualizar en la pantalla objetivo. La tubería de gestión de visualización se puede adaptar
50 asimismo para ajustar la intensidad y los componentes de color de la imagen visualizada, de acuerdo con modos de visualización definidos especialmente.

En los casos en que la imagen de entrada se recibe en un formato de color en el que los componentes de croma están en una resolución espacial menor que la resolución luma, el proceso de gestión de visualización puede

entonces, en realizaciones de ejemplo, dividirse en dos caminos que se pueden ejecutar en paralelo. Un camino funciona en todos los componentes de color, pero a la resolución menor de los componentes de croma de la imagen de entrada, mientras que el segundo camino funciona solamente en datos relacionados con la luminancia, pero a la resolución original (completa) del componente de luma.

5 Tubería de procesamiento de gestión de visualización de ejemplo

La figura 1A representa un proceso de ejemplo para la gestión de visualización de imágenes EDR (denominadas asimismo imágenes HDR), de acuerdo con una realización de la presente invención. Tal como se representa en la figura 1A, un procesador de video (por ejemplo, un descodificador, un visualizador de imágenes, u otro procesador de imágenes adecuado) recibe una imagen EDR (102) y opcionalmente metadatos asociados (104) y (106). La imagen EDR (102) puede comprender una parte de un cuadro o un cuadro completo de una secuencia de imágenes, tal como una señal de video EDR. Tal como se utiliza en la presente memoria, el término "metadatos" se refiere a cualquier información auxiliar que se transmita como parte del flujo de bits codificado y ayude a descodificar para representar una imagen descodificada. Dichos metadatos pueden incluir, de forma no limitativa, información de espacio de color o de gama, parámetros de visualización de referencia y parámetros de señal auxiliares, como los descritos en la presente memoria.

La imagen EDR recibida (102) puede estar en un formato de color RGB o en cualquier otro espacio de color, tal como YCbCr, XYZ, y similares. La imagen recibida puede haber sido graduada en color sobre un monitor EDR de referencia que puede tener características de rango dinámico y gama de colores diferentes a las del monitor de pantalla objetivo. Tal como se utiliza en la presente memoria, la expresión "graduación de color" indica el proceso de ajustar el color de una imagen o de video para corregir artefactos de color y/o para ajustarse a la intención del director.

La entrada EDR (102) puede incluir asimismo metadatos de la pantalla de origen (104), relacionados con la pantalla utilizada para graduar el color de la imagen durante la producción de un programa. Por ejemplo, dichos metadatos pueden incluir la función de transferencia electroóptica (*EOTF*, electro-optical transfer function) de referencia, definida mediante la recomendación ITU-R BT.1866 (03/2011). La entrada EDR puede incluir asimismo metadatos adicionales de la pantalla de origen y del contenido (106), tales como el brillo máximo y mínimo de la pantalla de origen o de referencia, el tono medio máximo, mínimo y promedio de los datos, y la intensidad de la luz ambiental durante la graduación de color. Por ejemplo, los metadatos para un monitor de referencia pueden incluir los siguientes parámetros de ejemplo utilizados en producción:

- 30 Brillo mín. del monitor de origen, $S_{min} = 0,005$ nits;
- Brillo máx. del monitor de origen, $S_{max} = 4000$ nits;
- Luz ambiental, $S_{amb} = 10$ nits;
- Gamma, $S_{gamma} = 2,4$;
- Espacio de color = DCI P3, punto blanco = D65;

35 Los metadatos para el monitor de referencia tienen que ser transmitidos habitualmente sólo una vez; sin embargo, los metadatos para el video pueden ser transmitidos en cada cuadro, en cada escena, o siempre que exista un cambio. Si no existen metadatos relacionados con el contenido de origen entonces, en algunas realizaciones, dichos datos se pueden extraer analizando el contenido del video de origen.

El espacio de color IPT-PQ

40 En una realización preferida, la tubería de procesamiento se produce en lo que se denomina un espacio de color IPT-PQ; sin embargo, se pueden realizar etapas de procesamiento similares en otros espacios de color, tales como RGB, YCbCr, XYZ, CIE-Lab, y similares. IPT, tal como se describe en el documento "Development and testing of a color space (ipt) with improved hue uniformity", de F. Ebner y M.D. Fairchild, en Proc. Sexta conferencia de formación de imágenes en color: Color Science, Systems, and Applications, IS&T, Scottsdale, Arizona, noviembre de 45 en 1998, páginas 8 a 13 (que se denominará el documento de Ebner), que se incorpora como referencia a la presente memoria en su integridad, 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, en algunos estudios científicos se ha demostrado que reproduce el procesamiento visual humano mejor que estos espacios. Igual que CIE-Lab, IPT es un espacio normalizado para alguna luminancia de referencia. En una realización, la normalización se basa en la 50 luminancia máxima de la pantalla objetivo.

El término "PQ" tal como se utiliza la presente memoria, se refiere a cuantificación perceptual. Los sistemas visuales humanos responden de manera muy no lineal a niveles de luz crecientes. La capacidad humana para ver un estímulo está afectada por la luminancia de dicho estímulo, el tamaño del estímulo, la frecuencia o frecuencias espaciales que componen el estímulo y el nivel de luminancia al que están adaptados los ojos en el momento particular en que se está observando el estímulo. En una realización preferida, una función de cuantificador perceptual mapea niveles de gris de entrada lineales a niveles de gris de salida que se corresponden mejor con los 55

5 umbrales de sensibilidad de contraste del sistema visual humano. Se describen ejemplos de funciones de mapeo de PQ en la solicitud PCT con número de serie PCT/US2012/068212 (que se denominará la 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, e incorporada como referencia en su integridad a la presente memoria, donde dado un tamaño de estímulo fijo, para cada nivel de luminancia (es decir, el nivel del estímulo) se selecciona un salto de contraste visible mínimo a dicho nivel de luminancia, de acuerdo con el nivel de adaptación más sensible y con la frecuencia espacial más sensible (de acuerdo con modelos HVS). Comparada con la curva gamma tradicional, que representa la curva de respuesta de un dispositivo de tubo de rayos catódicos (CRT, cathode ray tube) físico y puede tener casualmente una similitud muy general con el modo en que responde el sistema visual humano, una curva PQ, determinada por la solicitud '212, reproduce la verdadera respuesta visual del sistema visual humano utilizando un modelo funcional relativamente simple.

10 La tabla 1 describe el cálculo de la *EOTF* de la curva perceptual para convertir valores de código de video digital en niveles de luminancia lineal absoluta en un punto de visualización. Se incluye asimismo el cálculo de la *OETF* inversa para convertir luminancia lineal absoluta en valores de código digital.

15 Tabla 1

Definiciones de la ecuación de ejemplo:

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

b = número de bits por componente en representación de señal digital, 10 o 12

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

20 Y = valor de luminancia normalizado, $0 \leq Y \leq 1$

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

Ecuaciones de descodificación *EOTF* de ejemplo:

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

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

25 $L = 10.000 \cdot Y$

Ecuaciones de codificación *OETF* de ejemplo:

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

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

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

30 **Constantes de ejemplo:**

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

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

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

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

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

Notas:

- 5 1. El operador INT devuelve el valor de 0 para partes fraccionarias en el intervalo de 0 a 0,4999... y de +1 para partes fraccionarias en el intervalo de 0,5 a 0,9999..., es decir, redondea hacia arriba a 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. Los componentes de señal R, G o B se deben calcular del mismo modo que el componente de señal Y descrito anteriormente.

10 La figura 2 representa en mayor detalle un proceso de ejemplo para la etapa de conversión de color (110), de acuerdo con una realización. Tal como se representa en la figura 2, dada una señal EDR de entrada (102) que está en un primer espacio de color (por ejemplo, RGB), la etapa de transformación del espacio de color (110) la traduce a la señal (112) al espacio de color IPT corregido perceptualmente (IPT-PQ). Esta transformación de color puede comprender las etapas siguientes:

15 a) (etapa 210) Normalizar los valores de píxel de la señal de entrada (102) (por ejemplo, 0 a 4095) en valores de píxel con un rango dinámico entre 0 y 1.

20 b) (etapa 215) Utilizar la *EOTF* (proporcionada por los metadatos (104)) para invertir o deshacer la conversión de la pantalla de origen de valores de código a luminancia. Por ejemplo, si la señal de entrada es sometida a codificación gamma, entonces esta etapa aplica una función gamma inversa. Si la señal de entrada es sometida a codificación PQ de acuerdo con la aplicación PCT '212, entonces esta etapa aplica una función PQ inversa. En la práctica, la etapa de normalización (210) y la codificación no lineal inversa (215) se pueden realizar utilizando tablas de consulta (LUT, look-up tables) calculadas previamente 1-D.

c) (etapa 220) Convertir la salida de la etapa b) al espacio de color LMS.

25 d) (etapa 225) De acuerdo con el documento de Ebner, la conversión de espacio de color LMS a IPT tradicional comprende aplicar primero una función exponencial no lineal a los datos LMS y aplicar después una matriz de transformación lineal. Aunque se pueden transformar los datos de LMS a IPT y aplicar a continuación la función PQ para estar en el dominio IPT-PQ, en una realización preferida, en la etapa (225) la función de exponenciación habitual para una codificación no lineal de LMS a IPT es sustituida por la codificación no lineal PQ. Por ejemplo, los valores L, M y S no lineales se calculan del mismo modo que la señal V en la ecuación (t2), donde la señal Y es sustituida por los valores de componentes L, M o S lineales (222). En algunas realizaciones, se puede utilizar una versión normalizada de codificación PQ, en la que se puede omitir la etapa de la ecuación (t3) y el rango de los valores PQ de salida está entre 0 y 1.

e) (etapa 230) Utilizando una transformada lineal LMS a IPT estándar, la etapa 230 completa la conversión de la señal 222 al espacio de color IPT.

35 f) (etapa 235) En algunas realizaciones, el componente I de la salida IPT-PQ 232 se puede ajustar asimismo para tener en cuenta el efecto de Helmholtz-Kohraush, mediante el cual los colores saturados aparecen más brillantes que un color blanco con el mismo valor de luminancia. Dado un píxel en el espacio IPT representado por los valores I_i , P_i

y T_i , sea $CH_i = \sqrt{P_i^2 + T_i^2}$, entonces en una realización, la salida I' de la etapa 235 se puede expresar como

$$I'_i = I_i + 0,202 CH_i \tag{1}$$

40 El rango de la señal IPT-PQ de salida (112) es de 0 a 1 para la componente I (correspondiente a un rango dinámico entre 0 y 10.000 nit) y entre -1 y 1 para los componentes P y T.

El algunas realizaciones, se puede calcular la tubería de transformación de color completa (por ejemplo, 110) utilizando un 3D LUT.

Mapeo tonal

45 Después de la etapa de transformación de color (110), es necesario mapear la intensidad (I) de la señal (112) para ajustarla dentro de los límites de la pantalla objetivo. La figura 3 representa un ejemplo de una función de mapeo no lineal (320) calculada de acuerdo con una realización (por ejemplo, ver la etapa 115). La pantalla objetivo puede ser una pantalla EDR o una pantalla SDR. Si la pantalla objetivo tiene las mismas características que la pantalla de producción de referencia (o de origen) utilizada para procesar (por ejemplo, graduar color) la entrada (102), entonces no es necesaria la transformación. Dicho mapeo lineal de uno a uno se representa en la figura 3 mediante el mapeo

lineal (310); sin embargo, si la pantalla objetivo tiene un rango dinámico que es menor o mayor que el rango dinámico de la pantalla de producción de referencia, entonces la etapa de procesamiento (115) mapeará el rango dinámico de la señal de entrada al rango dinámico de la pantalla objetivo.

5 En la figura 3, los límites (305-1) y (305-2) representan los niveles mínimo y máximo de brillo de la señal de entrada (EDR de entrada). Se tiene asimismo que (307-1) y (307-2) representan los niveles mínimo y máximo de brillo de la pantalla objetivo.

10 Suponiendo una entrada al mapeo de rango dinámico de la pantalla de referencia representada por la función (320), la salida del mapeo no lineal (por ejemplo, 320) ajusta mejor dentro de los límites de rango dinámico (por ejemplo, 307-1 y 307-2) de la pantalla objetivo. Se describe un ejemplo de mapeo no lineal mediante A. Ballestad et al., en la solicitud PCT con número de serie PCT/US2012/029189, presentada el 15 de marzo de 2012, titulada "Method and apparatus for image data transformation", que se incorpora al presente documento como referencia en su integridad.

De acuerdo con la solicitud PCT de Ballestad '189, una función de transferencia de ejemplo para mapeo no lineal (115) se indica como

$$Y_{out} = \left(\frac{C_1 + C_2 Y_{in}^n}{1 + C_3 Y_{in}^n} \right)^m, \quad (2)$$

15 donde C_1 , C_2 y C_3 son constantes, Y_{in} es el valor de entrada para un canal de color (por ejemplo, el canal I), Y_{out} es el valor de salida para el canal de color, y n y m son parámetros. La función de transferencia es un ejemplo de una función de curva tonal sigmoide parametrizada. Los parámetros C_1 , C_2 y C_3 se determinan en base a la definición de tres puntos de ancla (por ejemplo, 325-1, 325-2 y 325-3), que a su vez se definen en base a las características de brillo de la pantalla de referencia (o de origen), que se extraen habitualmente de metadatos de entrada (106), y a las características de brillo de la pantalla objetivo, que habitualmente ya son conocidas por el procesador que realiza el proceso de dar gestión de visualización.

En una realización de ejemplo, la etapa (120) puede calcular los parámetros de la curva tonal de la ecuación (2) como sigue:

a) Calcular la relación de origen a objetivo, $S2Tratio$.

25 Sean $Tmin$ y $Tmax$ el brillo mínimo y máximo de la pantalla objetivo, representados con codificación PQ. Sean $Smin$ y $Smax$ el brillo mínimo y máximo de la pantalla de origen, codificados asimismo con PQ, entonces en una realización, la $S2Tratio$ se puede definir como:

$$S2Tratio = \sqrt{\frac{Tmax - Tmin}{Smax - Smin}}. \quad (3)$$

30 Sin pérdida de generalidad, en algunas realizaciones, el valor de $S2Tratio$ puede asimismo estar limitado para no ser nunca mayor que uno; es decir, el descodificador puede suponer que la pantalla de referencia es siempre por lo menos tan brillante como la pantalla objetivo. Cabe señalar que si $S2Tratio = 1$, entonces se puede omitir la etapa (115).

35 Sin pérdida de generalidad, caracterícese la secuencia entrada por tres variables, que en una realización de ejemplo se indican mediante las variables $Crush$, $Clip$ y Mid , que indican respectivamente el mínimo nivel negro, el máximo nivel blanco y el nivel gris medio de la secuencia de entrada. Sus valores se pueden calcular para cada cuadro, una parte de un cuadro, o para una secuencia de cuadros en una escena. Los valores de estos parámetros se pueden calcular en base al flujo de video de entrada o bien pueden ser parte de los metadatos de entrada (106). En una realización, estos parámetros se calculan por escena. Tal como se utilizan en la presente memoria, los términos 'escena' o 'toma' indican una serie de cuadros de captura secuencial que pueden compartir las mismas características de brillo global. Los cortes de escena se pueden determinar manualmente, o pueden asimismo formar parte de los metadatos de entrada. Por ejemplo, una matriz de Cuts[] puede definir el número de cuadros de cortes de escena. Alternativamente, un parámetro en cada cuadro puede decidir si el cuadro representa el comienzo de un corte de escena.

45 Dados estos valores y el valor $S2Tratio$, en una realización, se pueden calcular los siguientes parámetros de ajuste de curva tonal intermedios:

$Slope = \sqrt{\frac{1}{S2Tratio}}$ indica el contraste de tonos medios. Se puede ajustar de acuerdo con el valor de $S2Tratio$ para preservar el aspecto de contraste. Se puede visualizar como la pendiente de una línea tangente a la curva de mapeo (320) cerca del punto ancla intermedio (352-2).

$Key = \frac{Mid-Crush}{Clip-Crush}$ es una indicación de una escena "oscura" o "brillante". Las escenas de Key (oscura) baja se pueden mapear algo más brillantes y las escenas de Key (brillante) se puede mapear algo más oscuras para preservar el detalle de oscuridad y brillo, respectivamente.

$Shift = Mid * (1 - S2Tratio) * (2 * Key)$ indica la magnitud en la que se oscurece la imagen.

- 5 Rolloff es habitualmente una constante (por ejemplo, 1/3) y representa la profundidad de la transición entre tonos medios y brillos/sombras. Un valor menor indica una transacción más nítida y tendrá un efecto visual de "recorte suave".

Siendo $Min = \max(Crush - Shift, Tmin)$ y $Max = \min(Clip - Shift, Tmax)$, entonces, en una realización, utilizando notación MATLAB, los parámetros de curva tonal del mapeo no lineal de la ecuación (2) se pueden calcular tal como se representa en la tabla 2.

Tabla 2

- $x1 = Crush.^{(Slope/Rolloff)}$;
 $x2 = Mid.^{(Slope/Rolloff)}$;
 $x3 = Clip.^{(Slope/Rolloff)}$;
 15 $y1 = Min.^{(1/Rolloff)}$;
 $y2 = (Mid - Shift).^{(1/Rolloff)}$;
 $y3 = Max.^{(1/Rolloff)}$;
 $temp = x3*y3*(x1-x2)+x2*y2*(x3-x1)+x1*y1*(x2-x3)$;
 $c1 = (x2*x3*(y2-y3)*y1-x1*x3*(y1-y3)*y2+x1*x2*(y1-y2)*y3)/temp$;
 20 $c2 = (-(x2*y2-x3*y3)*y1+(x1*y1-x3*y3)*y2-(x1*y1-x2*y2)*y3)/temp$;
 $c3 = ((x3-x2)*y1-(x3-x1)*y2+(x2-x1)*y3)/temp$;

Dados los anteriores parámetros C_1 , C_2 y C_3 , en una realización, la salida (117) (I_m) de la etapa de mapeo de intensidad (115) se puede calcular como:

$$I_m = \left(\frac{C_1 + C_2 I_o^n}{1 + C_3 I_o^n} \right)^{Rolloff} \quad (4)$$

- 25 donde I_o indica el componente I de la señal *EDR IPT-PQ* (112).

Preservación de detalles multiescala para el componente de I

El operador de mapeo tonal de la ecuación (4) se denomina habitualmente un operador de mapeo tonal global, dado que se aplica la misma ecuación a un cuadro completo. En una realización, el mapeo tonal global puede estar seguido por un operador de mapeo tonal multiescala (125) que mejora el contraste local. Ballestad describe un ejemplo de dicho operador de mapeo tonal local en la solicitud PCT '189. Alternativamente, en otra realización, la salida (117) de la etapa de mapeo de intensidad (115) puede estar seguida por una técnica de enmascaramiento borroso, tal como la descrita en el documento "Retaining local image information in gamut mapping algorithms", de P. Zolliker y K. Simon, IEEE Trans. on image Processing, volumen 16, número 3, marzo de 2007, páginas 664 a 672, incorporado como referencia a la presente memoria.

- 35 Indicando I_o la intensidad de la señal de entrada (112) e indicando I_m la intensidad de una salida sometida a mapeo tonal (117), entonces de acuerdo con una realización, la intensidad de la salida I_s (127) de la etapa de preservación de detalles multiescala (125) se puede expresar como:

$$I_s = I_o - F((I_o - I_m), H), \quad (5)$$

40 donde $F(I,H)$ indica la aplicación a una imagen I de un filtro separable con núcleo H . En una realización de ejemplo, H comprende un filtro gaussiano 11x11 con $\sigma=2$; sin embargo, se pueden aplicar asimismo filtros alternativos. En algunas realizaciones, dependiendo de las características de la señal de entrada, esta etapa puede asimismo omitirse.

En algunas realizaciones, el proceso de preservación de detalles de la ecuación (5) se puede mejorar adicionalmente utilizando un filtro adicional de detección de bordes para reducir halos potenciales alrededor de bordes de alto contraste, incluyendo cajas de letras y subtítulos. En una realización,

$$I_B = F((I_o - I_m), H_B), \quad (6)$$

e

$$I_E = F((I_o - I_m), H_E), \quad (7)$$

5 indican, respectivamente, las salidas de un filtro paso bajo (LPF, low-pass filter) con núcleo H_B y un filtro de detección de bordes con núcleo H_E . Entonces, dada una salida I_E que puede estar limitada dentro del intervalo $[0, 1]$, la etapa de preservación de detalles multiescala (125) se puede expresar como

$$I_S = I_o - ((1 - I_E)I_B + I_E(I_o - I_m)) \quad (8)$$

Comparada con la ecuación (5), siempre que se detecta un borde fuerte, I_S está más cerca de la señal de mapeo tonal original que la señal filtrada de paso bajo.

10 En algunas realizaciones, se pueden aplicar asimismo ponderaciones adicionales, tal como en

$$I_S = I_o - (w_1(1 - I_E)I_B + w_2I_E(I_o - I_m)) \quad (9)$$

donde w_1 y w_2 son ponderaciones dependientes de la implementación. En otra realización, dada una constante a y un umbral de detección de bordes T_e , la salida de la etapa de preservación multiescala (125) se puede expresar como

$$I_S = \begin{cases} I_o - ((1 - a)I_B + a(I_o - I_m)) & \text{si } I_E \geq T_e \\ I_o - I_B & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (10)$$

15 Por ejemplo, de acuerdo con la ecuación (10), para $a = 1$, si no se detecta ningún borde, la salida I_S se determina de acuerdo con la ecuación (5); sin embargo, cuando se detecta un borde fuerte, entonces $I_S = I_m$.

20 En una realización, el filtro LPF es un filtro gaussiano y el filtro de detección de bordes puede ser un filtro separable con coeficientes obtenidos tomando la primera derivada del filtro LPF. Sin embargo, se puede aplicar algún filtro de detección de bordes. En una realización, al aplicar filtros separables de paso bajo y de detección de bordes las operaciones de filtrado de paso bajo, de detección de bordes en la dirección horizontal y de detección de bordes en la dirección vertical se pueden aplicar en paralelo para aprovechar las arquitecturas paralelas (tal como en un FPGA o circuito integrado personalizado) que pueden integrar circuitos separados para cada uno de estos filtros. Se representa dicha implementación de ejemplo en la figura 6, en la que:

25 la entrada D0' corresponde a I_o ;

la entrada D0" corresponde a I_m ;

la salida D0''' corresponde a I_S ;

el filtro 0 corresponde al filtro de paso bajo (LPF);

el filtro 1 y el filtro 2 corresponden a filtros de detección de bordes verticales y horizontales;

30 ABS() indica la función valor absoluto; y

MS_weight y MS_edge_weight son parámetros ajustables en el intervalo $[0, 1]$, (por ejemplo, MS_weight = 0,0 y MS_edge_weight = 1,0).

Para una determinada profundidad de bits N , max_value indica el valor máximo $2^N - 1$. dx y dy indican las salidas de los filtros de borde filtro 1 y filtro 2, con lo que en una realización, el valor de alfa se puede calcular como:

$$35 \quad dx = dx \div \text{max_value}$$

$$dy = dy \div \text{max_value}$$

$$\text{alpha} = \text{MAX}(0, \text{MIN}(1, (\text{ABS}(dx) + \text{ABS}(dy)) * \text{ms_edge_weight} + (\text{ms_weight})))$$

Entonces, la salida se puede calcular como:

$$d0[x, y] = D0'[x, y] - d[x, y] * \text{alfa} - v[x, y] * (1.0 - \text{alfa})$$

$$40 \quad D0'''[x, y] = \text{CLIP3}(0, \text{max_value}, d0),$$

donde $d[x,y]$ indica la imagen de diferencia $I_o - I_m$, $v[x, y]$ indica la salida del LPF (por ejemplo, I_B) y la función CLIP3 (a, b, x) indica que el valor de x está limitado entre un valor inferior a y un valor superior b .

Ajuste de saturación

5 En la señal IPT, P y T son tan sólo intensidades relativas de las diferencias de color comparadas con la intensidad I . Dado que las etapas (115) y (125) tienen la componente de color I modificada, los componentes de color P y T tienen que ser ajustados para preservar el matiz y la saturación. Se representa un ejemplo de dicho proceso (130) en la figura 4.

10 Tal como se representa en la figura 4, los parámetros para incrementar el colorido y la saturación se pueden calcular en base a la entrada original en el espacio IPT-PQ (112) y la salida de mapeo tonal (127). Estos parámetros se calculan por píxel y se aplica el mismo factor de escala (S) a ambos componentes de color P y T . En una realización de ejemplo, los incrementos de colorido se determinan utilizando funciones de mapeo lineales.

$$CEDR = k_1 I_o + k_2,$$

(11)

$$CMapped = k_1 I_s + k_2,$$

15 donde k_1 y k_2 son constantes basadas en datos psicofísicos. Por ejemplo, en una realización, $k_1 = 0,5$ y $k_2 = 1,0$. En la ecuación (6), $CEDR$ (412) indica la salida de la etapa (410-1) y $CMapped$ (414) indica la salida de la etapa (410-2). Entonces, un factor de escala de ajuste de saturación (422) se puede determinar como

$$S = \frac{I_s * CEDR}{I_o * CMapped}.$$

(12)

Dado S , y los componentes de color originales P_o y A de la señal (112), los componentes re-saturados P_s y T_s de la salida de mapeo tonal (132) se pueden calcular como

20
$$P_s = P_o * S, \text{ y}$$

(13)

$$T_s = T_o * S.$$

25 En algunas realizaciones, puede ser beneficioso determinar el incremento de colorido $CMapped$ en base a la señal de mapeo tonal original (117) (I_m) en lugar de a la señal de contornos destacados (127) (I_s), entonces $CMapped = k_1 I_m + k_2$ y

$$S = \frac{I_m * CEDR}{I_o * CMapped}.$$

(14)

En una realización alternativa, la etapa de ajuste de saturación puede ser parte de la etapa de transformación de color (110). En una realización de ejemplo, siguiendo la corrección para el efecto Helholtz-Kohraush (235) representada por la ecuación (1), se puede aplicar la siguiente transformación de escala de croma:

$$S = \frac{1}{I'_i} + 0,5,$$

30 (15)

$$P_i = P_i S,$$

(16)

$$T_i = T_i S.$$

(17)

LUT 3D del mapeador de gama de color

35 Las etapas de procesamiento de mapeo tonal e incremento de saturación pueden tener como resultado colores fuera de la gama de la pantalla objetivo. Se puede calcular y aplicar una tabla de consulta (LUT) de gama de colores 3D (140) a la señal de video (132) para ajustar la gama de color. Como parte de la corrección de la gama de color (135), la señal puede asimismo transformarse de nuevo a otro espacio de color (por ejemplo, RGB), y se puede

someter a corrección gamma para generar la señal EDR final (145) para visualización en la pantalla objetivo y/o para otro procesamiento posterior.

Ajustes de luminancia y de color

5 En determinadas realizaciones, puede ser deseable ajustar (por ejemplo, incrementar) los valores de luminancia o de croma de la señal de entrada fuera de aquellos valores que se considera representan la intención original del director. Por ejemplo, muchas televisiones de consumo incorporan modos de imagen tales como "intenso", "deportes" o "cine", que representan conjuntos de parámetros de visualización que mejoran la experiencia del usuario para contenido específico. En una realización, los parámetros de incremento de luminancia se pueden
10 ajustar como una función de los parámetros de ajuste de curva tonal intermedios, por ejemplo los parámetros *Slope*, *Shift*, *Min* y *Shift*, discutidos más arriba.

Slope_{Pref} = *Shift_{Pref}* = *Min_{Pref}* = *Max_{Pref}* = 1 indica los parámetros de incremento de luminancia por defecto cuando no se requiere incremento de luminancia. Si se desea un incremento o una modificación de la señal se pueden ajustar estos cuatro parámetros. Por ejemplo, sin limitación, en una realización estos valores se pueden ajustar a

15 $Slope_{Pref} = 0,8,$
 $Shift_{Pref} = 0,005,$
 $Min_{Pref} = 0,0001,$
 $Max_{Pref} = 1,0.$

Entonces, los correspondientes parámetros *Slope*, *Shift*, *Min* y *Shift* utilizados para calcular los parámetros de curva tonal (120) la ecuación (4) se ajustan como sigue:

20 $Slope = Slope * Slope_{Pref},$
 $Shift = Shift * Shift_{Pref},$
 $Min = Min * Min_{Pref},$ y
 $Max = Max / Max_{Pref}$

25 Aplicar estos ajustes a *Min*, *Max*, *Slope* y *Shift* cambia el rango de mapeo original. Por lo tanto, para devolver el rango de mapeo al original (por ejemplo, EDR mín/máx y visualización mín/máx, que se definen a partir de los metadatos de visualización y contenido (106)), se utiliza la siguiente ecuación después de que se haya calculado *I_m* en la ecuación (4).

$$I_m = \left(\frac{I_m - Min}{Max - Min} \right) \cdot \left(Max \cdot Max_{Pref} - \frac{Min}{Min_{Pref}} \right) + \frac{Min}{Min_{Pref}} . \quad (18)$$

30 Se puede asimismo ajustar el croma. Dadas las salidas *P_s* y *T_s* de la ecuación (8) (por ejemplo, señal (132)), los componentes de color (*P_s*, *T_s*) se pueden transformar en valores (croma, matiz) utilizando transformaciones estándar de euclídeas a polares. A continuación, es posible ajustar los valores de croma (*C_{in}*) (saturación, colorido) aplicando funciones de mapeo lineales o bien no lineales. Se representan ejemplos de dichas funciones de mapeo en la figura 5.

35 De forma no limitativa, la figura 5 representa tres realizaciones de ejemplo para una función de mapeo de croma. *C_{out}* = *f(C_{in})* representa la función de entrada salida de ajuste de croma. En una primera realización (505)

$$C_{out} = C_{in},$$

por lo que no se ha realizado ningún ajuste de croma. En una segunda realización (510),

$$C_{out} = C_{in}^{\gamma},$$

40 donde γ es una constante. Finalmente, en una tercera realización (515), el croma se puede expresar como la salida de una función no lineal descrita mediante relaciones de entrada salida de tipo curva polinomial o sigmoide.

45 En algunas realizaciones, la función de mapeo de croma se puede modular como una función de matiz. En una realización de este tipo, determinadas zonas de cromaticidad (por ejemplo, el cielo, la hierba o tonos de la piel) se pueden tratar de manera diferente a otras. En algunas realizaciones, la función de mapeo de croma puede asimismo modularse como una función de intensidad (*I*). En algunas realizaciones, los valores de croma pueden asimismo reducirse para crear una imagen desaturada para un efecto especial (por ejemplo, una percepción sepia o de película antigua).

Después de los ajustes de croma, los valores transformados (croma, matiz) se vuelven a convertir en valores (P , T) utilizando transformaciones estándar polares a euclídeas, y continúa el resto del proceso de gestión de visualización. En dichas realizaciones, los ajustes de luma y de croma se pueden calcular previamente y alternativamente combinarse con otros LUT 3D de la tubería de gestión de visualización.

5 El ajuste de los parámetros de luminancia y de croma depende mucho de las capacidades y las características de visualización de la pantalla objetivo. En algunas realizaciones, el fabricante y el modelo de la TV objetivo pueden estar disponibles para el descodificador o el procesador del gestor de visualización (DM, display manager) por medio de información auxiliar, tal como los EDID (Extended display Identification Data, datos de identificación de pantalla extendidos) de la TV. Esta información se puede utilizar para consultar las capacidades de la pantalla utilizando una
10 base de datos local o remota (por ejemplo, por medio de internet u otra conexión de enlace ascendente) y proporcionan por lo tanto parámetros de incremento calculados previamente y optimizados, para la pantalla objetivo. Alternativamente, si no está disponible ninguna información específica, el descodificador puede proporcionar al usuario una selección de modos de pantalla alternativos y permitir al usuario seleccionar el modo preferido.

15 En algunas realizaciones, cuando no están disponibles LUT 3D optimizadas para gestión de visualización EDR para una pantalla objetivo, un descodificador (STB, set-top box) puede aplicar los procedimientos descritos en la presente memoria para calcular nuevas LUT en base a un conjunto de funciones paramétricas que pueden estar almacenadas previamente en el STB y los parámetros de pantalla objetivo. Después de conectar una nueva TV, un usuario puede esperar unos pocos segundos hasta que se calculan las nuevas LUT; no obstante, los resultados se pueden almacenar en la memoria del dispositivo para reutilizarse posteriormente.

20 Mapeo tonal para señales con color submuestreado

En algunas realizaciones, la señal EDR (102) se puede recibir en un formato de croma submuestreado (por ejemplo, YCbCr 4:2:0). Además, puede ser necesario asimismo convertir la señal RGB EDR de salida (145) a un formato específico de visualización diferente de RGB 4:4:4 (por ejemplo, YCbCr 4:2:0). Aunque el proceso de gestión de visualización de 100A (figura 1A) se puede modificar fácilmente para acomodar transformación de color de pre-
25 procesamiento o post-procesamiento, interpolación de color o diezmado sobre las entradas y salidas de plena resolución (por ejemplo, sobre la señal (102) antes de la etapa de RGB a IPT-PQ (110), o sobre la señal RGB (145)), puede ser más eficiente computacionalmente realizar algunas operaciones de gestión de visualización sobre señales de resolución reducida. A continuación se discuten ejemplos de dichas realizaciones.

30 La figura 1B representa un proceso de ejemplo (100B) para la gestión de visualización de imágenes EDR, de acuerdo con una realización alternativa de la presente invención. De forma no limitativa, en un ejemplo, sea la señal EDR recibida (102) una señal YCbCr 4:2:0 y sea la salida deseada (160) una señal YCbCr 4:2:0 EDR con codificación gamma. Se puede aplicar asimismo un procesamiento similar a otros formatos de color con croma submuestreado, tal como YCbCr 4:2:2 y similares.

35 Tal como se representa en 100B, el procesamiento de entrada (102) se puede dividir en dos caminos separados; procesamiento del componente Y (102Y) a plena resolución (luma), y procesamiento de una señal RGB (107) a la resolución croma (por ejemplo, a 1/4 de resolución para señales 4:2:0). El convertidor de color (105) diezma la entrada Y, y a continuación convierte la Y diezmada y los componentes de entrada CbCr originales en una señal RGB (4:4:4) (107) con resolución espacial igual a la resolución croma original. El convertidor de color (110B) traduce la señal de plena resolución (102Y) a una señal cuantificada perceptualmente (PQ) (112B). Tal como se ha discutido
40 anteriormente, en la etapa de procesamiento RGB a IPT-PQ (100) (ver la figura 2), el componente de entrada Y de (102) puede asimismo someterse a linealización gamma y normalizarse (por ejemplo, en el intervalo (0, 1)) antes de aplicar la función PQ al componente Y.

45 Dadas las nuevas señales (107) y (112B), el procesamiento sobre la señal (107) se produce como en (100A), excepto que la etapa de preservación de detalles multiescala (125) se aplica en este caso después de la etapa de saturación y ajuste (130). Dado que la señal (132) es en este caso la cuarta parte de la resolución de la señal original (102), una etapa de interpolación adicional (150) interpola la salida del mapeador de gama (135) en una señal de plena resolución (152) que se utiliza como la entrada mapeada en tonos (I_m) de la etapa de preservación de detalles multiescala (125). La señal (112B) se está utilizando como la señal original I_o (ver las ecuaciones (5)-(10)). Se debe observar que el proceso de mapeo de gama (135) puede generar directamente una señal en el espacio de color (Y-PQ)CbCr (4:4:4). El EDR de salida (160) está en formato YCbCr (4:2:0) y comprende dos señales: el
50 componente de croma (137-CbCr) calculado por el mapeador de gama (135) más la señal de luma (157). La señal de luma (157) puede ser generada mediante corrección gamma (155) de la salida del proceso de preservación de detalles multiescala (127). La descodificación PQ y la codificación gamma (155) pueden utilizar los parámetros $EOTF$ (152) (por ejemplo, gamma, Min y Max) de la pantalla objetivo (no mostrada).

55 La figura 1C representa una realización alternativa que paraleliza las operaciones de diezmado de luma y de multiescala para mejorar más la eficiencia de la tubería por píxel y reducir los requisitos de memoria. En este ejemplo, la tubería de plena resolución (Y) funciona a plena resolución pero requiere menos operaciones por píxel. Por contraste, la tubería RGB 4:4:4 tiene más operaciones por píxel pero funciona a la cuarta parte de la resolución de píxel por luma original. La figura 1C es más factible para poner en paralelo implementaciones de hardware.

Comparado con (100B), (100C) añade una etapa de mapeo de intensidad adicional (115B) a la salida (I_o , 112B) del convertidor de color 110B; sin embargo, elimina la necesidad del proceso de interpolación (150) en (100B). La etapa de mapeo de intensidad (115B) puede utilizar los parámetros de curva tonal calculados en la etapa (120). En algunas realizaciones (no mostradas), la entrada al mapeo de intensidad (115B) puede ser la señal (102Y) en lugar de la señal (112B).

Implementación de sistema informático de ejemplo

Las realizaciones de la presente invención se pueden implementar con un sistema informático, con sistemas configurados en circuitos electrónicos y componentes, con un dispositivo de circuito integrado (IC, integrated circuit) tal como un microcontrolador, con una matriz de puertas lógicas programable in situ (FPGA, field programmable gate array) o con otro dispositivo lógico programable (PLD, programmable logic device) o configurable, con un procesador de señal digital (DSP, digital signal processor) o temporal discreta, con un IC de aplicación específica (ASIC, application specific IC) y/o con un aparato que incluya uno o varios de dichos sistemas, dispositivos o componentes. El ordenador y/o el IC puede llevar a cabo, controlar o ejecutar instrucciones relativas a la gestión de visualización y a la visualización de imágenes con un rango dinámico mejorado, tal como se ha descrito en la presente memoria. El ordenador y/o el IC puede calcular cualquier variedad de parámetros o valores que estén relacionados con los procesos de gestión de visualización descritos en la presente memoria. Las realizaciones de imagen y de video se pueden implementar en hardware, en software, en software inalterable y en diversas combinaciones de los mismos.

Determinadas implementaciones de la invención comprenden procesadores informáticos que ejecutan instrucciones de software que hacen que los procesadores lleven a cabo un procedimiento de la invención. Por ejemplo, uno o varios procesadores en una pantalla, un codificador, un descodificador, un transcodificador o similar, pueden implementar procedimientos relacionados con la gestión de visualización de imágenes EDR como se ha descrito anteriormente, ejecutando instrucciones de software en una memoria de programa accesible a los procesadores. La invención se puede asimismo disponer en forma de un producto de programa. El producto de programa puede comprender cualquier medio no transitorio que lleva un conjunto de señales legibles por ordenador que comprenden instrucciones que, cuando son ejecutadas por un procesador de datos, hacen que el procesador de datos ejecute un procedimiento de la invención. Los productos de programa acordes con la invención pueden estar en cualquiera de una amplia variedad de formas. El producto de programa puede comprender, por ejemplo, medios físicos, tal como medios magnéticos de almacenamiento de datos que incluyen discos flexibles, unidades de disco duro, medios ópticos de almacenamiento de datos que incluyen CD-ROM, DVD, medios electrónicos de almacenamiento de datos que incluyen ROM, flash RAM, o similares. Las señales legibles por ordenador sobre el producto de programa pueden estar comprimidas o cifradas, opcionalmente.

Cuando se hace referencia anteriormente a un componente (por ejemplo, un módulo de software, un procesador, un conjunto, un dispositivo, un circuito, etc.), salvo que se indique lo contrario, se deberá interpretar que la referencia a dicho componente (incluyendo una referencia a "medios") incluye como equivalentes de dicho componente cualquier componente que realice la función del componente descrito (por ejemplo, que sea su equivalente funcionalmente), incluyendo componentes que no sean equivalentes estructuralmente a la estructura dada a conocer que realiza la función en las realizaciones de ejemplo mostradas de la invención.

Equivalentes, extensiones, alternativas y miscelánea

Se ha descrito de este modo las realizaciones de ejemplo que se refieren a la gestión de visualización eficiente de imágenes EDR. En la anterior especificación se han descrito realizaciones de la presente invención haciendo referencia a numerosos detalles específicos que pueden variar de una implementación a otra. Por lo tanto, el indicador único y exclusivo de qué es la invención y qué pretenden los solicitantes que sea la invención, es el conjunto de reivindicaciones que aparecen en esta solicitud, en la forma específica en la que aparecen dichas reivindicaciones, incluyendo cualquier subsiguiente corrección. Cualesquiera definiciones expuestas expresamente en la presente memoria sobre términos contenidos en dichas reivindicaciones deberán gobernar el significado de dichos términos utilizados en las reivindicaciones. Por lo tanto, ninguna limitación, elemento, propiedad, característica, ventaja o atributo que no esté enunciado expresamente en una reivindicación, deberá limitar en modo alguno el alcance de dicha reivindicación. En consecuencia, esta especificación y los dibujos se deben considerar en un sentido ilustrativo y no limitativo

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para generar una imagen de salida con un segundo rango dinámico a partir de una imagen de entrada con un primer rango dinámico, siendo el segundo rango dinámico diferente del primer rango dinámico, comprendiendo el procedimiento:
- 5 acceder a la imagen de entrada (102) en un primer espacio de color (YCbCr), donde la imagen de entrada comprende un componente de luma a una resolución espacial de luma y uno o varios componentes de croma a una resolución espacial de croma, donde la resolución espacial de croma es menor que la resolución espacial de luma;
- diezmar, en un primer camino de procesamiento, el componente de luma de la imagen de entrada a la resolución espacial de croma;
- 10 aplicar, en el primer camino de procesamiento, una o varias etapas de transformación de color (107, 110A) al componente de luma diezclado y a dichos uno o varios componentes de croma de la imagen de entrada para determinar una primera imagen de salida (112A) en un espacio de color IPT corregido perceptualmente (IPT-PQ), en el que la transformación de color del primer espacio de color al espacio IPT-PQ está basada, por lo menos en parte, en aplicar una función de cuantificador perceptual (PQ) no lineal a una función de la imagen de entrada para generar
- 15 un componente de intensidad (I) y componentes de color (PQ) de la primera imagen de salida (112A) con una resolución espacial igual a la resolución espacial de croma de la imagen de entrada;
- aplicar, en el primer camino de procesamiento, una función de mapeo tonal no lineal (115) al componente de intensidad (I) de la primera imagen de salida (112A) para determinar un componente de intensidad de una primera imagen mapeada en tonos (117) con el segundo rango dinámico;
- 20 aplicar, en el primer camino de procesamiento, una función de ajuste de saturación (130) a los componentes de color (P, T) de la primera imagen mapeada en tonos (117) para generar componentes de color de una segunda imagen mapeada en tonos (132), en el que la función de ajuste de saturación está determinada por el componente de intensidad (I) de la primera imagen de salida (112A) y el componente de intensidad de la primera imagen mapeada en tonos (117);
- 25 aplicar, en el primer camino de procesamiento, una función de mapeo de gama de color (135) a los componentes de color de la segunda imagen mapeada en tonos (132) para generar componentes de color de una tercera imagen de salida;
- aplicar, en un segundo camino de procesamiento, una función de cuantificador perceptual (PQ) no lineal al componente luma (102Y) de la imagen de entrada (102) para generar un componente de intensidad de una segunda
- 30 imagen de salida con una resolución espacial igual a la resolución espacial de luma de la señal de entrada;
- aplicar, en el segundo camino de procesamiento, una función de preservación de detalles (125) a los componentes de intensidad de la tercera imagen de salida (137-YPQ) y la segunda imagen de salida (112B) para generar un componente de intensidad de una cuarta imagen de salida (127) con una resolución espacial igual a la resolución espacial de luma de la señal de entrada;
- 35 generar la imagen de salida combinando el componente de intensidad de la cuarta imagen de salida y los componentes de color de la tercera imagen de salida; y
- en el que el primer camino de procesamiento y el segundo camino de procesamiento se procesan en paralelo.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además una transformación de escala ascendente del componente de intensidad de la tercera imagen de salida para que se corresponda con la resolución espacial de la
- 40 segunda imagen de salida (112B).
3. El procedimiento según la reivindicación 2, que comprende además:
- aplicar una segunda función de mapeo tonal no lineal (115B) al componente luma de la segunda imagen de salida (112B) o al componente luma (102Y) de la señal de entrada (102) para determinar un componente de intensidad de una tercera imagen mapeada en tonos (117B) con el segundo rango dinámico; y
- 45 aplicar la función de preservación de detalles (125) al componente de intensidad de la tercera imagen mapeada en tonos (117B) y a la segunda imagen de salida (112B) para generar el componente de intensidad de la cuarta imagen de salida (127).
4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además ajustar la intensidad (I) de la señal de color IPT-PQ (232) para generar una señal IPT-PQ ajustada (112), en el que la etapa de ajuste se realiza por lo menos en parte aplicando la función
- 50

$$I'_i = I_i + d * CH_i$$

donde d es una constante y dados los valores I_i , P_i y T_i de un píxel de la señal de color IPT-PQ (232),

$$CH_i = \sqrt{P_i^2 + T_i^2} \text{ e } I_i \text{ indica un valor de intensidad de la señal IPT-PQ ajustada (112).}$$

5 El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la función de mapeo tonal no lineal (115) se expresa como una función de curva tonal sigmoide parametrizada, en el que los parámetros de la función se determinan en base a características de una pantalla de origen y de una pantalla objetivo.

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

en el que las características de la pantalla objetivo comprenden un valor de brillo mínimo y un valor de brillo máximo para la pantalla objetivo; y/o

10 en el que se accede a las características de la pantalla de origen por medio de los metadatos de pantalla de origen (104) recibidos.

7. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que la función de tono sigmoide se expresa como

$$I_m = \left(\frac{C_1 + C_2 I_o^n}{1 + C_3 I_o^n} \right)^{Rolloff}$$

15 en el que C_1 , C_2 , C_3 y $Rolloff$ son constantes que definen los parámetros de la función de mapeo tonal, y para una entrada I_o , I_m es un correspondiente valor de salida;

en el que, en algunas realizaciones, las constantes C_1 , C_2 y C_3 se determinan por lo menos en parte en base a una o varias características de valor de gris de la señal de entrada (102).

8. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que aplicar la función de destacar contornos comprende además

20 $I_s = I_o - F((I_o - I_m), H),$

donde $F(I, H)$ indica aplicar a una imagen I un filtro con núcleo H , I_o indica valores de intensidad de píxel de la primera imagen de salida (112), I_m indica valores de intensidad de píxel de la primera imagen de salida mapeada en tonos (117) e I_s indica valores de intensidad de píxel de la segunda imagen de salida (127);

25 en el que, en algunas realizaciones, el núcleo H comprende un filtro gaussiano 11x11 con desviación estándar igual a 2.

9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que aplicar la función de ajuste de saturación (130) comprende transformar la escala de los componentes de color de la primera señal de salida (112) mediante una constante de escala que se determina en respuesta a valores de intensidad de píxel de la primera imagen de salida (112) y valores de intensidad de píxel de cualquiera de la segunda imagen de salida (127) o la primera imagen mapeada en tonos (117).

30

10. El procedimiento según la reivindicación 9, en el que calcular la constante de escala (S) comprende calcular

$$S = \frac{I_s * CEDR}{I_o * CMapped}$$

35 donde $CEDR$ es una variable determinada como una función lineal de la intensidad (I_o) de la primera señal de salida (112) y $CMapped$ es una variable determinada como una función lineal de la intensidad (I_s) de la segunda señal de salida (127).

11. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que los parámetros de curva tonal de la función de mapeo tonal no lineal se ajustan para incrementar la intensidad de la luminancia de la primera imagen mapeada en tonos.

12. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que incrementar la intensidad de la luminancia comprende además:

40 calcular un primer conjunto de parámetros de curva tonal de ajuste intermedios, para determinar un rango de mapeo de la función de mapeo tonal sin incremento de luminancia;

transformar la escala del primer conjunto de parámetros de curva tonal de ajuste intermedios, en respuesta a un conjunto de parámetros de curva tonal de ajuste intermedios deseados;

determinar los parámetros de la función de mapeo tonal en base al segundo conjunto de parámetros de curva tonal de ajuste intermedios;

aplicar la función de mapeo tonal a la intensidad de la primera señal de salida para determinar una señal mapeada en tonos intermedia; y

- 5 ajustar la intensidad de la señal mapeada en tonos intermedia para determinar la primera señal mapeada en tonos.
 13. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende además ajustar los componentes de color de la segunda imagen mapeada en tonos (132), en el que la etapa de ajuste comprende:
convertir valores de píxel de color (P_s , T_s) de la segunda imagen mapeada en tonos, en valores de píxel (croma, matiz) utilizando una transformada de coordenadas euclídeas a polares;
- 10 mapear los valores de píxel (croma, matiz) a valores ajustados (croma, matiz) utilizando una función de mapeo; y
convertir los valores ajustados (croma, matiz) en valores de color ajustados (P_s , T_s) utilizando una transformada de coordenadas polares a euclídeas.
 14. Un aparato que comprende un procesador, y configurado para llevar a cabo cualquiera de los procedimientos expuestos en las reivindicaciones 1 a 13.
- 15 15. Un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador, que tiene almacenada en el mismo una instrucción ejecutable por ordenador para ejecutar un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

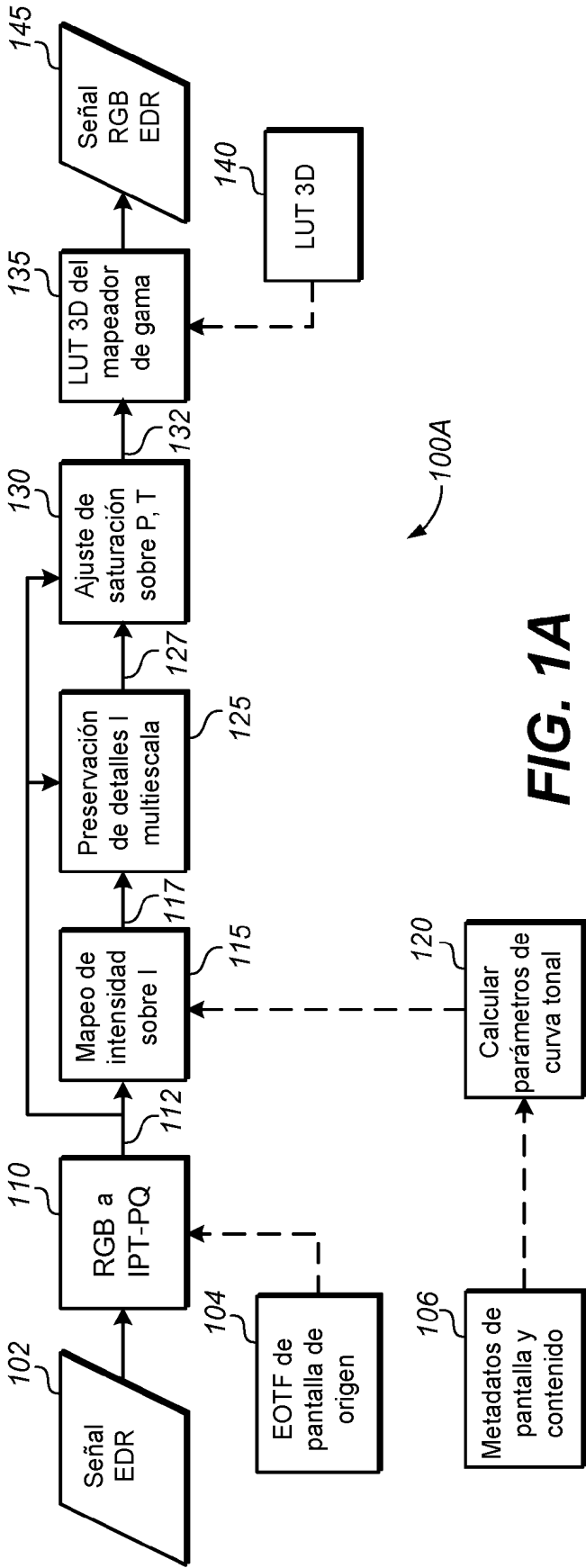


FIG. 1A

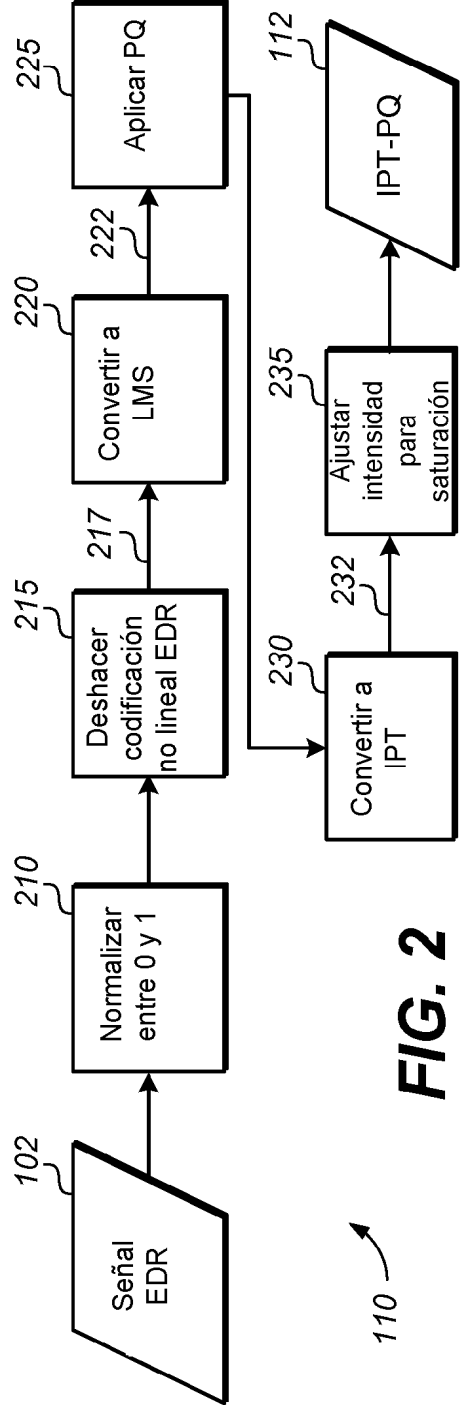


FIG. 2

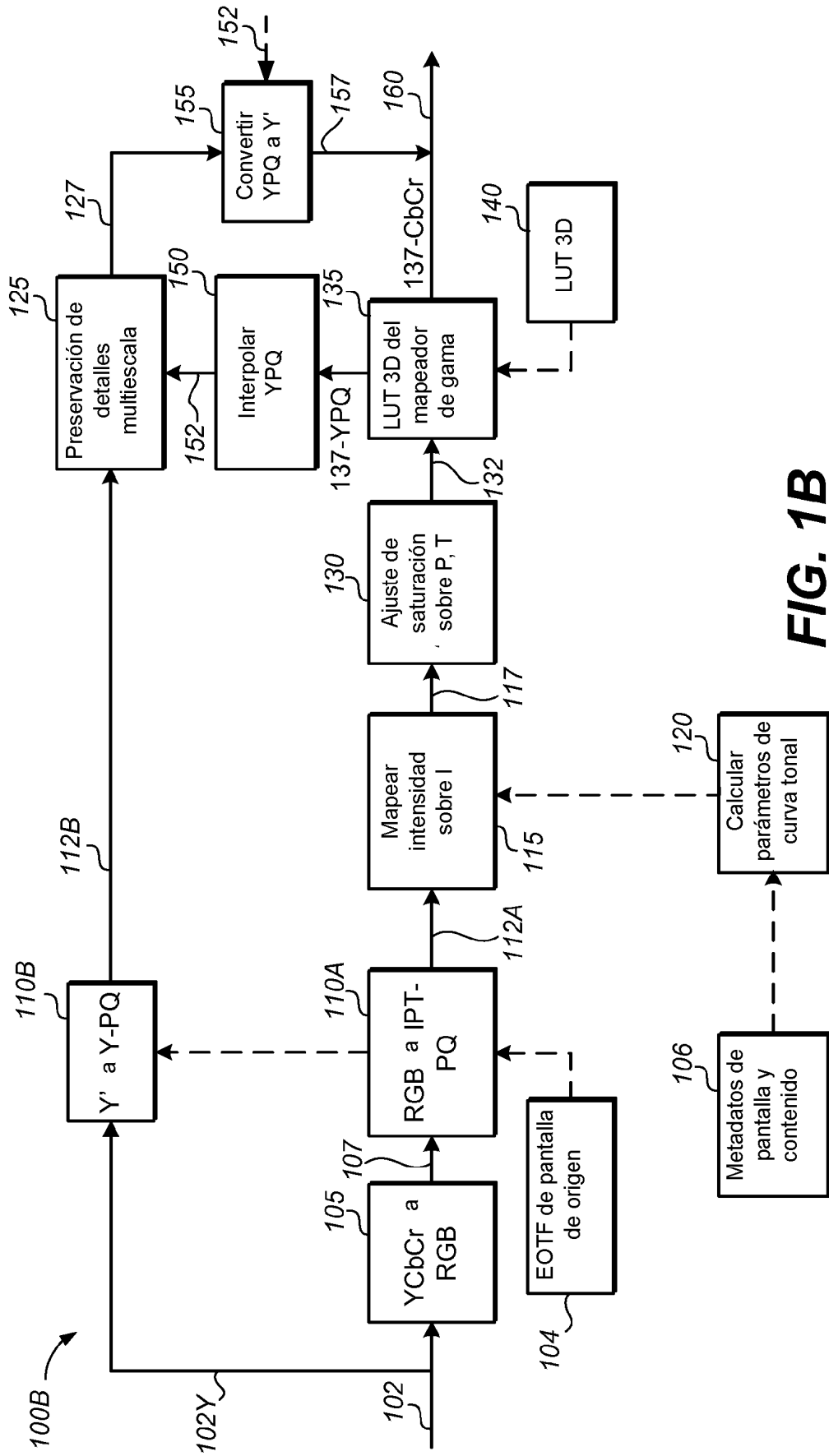


FIG. 1B

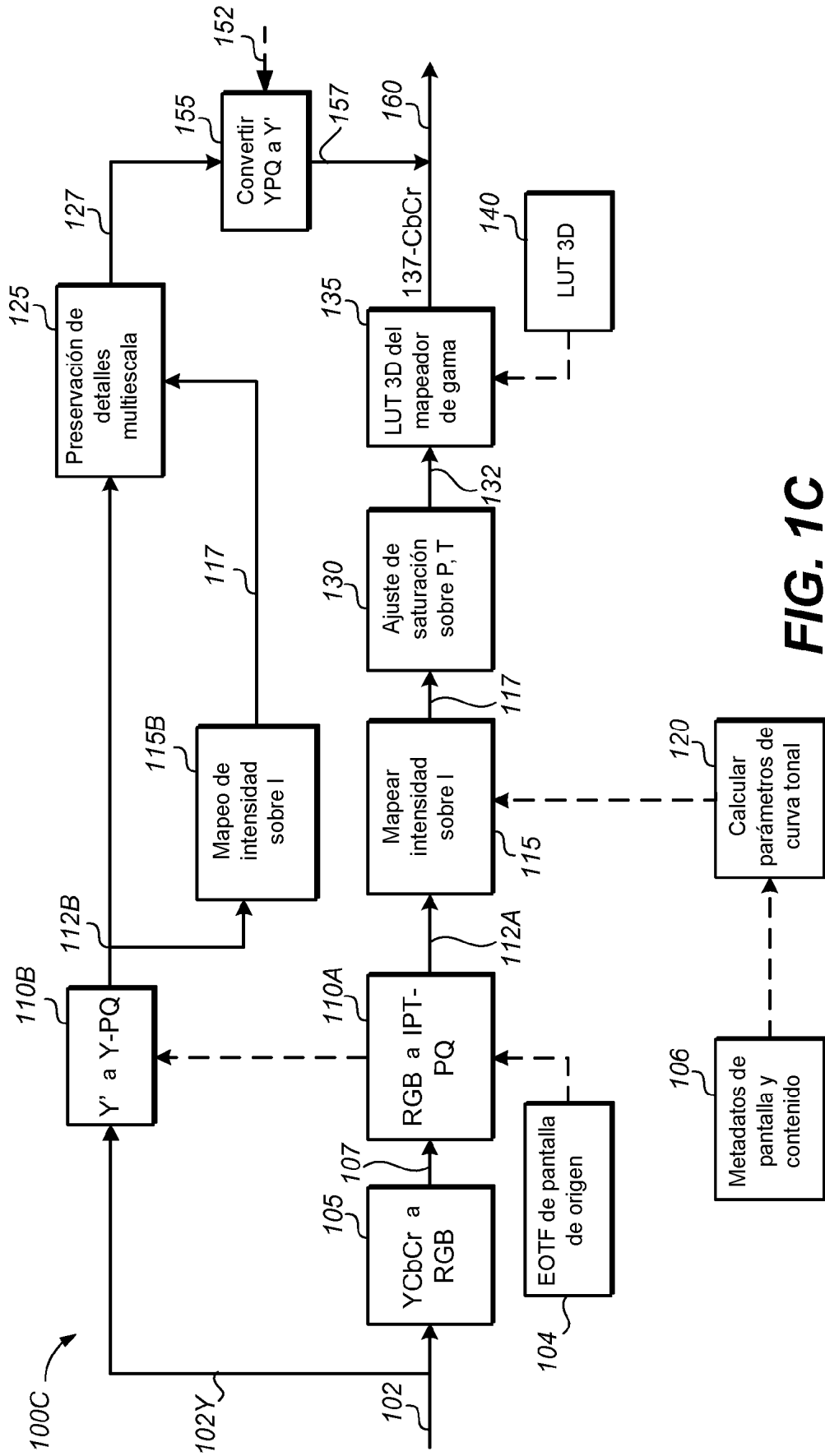


FIG. 1C

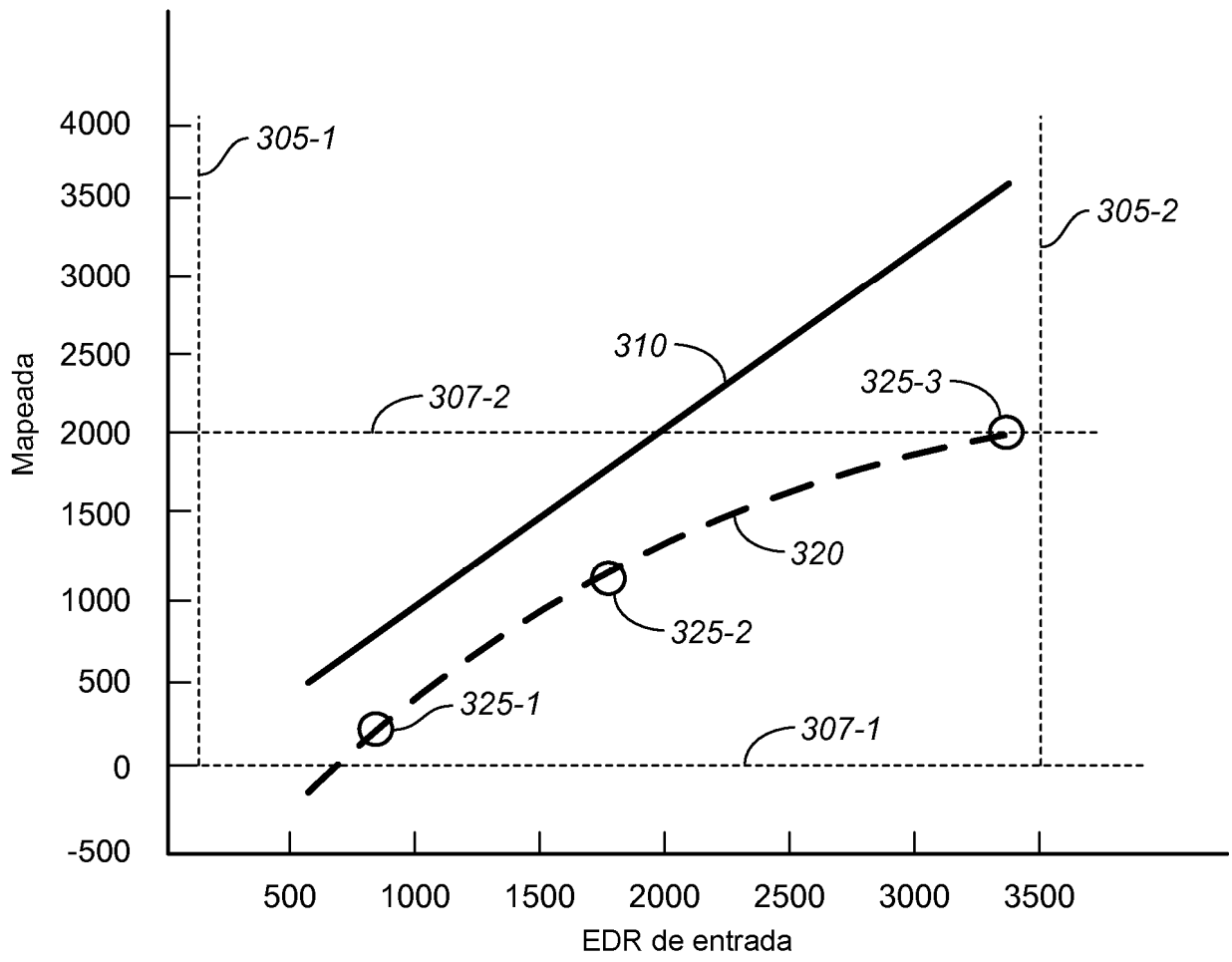


FIG. 3

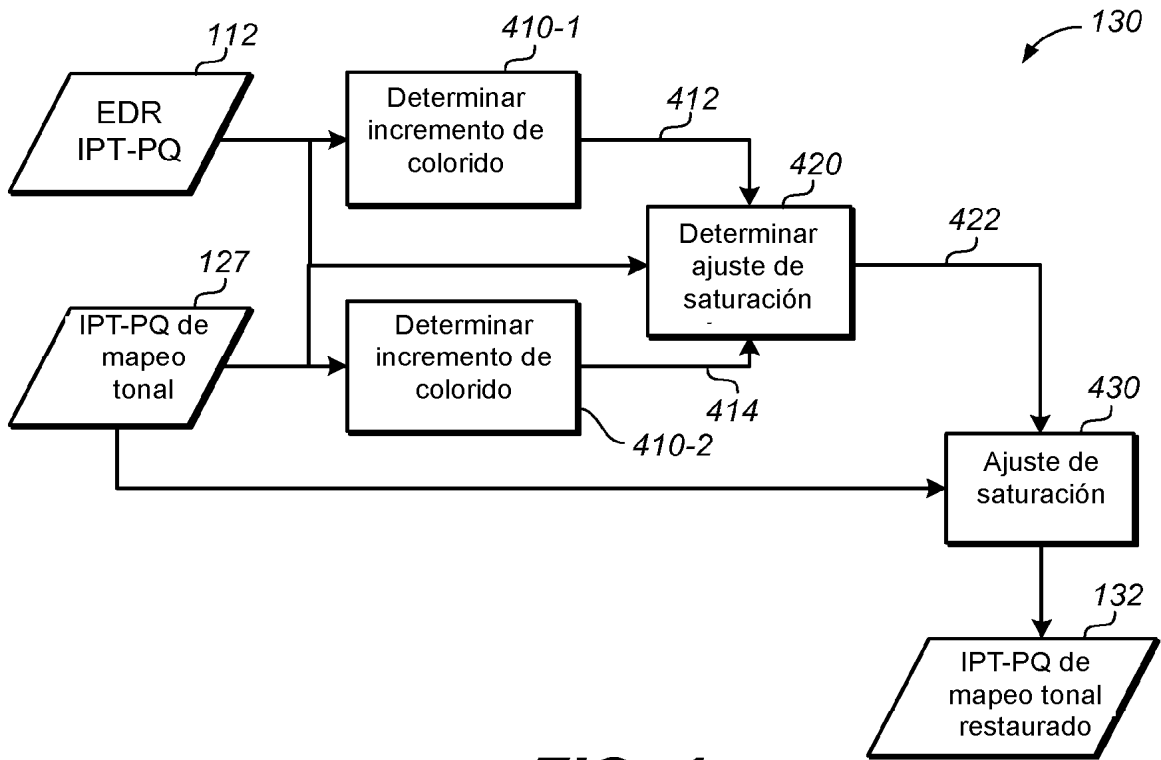


FIG. 4

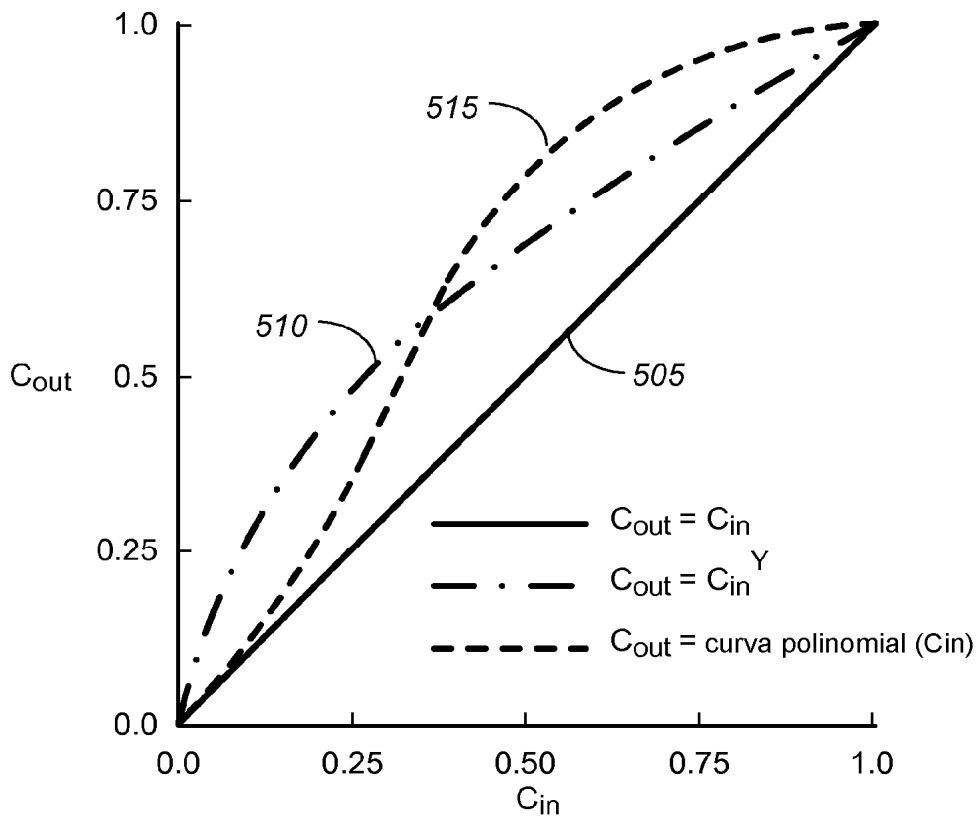


FIG. 5

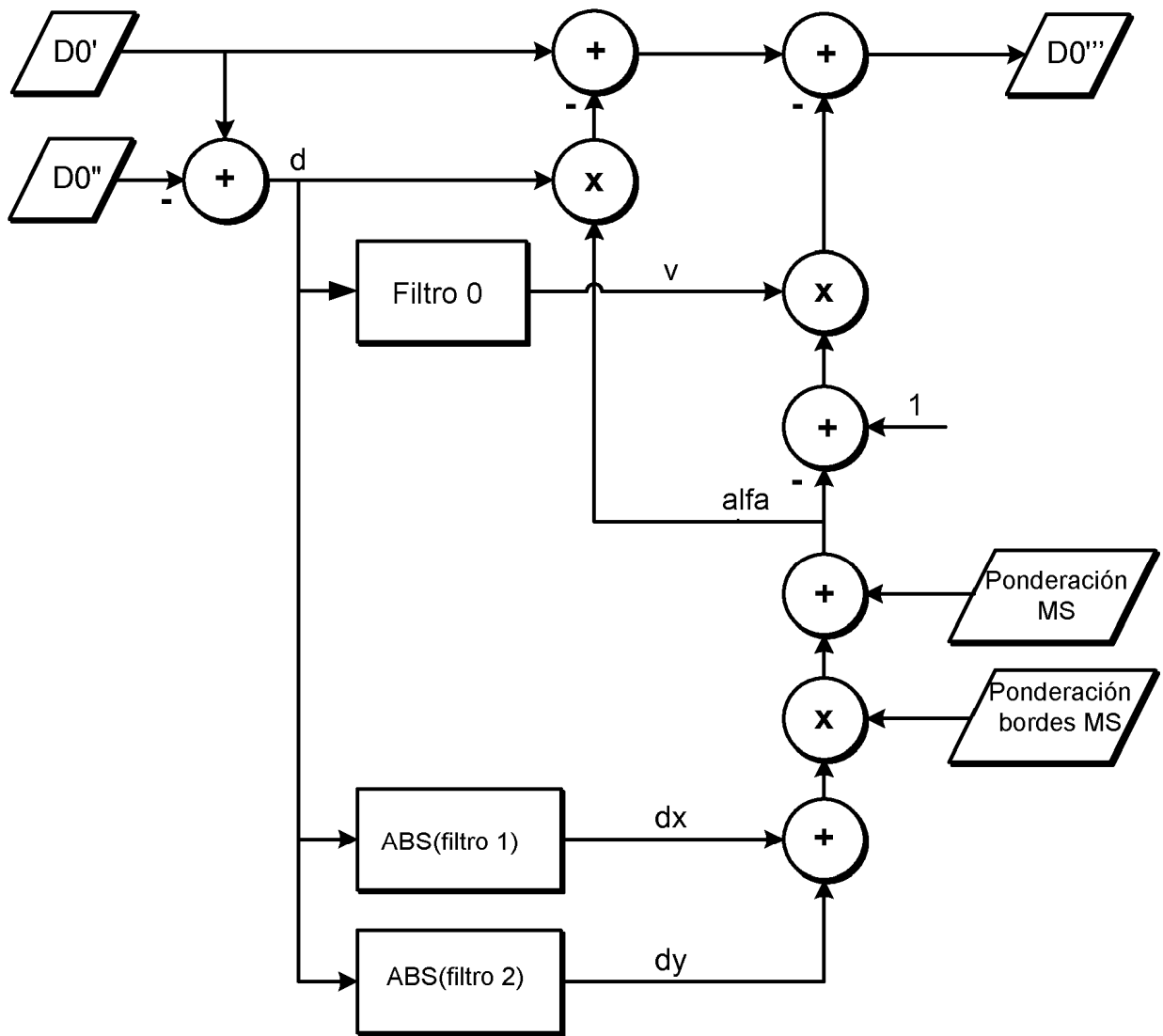


FIG. 6