

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 371**

51 Int. Cl.:

G06T 5/00 (2006.01)

H04N 1/60 (2006.01)

H04N 5/57 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.09.2013 PCT/EP2013/069203**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2014 WO14056679**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2013 E 13765697 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2836983**

54 Título: **Procesamiento de imágenes con cambio de luminancia con restricciones de color**

30 Prioridad:

08.10.2012 EP 12187572

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

08.11.2017

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)
High Tech Campus 5
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

VAN DER VLEUTEN, RENATUS JOSEPHUS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 641 371 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

Procesamiento de imágenes con cambio de luminancia con restricciones de color

5 CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere a aparatos y métodos y productos resultantes como almacenamiento o transmisión de datos o señales, para convertir una imagen con colores pixelados con primeras luminancias en una imagen con colores pixelados con segundas luminancias.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El procesamiento del color es una tarea difícil, cuando se transforman colores (tal como, por ejemplo, para obtener una especificación de color directamente utilizable para accionar una pantalla, en donde la pantalla puede ocuparse de la manipulación de sus especificaciones, como por ejemplo, mostrar un comportamiento de representación electroóptico dependiente o gamma) entre las representaciones de color correspondientes a un rango dinámico de luminancia de entrada y salida que difieren considerablemente, por ejemplo, el más grande es al menos 1,5 veces más grande que el más pequeño. Esto puede suceder, por ejemplo, cuando se transforma desde rango dinámico alto (HDR) a rango dinámico bajo (LDR), o viceversa. HDR puede referirse a representación en una pantalla con un pico de brillo más alto y típicamente negros más profundos, pero también a una codificación de señal con una mayor dinámica de escena capturada, o para ser utilizada con tal pantalla de rango dinámico más alto. El lector experto entiende si decimos que la representación corresponde a un rango dinámico particular, que se especifica de acuerdo con ese rango. Una especificación de color significa no tanto (sobre todo en el campo de la invención de codificación de HDR o de representación de HDR), a menos que especifiquemos cuáles luminancias corresponden a las coordenadas de color (por ejemplo, se debe mostrar una foto de un tapiz con el máximo brillo, o con un brillo reducido para que se parezca más a un tapiz y menos a un objeto luminoso). Por ejemplo, en una codificación RGB relativa, podríamos decir que el blanco [1,1,1] corresponde con un valor de brillo máximo visible de 2000 nit (para una pantalla HDR), y, por ejemplo, 2x menos para otra pantalla ("LDR") para la cual derivaremos una nueva especificación de color. Si se especifica el color dependiendo del dispositivo, el máximo del rango dinámico puede ser el brillo pico real de la pantalla, y para codificaciones de color genéricas, se puede considerar la codificación máxima (por ejemplo, 255, 255, 255) que corresponde con un brillo máximo de referencia (por ejemplo 5000 nit). Este principio puede aplicarse de cualquier forma en que se codifique el color (por ejemplo, en Lab no lineal, etc.).

Ahora, los intentos de la técnica anterior para mapear desde, por ejemplo, HDR a LDR han encontrado dificultades considerables para obtener buenos colores (por ejemplo, de apariencia natural, o con los colores de salida/LDR que coinciden razonablemente con los colores HDR de entrada, al menos en su apariencia cromática pero no en su brillo o luminosidad) como salida. Por lo menos tres razones contribuyen a esto. En primer lugar, varios espacios de color utilizados en la práctica son no lineales de una manera inconveniente, e incluso entonces la gente no siempre los utiliza de la manera correcta, lo que lleva a (a veces difícil de predecir) errores de color, que luego necesitan una corrección adicional considerable. En segundo lugar, diferentes pantallas tienen sus propias limitaciones inherentes, y una pantalla LDR simplemente no puede hacer tantos colores brillantes como una pantalla HDR. Esto puede, por ejemplo, llevar a selecciones en la parte superior de la gama LDR para hacer colores menos saturados. Finalmente, la calidad de los colores se juzga por la apariencia al espectador humano, y esto es también un proceso complejo.

45 Un gran problema matemático cuando se mapean inapropiadamente los colores, es ya el recorte que se produce cuando se mapean colores a colores no realizables, fuera de gama, para la pantalla y/o el espacio de color de salida final.

50 Un ejemplo de un sistema que adapta una imagen para desplegar en una pantalla con un rango dinámico diferente se proporciona en el documento US2006/0104508. En el sistema, se detectan destellos especulares en una imagen LDR y el rango dinámico de una pantalla HDR se utiliza para incrementar el brillo del destello especular. El sistema logra esto aplicando una transformación lineal por piezas.

55 La técnica anterior como R. Mantiuk et al. "Color Correction for Tone Mapping ", Eurographics Vol. 28 (2009), pp. 193-202, comienza especificando un mapeo de tonos en la dirección de luminancia, y luego aplica este mapeo de tonos en las luminancias de los píxeles en la imagen de entrada. Se manejan los problemas de color entonces remanentes, pero todavía es difícil obtener buenos colores.

60 Un objeto de nuestra invención es también tener un procesamiento de color que pueda gestionar, entre otras cosas, un mapeo de color para un rango dinámico de luminancia más alto y más bajo, que cuida especialmente el manejo de la apariencia cromática de los colores correctamente. Y preferiblemente también tenemos un método simple, el cual puede ser incorporado de manera económica en muchos aparatos.

RESUMEN DE LA INVENCION

El objeto se realiza mediante un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes dispuesto para transformar un color de entrada (L, x, y) de un píxel especificado en una representación de color correspondiente a un primer rango dinámico de luminancia en un color de salida (L*, x, y) de un píxel especificado en un color representación correspondiente a un segundo rango dinámico de luminancia, cuyos primeros y segundos rangos dinámicos difieren en extensión por al menos un factor multiplicativo de 1,5, que comprende: una unidad (203) de deformación de mapeo de tonos dispuesta para determinar una luminancia (L*, 309) de salida ajustada para el color de salida de una luminancia (L) de entrada del color de entrada y sobre la base de un mapeo (301) de tono de entrada definir luminancias de salida como una función de las luminancias de entrada, y una cantidad linealmente relacionada con la luminancia (L) de entrada, siendo la cantidad indicativa de un valor máximo de luminancia que para las coordenadas cromáticas (x, y) del color de entrada es máximamente alcanzable en al menos uno de una gama correspondiente al primer rango dinámico de luminancia y una gama correspondiente al segundo rango dinámico de luminancia para las coordenadas cromáticas (x, y); en el que la unidad de deformación de mapeo de tonos está dispuesta para generar la luminancia de salida ajustada aplicando un mapeo de tonos ajustado a la luminancia de entrada; y la unidad (203) de deformación de mapeo de tonos está dispuesta para determinar el mapeo de tonos ajustado adaptando el mapeo de tonos de entrada dependiente de la cantidad de forma que cualquier luminancia (L*, 309) de salida ajustada obtenida aplicando el mapeo de tonos ajustado a cualquier luminancia (L) de entrada de todas las luminancias de entrada posibles en su extensión de valores [0,1] no sea mayor que una luminancia máxima $L_{max}(x, y)$ que para las coordenadas cromáticas (x, y) del color de entrada es máximamente alcanzable en la gama correspondiente al segundo rango dinámico de luminancia para aquellas coordenadas cromáticas (x, y).

A primera vista, esto puede parecer relacionado con el estado de la técnica anterior de Mantiuk, pero se observa que nuestro método se centra en mantener los colores buenos primero, y luego sintonizar de manera óptima el mapeo de tonos, en lugar de hacerlo al contrario. Es decir, podemos mantener la especificación cromática de los colores (por ejemplo (x, y), o (tonalidad, saturación), etc.) sin cambios, en lugar de hacer un procesamiento sobre las luminancias o lumas de los píxeles, y luego una corrección de color. Para ello diseñamos nuestros mapeos de tonos (que pueden ser funciones directamente, o cualquier cosa que realiza en última instancia alguna transformación funcional como, por ejemplo, un algoritmo de ordenador compuesto de subpasos que tienen el comportamiento funcional como resultado final). Para ello, nuestras realizaciones tienen típicamente un mapeo (301) de tonos de entrada inicial especificando aproximadamente cómo los colores deben ser mapeados para decir la codificación de gama LDR. Pero ahora derivaremos nuevos mapeos de tonos locales para diferentes cromaticidades (x, y), es decir, el mapeo de tonos de entrada se ajusta o adapta para generar un mapeo de tonos ajustado donde la adaptación depende de las luminancias máximas alcanzable para las coordenadas cromáticas del color de entrada. Esto se puede hacer modificando la función original de correlación de entrada con respecto a su eje de coordenadas sobre el cual se especifica (es decir, podemos escalar la función del mapeo de tonos de entrada propiamente dicho, por ejemplo, $m * f(\text{entrada})$ siendo m un multiplicador, o podemos cambiar la entrada a entrada_escalada , obteniéndose también, naturalmente, una salida diferente, por ejemplo, una función monótonamente creciente la cual será típicamente nuestra función de mapeo de tonos). Téngase en cuenta que también se puede hacer escalamiento no lineal, por ejemplo, aplicar una función de potencia o transformación logarítmica, etc., al eje de entrada, que corresponde a la flexión de la función de una manera no lineal, etc. Lo que nuestro aparato/método utiliza típicamente es por lo menos una medida lineal de la cantidad de color que se compara a la cantidad máxima que puede haber en una gama (si para una pantalla en particular, o una gama teóricamente definida de un espacio de color), y tal cantidad lineal se puede especificar bien, por ejemplo, sobre la base de la luminancia (L) del color de entrada. Dada esta cantidad porcentual de luminancia comparada con el máximo, nuestro aparato puede decidir cómo transformarla óptimamente, si esa estrategia particular escogida se determina teniendo en cuenta deseos de apariencia adicionales en conjunción con gama/especificidades de la pantalla, simplicidad del algoritmo u otras consideraciones. Sin embargo, todos ellos buscan concentrarse en evitar al menos los errores de color resultantes del recorte, o al menos si el algoritmo está integrado en un diseño que optimiza permitiendo un cierto recorte, minimizando ese recorte. El lector experto debe entender que esto implica no obtener nunca una salida L^* por encima de $L_{max}(x, y)$, que para funciones monótonamente crecientes será el mapeo en el extremo de entrada más alto de la curva de mapeo de tonos. El lector experto debería entender bien cómo se pueden realizar muchas variantes posibles de tal mapeo. Implica determinar si la función produce el resultado más alto, y después la reducción de escala modificando la función, es decir, cualquier remodelación que se aplique a continuación, por lo menos restringiendo el punto más alto sobre el mismo hasta el máximo valor permitido. Esto puede ser codificado de varias maneras, por matemáticas simples para casos simples, y los casos complejos podrían simplemente simular lo que sería el resultado, y luego aplicar uno que cumple con los requisitos.

La metodología puede introducir así un mapeo de tonos que se basa en un mapeo de tonos de referencia de entrada que puede ser independiente de la cromaticidad del color, y que especialmente puede ser el mismo para todos los colores de las gamas. Sin embargo, la unidad de deformación de mapeo de tonos puede adaptar este mapeo de tonos genérico o común a un mapeo de tonos que es específico a la cromaticidad del píxeles de entrada, y específicamente que depende de una cantidad que refleja la luminancia máxima posible para la cromaticidad específica en la cromaticidad de entrada. Además, el mapeo de tonos ajustado es tal que la luminancia ajustada no está por encima del máximo posible de luminancia para la cromaticidad en la gama de salida. Así, el sistema permite un ajuste de luminancia a la señal entrada para convertir entre los diferentes rangos dinámicos mientras que no sólo

garantiza que la luminancia ajustada es tal que la imagen de salida no esté recortada, sino que permite que el mismo mapeo de referencia se adapte a las diferencias en la posible luminancia. Esto puede asegurar que la transformación del color de entrada da como resultado una salida de color de la misma cromaticidad y con una adaptación de luminancia consistente en toda la gama.

Por ejemplo, el mismo mapeo relativo del rango de luminancia completo para cada cromaticidad se puede utilizar pese a que la luminancia máxima es muy diferente en diferentes rangos, por ejemplo, el mismo aumento de brillo relativo pueden aplicarse a colores saturados como, por ejemplo, colores sustancialmente blancos, a pesar de que estos tienen un menor nivel de brillo máximo.

La cantidad utilizada para adaptar el mapeo de tonos se puede determinar específicamente a partir del color de entrada, por ejemplo, utilizando una tabla de consulta que proporciona una luminancia máxima para todas las cromaticidades en la gama. En muchas realizaciones, la cantidad puede ser un valor máximo de un canal de color en una representación de canal de color (como una representación de color RGB) del color de entrada. En muchas realizaciones, la luminancia de entrada puede ser una luminancia en una cromaticidad y representación de luminancia del color de entrada (tal como una representación xyY).

Específicamente, la cantidad puede ser indicativa de la luminancia de entrada relativa a una luminancia máxima que para las coordenadas cromáticas del color de entrada es máximamente alcanzable en la gama correspondiente al primer rango dinámico de luminancia para aquellas coordenadas cromáticas. Puede ser ventajoso si el aparato (201) de procesamiento del color de la imagen, tiene la unidad (203) de deformación de mapeo de tonos dispuesta además para aplicar una transformación monótona a la forma funcional de mapeo de tonos de entrada en comparación con su eje, que se define de modo que si las luminancias de salida (L_{HDR}) obtenidas por aplicación del mapeo (301) de tonos de entrada, dos luminancias de entrada diferentes (L, L_{LDR}) son diferentes, entonces el ajuste luminancias de salida (L^*) para aquellas luminancias de entrada son también diferentes.

Así, el mapeo de tonos ajustado puede ser generado adaptando el mapeo del tono de entrada aplicando la transformación a la forma funcional.

Muchos mapeos obedecerán a que introducimos poco o nada, por lo tanto, se puede formar, por ejemplo, la mitad o la parte inferior de acuerdo con algún otro criterio. Si algunas partes de la curva que tienen el corte de valores más altos (es decir, hay, por ejemplo, valores aún diferentes, más altos en la entrada de HDR, pero no en la salida de LDR), entonces dicho mapeo no puede ser usado en, por ejemplo, una estrategia de procesamiento donde necesitamos invertibilidad, como una codificación que primero mapea un grado HDR maestro de entrada para una codificación LDR (recorte) y a continuación un mapeo inverso para recuperar el grado HDR de esta codificación LDR. Es útil si se mantiene el mapeo monótono, que se puede hacer, por ejemplo, por algunos (extensión no lineal).

Aunque algunos mapeos pueden permitir la superposición de algunos colores, estas funciones monótonas mantienen (aparte de la cuantificación) una diferencia matemática entre colores que tenían diferentes luminancias en la escena original, o al menos, por ejemplo, la representación de grado maestro de la misma. Aunque para algunas representaciones estas diferencias pueden no ser visibles al espectador a veces, al menos están codificadas, y pueden usarse adicionalmente, por ejemplo, mediante aplicaciones de procesamiento de imágenes.

Ventajosamente, el aparato (201) de procesamiento de color de imágenes tiene la unidad (203) de deformación de mapeo de tonos dispuesta además para aplicar una transformación suave a la forma funcional del mapeo de tonos de entrada en comparación con su eje, determinado para tener diferencias (310) de luminancia sucesivas para coordenadas cromáticas vecinas (x, y) entre las luminancias (L^*) de salida ajustadas, y la luminancia (308) de salida obtenida aplicando el mapeo (301) de tonos ajustado a la luminancia (L) de color de entrada varía suavemente, en cantidades aproximadamente similares.

La suavidad, que también se puede expresar en los términos del campo de vector de diferencia de color en lugar de, por ejemplo, transformaciones en la función 301, es una propiedad interesante como criterio de calidad para algunas aplicaciones. Por ejemplo, una compresión lineal o compresión no lineal de partes pequeñas, o teniendo en cuenta la forma de la función 301 pueden ser todas lisas. Entonces nuestro sistema no se comporta de manera muy diferente de un mapeo de color que se centran principalmente en el comportamiento de la luminancia (L).

Ventajosamente, la unidad (203) de deformación de mapeo de tonos está dispuesta además para realizar la determinación de la luminancia (L^* , 309) de salida ajustada aplicando una luminancia (L_s) ajustada como entrada al mapeo (301) de tonos de entrada, cuya luminancia ajustada (L_s) se deriva aplicando una función a la luminancia (L) de color de entrada, cuya función se define en base a la luminancia máxima $L_{max}(x, y)$, de manera que una luminancia (L) de entrada igual a esta luminancia máxima $L_{max}(x, y)$ se mapea al valor máximo posible de la luminancia (L) de entrada para el mapeo (301) de tonos de entrada.

En lugar de conformar la función correspondiente al mapeo de tonos de entrada, se puede conformar su eje, por ejemplo, si tiene que ocurrir una compresión no lineal simple en la dirección x . Especialmente para los escalados lineales esto puede ser más simple que cambiar la función, ya que entonces podemos calcular la función 301 normal

en la nueva entrada escalada (o usar ese valor escalado/ajustado L_s como entrada para una codificación susceptible de búsqueda del mapeo de tonos, etc.). El ajuste mediante la conformación del eje puede realizarse de forma equivalente cambiando los valores de eje de la función o cambiando los valores de luminancia de entrada.

5 Ventajosamente en muchas realizaciones, la unidad de deformación de mapeo de tonos está dispuesta para generar una luminancia escalada, escalando la luminancia de entrada por un primer factor de escala determinado a partir de la cantidad; determinar una luminancia ajustada escalada aplicando el mapeo de tonos de entrada a la luminancia escalada; y generar la luminancia de salida ajustada escalando la luminancia escalada por un segundo factor de escala correspondiente al recíproco del primer factor de escala.

10 Esto puede proporcionar, en particular, rendimiento ventajoso con baja complejidad en muchas realizaciones.

Ventajosamente, el aparato (201) de procesamiento de color de imágenes utiliza como función para escalar el color de entrada luminancia (L) un escalamiento lineal. Esta sencilla función es suficiente para muchos escenarios, y puede realizarse (por ejemplo, en un circuito IC) mediante una simple multiplicación.

15 Ventajosamente, el aparato (201) de procesamiento de color de imágenes tiene la unidad (203) de deformación de mapeo de tonos dispuesta además para usar como cantidad linealmente relacionada a la luminancia (L) un máximo ($\max RGB$) de un canal de color (y específicamente componentes lineales rojo, verde y azul) definiendo el color de entrada (L, x, y). Debido a la linealidad, podemos reformular nuestro método básico, por ejemplo, en espacio RGB, lo que minimiza los cálculos, ya que normalmente las imágenes/vídeo se codifican en un espacio de color derivado a partir de RGB (y RGB se utiliza para accionar la pantalla).

20 El componente de canal de color máximo de un color del color de entrada se puede utilizar como la cantidad.

25 El componente de canal de color máximo es específicamente indicativo de la luminancia máxima posible para esa cromaticidad ya que es el componente de color que se puede escalar al menos antes de que se produzca el recorte.

30 En otras palabras, todos los factores de escala que se pueden aplicar al canal de color con el valor máximo sin resultado en este canal de color que se está recortando también se puede aplicar a los otros canales de color sin recorte.

Ventajosamente en muchas realizaciones, la unidad de deformación de mapeo de tonos está dispuesta para generar una luminancia ajustada aplicando el mapeo de tonos de entrada al máximo de los componentes de canal de color; y para generar la luminancia de salida ajustada por escala la luminancia ajustada por un factor de escala dependiente de la luminancia de entrada y el máximo de los componentes del canal de color.

35 Esta metodología puede proporcionar una operación, desempeño y/o implementación eficiente particular en muchas realizaciones. El factor de escala puede ser específicamente proporcional (o igual) a la relación entre la luminancia de entrada y el máximo ($\max RGB$) de los componentes del canal de color.

Ventajosamente en muchas realizaciones, el color de entrada se proporciona en una representación de canal de color y el aparato comprende además una representación de color convertidora para generar la luminancia de entrada como luminancia de una cromaticidad y representación de luminancia del color de entrada mediante la conversión de la representación del canal de color del color de entrada.

40 Esto puede permitir una implementación y operación prácticas y convenientes en muchas realizaciones. En particular, el uso de diferentes representaciones para el mapeo de tonos y para adaptar el mapeo de tonos puede proporcionar una operación eficiente en muchas realizaciones.

45 Ventajosamente en muchas realizaciones, la imagen de color comprende además un procesador de salida para generar una salida de representación de canal de color por escalamiento de los componentes de canal de color del color de entrada por un factor de escala dependiendo de la luminancia de salida y la luminancia de entrada.

50 Esta metodología puede proporcionar una operación, desempeño y/o implementación eficiente particular en muchas realizaciones, y en particular en realizaciones en las que tanto el color de entrada como el color de salida son necesarios para usar representaciones de canales de color. Las representaciones de canales de color pueden ser específicamente una representación RGB.

55 Ventajosamente, el aparato (201) de procesamiento de color de imágenes de cualquier variante posible comprende además una unidad (202) de determinación de correlación de tonos dispuesta para determinar el mapeo (301, TM^*) de tonos de entrada sobre la base de al menos un mapeado de tonos predeterminado (TM). Específicamente, el mapeo de tonos de entrada puede ser un mapeo de tonos predeterminado. Las variantes simples pueden usar sólo unos tonos para toda la imagen. Sin embargo, uno puede utilizar cualquier criterio (por ejemplo, si el método/aparato funciona bajo control de un espectador final en una pantalla para adaptar a sus preferencias, los criterios pueden ser "al espectador le gustan azules más brillantes"), para generar funciones de mapeo de tonos mejor adaptadas, por

ejemplo, para regiones en el plano (x, y) , o incluso regiones espaciales específicas u objetos en la imagen. Por ejemplo, se puede derivar el mapeo 301 de tonos de entrada final para adaptarlo, desde por lo menos otro mapeo de tonos especificado por el graduador (por ejemplo, modificándolo según, por ejemplo, una extrapolación sobre una región del plano (x, y)), o por interpolación entre dos de tales funciones, o derivando una función final dada un análisis complejo de una pluralidad de tales funciones determinadas previamente (por ejemplo, los rojos se comportan como esto en la zona oscura, de modo que adaptamos nuestra función naranja basados en el comportamiento oscuro de los rojos, pero el comportamiento amarillo para las luminancias medias, y mirar lo que pasa en los neutrales cercanos y determinar el comportamiento del mapeo de tonos para los naranjas en función de lo que se especifica en al menos un mapeo de tonos para los neutrales cercanos).

El aparato de procesamiento de color de imágenes básico puede, por ejemplo, ser parte de un IC de manejo de imágenes e incorporado en varios aparatos más grandes, como, por ejemplo, un codificador de imagen que comprende un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes como se ha descrito anteriormente y un formateador (613) de datos para emitir al menos una imagen (Im) de salida que comprende colores de salida de píxel de coordenadas cromáticas (x, y) y luminancias de salida ajustadas (L^*) , o un descodificador de imagen que comprende un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes como el descrito anteriormente, y que comprende un extractor (652) de datos dispuesto para obtener datos de color de píxeles en una imagen (Im).

El descodificador de imágenes puede tener el extractor (652) de datos dispuesto además para obtener un mapeado de tonos (TM), de modo que pueda hacer su mapeo de tonos basado en, por ejemplo, lo que fue ya prescrito en el lado de creación de contenido. Por ejemplo, como se dijo anteriormente al volver a determinar los mapeos de tono locales, por ejemplo, para hacer un mapeo de color óptimo para la pantalla en particular, puede comenzar desde el mapeo de tonos suministrado por el creador TM, y deformar mínimamente, tratando de seguirlo tanto como sea posible.

En donde principalmente elucidamos la optimización de mapeo teniendo en cuenta la gama, centrándose en su claro plano de límites, por supuesto, podemos hacer métodos similares tomando también en cuenta un plano de límites oscuro, que, por ejemplo, muestra mala visibilidad debido a la iluminación envolvente cerca de la pantalla de representación.

La invención puede realizarse en diversos métodos, por ejemplo, un método de procesamiento de color de imagen para transformar un color de entrada (L, x, y) de un píxel especificado en una representación de color correspondiente a una primera dinámica de luminancia en un color de salida (L^*, x, y) de un píxel especificado en una representación de color correspondiente a una segunda luminancia rango dinámico, cuya primero y segundo rangos dinámicos varían en extensión en al menos un factor multiplicativo 1.5, que comprende: determinar una luminancia $(L^*, 309)$ de salida ajustada para el color de salida desde una luminancia (L) de entrada del color de entrada y sobre la base de una entrada (301) que define las luminancias de salida como una función de las luminancias de entrada, y una cantidad linealmente relacionada a la luminancia (L) de entrada, siendo la cantidad indicativa de una luminancia máxima que para las coordenadas cromáticas (x, y) del color de entrada es máximamente alcanzable en al menos uno de una gama correspondiente al rango dinámico de la primera luminancia y una gama correspondiente al rango dinámico de la segunda luminancia para las coordenadas cromáticas (x, y) ; en el que la luminancia de salida ajustada se determina aplicando un mapeo de tonos ajustado a la luminancia de entrada; y determinar el mapeo de tonos ajustado adaptando el mapeo de tonos de entrada dependiente de la cantidad, de modo que cualquier luminancia $(L^*, 309)$ de salida ajustada obtenida aplicando el mapeo de tonos ajustado a cualquier luminancia (L) de entrada de todas las luminancias de entrada posibles en su extensión de valores válidos $[0,1]$ no es mayor que una luminancia máxima $L_{max}(x, y)$ que para las coordenadas cromáticas (x, y) del color de entrada es máximamente alcanzable en la gama correspondiente al segundo rango dinámico de luminancia para aquellas coordenadas cromáticas (x, y) .

O, un método de procesamiento de color de imágenes en el que la determinación de la luminancia de salida ajustada (L^*) está caracterizada además porque implica la determinación de una luminosidad ajustada (L_s) para uso como entrada al mapeo (301) de tonos de entrada, cuya luminancia ajustada (L_s) se deriva aplicando una función a la luminancia (L) de color de entrada, cuya función se define en base a la luminancia máxima $L_{max}(x, y)$, de manera que una luminancia (L) de entrada igual a esta luminancia máxima $L_{max}(x, y)$ se mapea al valor máximo posible de la luminancia (L) de entrada para el mapeo (301) de tonos de entrada.

O bien, un método de procesamiento de color de imagen en el que la cantidad linealmente relacionada con la luminancia (L) del color de entrada es un máximo ($\max RGB$) de los componentes lineales rojo, verde y azul (u otro canal de color) que definen el color de entrada (L, x, y) .

O bien, un método de tratamiento de color de imagen que comprende determinar el mapeo (301) de tonos de entrada en la base de al menos un mapeo de tonos predeterminado adicional. La invención puede además ser realizada como un producto de programa de ordenador que comprende un código que permite a un procesador realizar cualquiera de los métodos o hacer funcionar cualquiera de los aparatos, y puede comunicarse o dirigirse a través de señales, etc.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Estos y otros aspectos de cualquier variante del método y aparato de acuerdo con la invención serán evidentes y elucidados con referencia a las implementaciones y realizaciones descritas más adelante, y con referencia a los dibujos adjuntos, dibujos que sirven meramente como ilustraciones específicas no limitantes que ejemplifican el concepto más general, y los guiones se usan para indicar que un componente es opcional, no siendo los componentes sin guiones necesariamente esenciales. También se pueden usar guiones para indicar qué elementos, que se explican como esenciales, están ocultos en el interior de un objeto, o por cosas intangibles tales como, por ejemplo, selecciones de objetos/regiones, indicaciones de valor niveles en gráficos, etc.

En los dibujos:

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un mapeo entre una representación de color/gama relacionada con un primer rango dinámico y una representación de color/gama relacionada con una representación de un segundo rango dinámico;

La Figura 2 ilustra esquemáticamente una posible realización de un aparato de núcleo de acuerdo con la presente invención;

La Figura 3 ilustra esquemáticamente cómo se puede cambiar una función de mapeo de tonos en relación con el rango de su entrada y salida, para llegar a una función de mapeo de tonos local más adecuada, en particular una que evite recorte de un color de salida por una gama física de realizables en una pantalla y/o colores representables;

La Figura 4 muestra una realización más detallada de un aparato según nuestra invención;

La Figura 5 muestra otra realización, que es relativamente barata de implementar;

La Figura 6 ilustra esquemáticamente cómo se pueden interconectar diversas versiones de nuestro aparato en una cadena de vídeo; y

La Figura 7 ilustra esquemáticamente cómo se puede implementar una realización más compleja de el método o con funciones locales de mapeo de tonos con mayor grado de variabilidad, en la que:

La Figura 7a muestra la gama en una sección transversal (luminancia, saturación),

La Figura 7b muestra la proyección triangular de la base gama en un plano de color (matiz, saturación), plano de color, y

La Figura 7c muestra una posible forma de llegar a un conjunto de funciones locales derivándolas como funciones interpoladas entre dos funciones preespecificadas a lo largo del eje de luminancia común para las dos gamas colocadas (por ejemplo, LDR a HDR), de acuerdo con alguna estrategia de interpolación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra esquemáticamente una correlación entre una primera y segunda representación de color asociada con una primera y segunda gama de luminancias presentables (también llamado rango dinámico). Sin pérdida de generalidad, asumimos que la representación del color se puede utilizar directamente para accionar una pantalla en particular, multiplicando linealmente el color con el brillo máximo de la pantalla. Por supuesto, el espacio de color puede ser, por ejemplo, un espacio de color independiente de la pantalla, lo que antes de que los colores sean representados necesita ser óptimamente mapeado para la pantalla en particular, etc. Aunque el mapeo también se puede hacer al contrario, explicaremos el ejemplo mediante el mapeo de un rango más pequeño de luminancias representables (llamado por simplicidad rango dinámico bajo LDR), a un rango más alto (rango dinámica alto HDR). Esto significa que la gama física de colores reproducibles cuando se acciona una pantalla HDR, será mayor que la de la pantalla LDR. Por simplicidad tenemos dibujado las gamas de color (que según lo dicho hemos asumido son gamas de colores definidas para gamas de referencia siendo las dos presentaciones reales del rango dinámico diverso, que por simplicidad difieren sólo en el pico de brillo y no por ejemplo, primarios de color, y por simplicidad se considera que obedecen a una función de transferencia electroóptica lineal, tienen reflexión de la placa frontal, etc.) tanto de LDR como de HDR normalizados a una luminancia máxima L igual a 1, por lo que ambos tienen la misma gama 101 de colores entonces, y el mapeo de color consiste en mover los colores a diferentes posiciones en esa gama. Es importante saber que el eje Z de la representación es luminancia lineal L , y no luma Y no lineal (por ejemplo, γ 0.45). Esto es lo que también podemos llamar el componente de brillantez de todos los colores (siendo entidades tridimensionales). En cuanto al componente cromático de los colores, los hemos definido como coordenadas CIE (x , y), pero hay otras definiciones de los planos cromáticos de color igualmente posibles para nuestra invención. En este plano de color la base de la gama va a cortar una forma triangular fuera de la herradura o círculo de color que lo rodea, y allí puede (como es bien conocido en la colorimetría), definir dos

parámetros: un ángulo que llamaremos tonalidad, y un componente del eje L acromático hacia el exterior que llamaremos saturación s (tampoco complicaremos nuestra elucidación mediante discusiones detalladas sobre las diferencias con colorido psicovisual). x e y son de hecho cantidades no lineales, ya que se definen como $x = X/(X + L + Z)$ y $y = L/(X + L + Z)$, y esa geometría de perspectiva es no lineal. Esto tiene, entre otras cosas, el efecto en los límites superiores de que la gama no son líneas rectas sino curvas, pero la explicación de nuestra invención no cambia si suponemos que son líneas rectas. Realmente nuestra invención tiene como una propiedad útil que al menos algunas formas de realización pueden evitar la necesidad de tabular la forma de límite de gama.

Ahora supongamos que tenemos un objeto en LDR 106, por lo que asumimos por simplicidad que tiene un solo color (L_LDR, x, y) , para el cual queremos determinar un color correspondiente HDR (L_HDR, x, y) . Por simplicidad asumimos que la parte cromática de la definición de color permanezca igual, y sólo la definición de luminancia normalizada cambia (pero, por supuesto, nuestros métodos pueden combinarse con un procesamiento adicional que también modifica la definición de cierta manera). La suposición es aquí entonces que un color permanece más o menos igual y parece más brillante (en la pantalla HDR) si le damos una luminancia diferente pero el mismo (x, y) .

Nótese también los efectos de la definición de luminancia RELATIVA, y cómo funciona con diferentes relaciones de mapeo. Por ejemplo, se puede desear que el color, por ejemplo, de un rostro, se vea exactamente igual en una pantalla HDR con brillo pico de 2000 nit, como en una pantalla LDR de 500 nit. Aunque la luminosidad de salida presentada $2000 * L_HDR$ será entonces igual que $500 * L_LDR$, significa que en la representación normalizada (lineal) de nuestra Fig.1, para presentar finalmente el mismo color, el L_HDR será $1/4^{\text{th}}$ de la L_LDR , lo que se puede ver desde la posición inferior del objeto a lo largo del eje L. Ahora puede haber desde luego otras relaciones de mapeo para definir el mapeo entre la primera representación de color Col_LDR y el segundo Col_HDR . Por ejemplo, puesto que está claro que un menor rango dinámico nunca puede representar colores más brillantes de la pantalla HDR, es posible que deseemos APROXIMARLO. En el caso de que el objeto sea, por ejemplo, una fuente de luz, que contiene colores de píxeles dentro de un intervalo de luminancias $[L_{min}, L_{max}]$, podríamos considerar recortar la fuente de luz en la representación de color LDR (aunque no en Col_HDR) de manera que, por ejemplo, L_{min} está muy cerca de 1 (en una representación de 8 bits, puede ser 253, por ejemplo). Sin embargo, será útil en muchas realizaciones que condicionemos nuestros mapeos de modo que sean en gran parte invertibles, en particular que no pierdan demasiada información de la representación de color HDR en caso de que queramos recuperarla desde el LDR, tal como sucede, por ejemplo, en caso de recorte o cuantificación severos, etc. Así, quizás deseemos hacer algo más complejo con el objeto de la lámpara que un recorte lineal simple, lo que se denomina gradación del color, y si se quiere la más alta calidad, normalmente no lo hace un algoritmo automático, sino al menos parcialmente corregido (desde un primer mapeo automático en gradación semiautomática) por un graduador de color humano, un artista con gusto y experiencia en la definición de los colores de la mejor manera posible para una pantalla HDR y una pantalla LDR, es decir, como representaciones Col_HDR y Col_LDR .

Debe quedar claro para el lector experto que nuestro método se puede aplicar para transformar colores en cualquier escenario, por ejemplo, por un software de corrección de fotos, pero también, por ejemplo, dentro de un módulo de optimización de color de un procesador de imagen IC en un televisor HDR, o cualquier aparato de procesamiento de imagen intermedio, un servicio de optimización de imágenes que se ejecuta en un ordenador en red remoto, etc. Sin embargo, queremos dilucidar más a fondo esta invención cuando parte de un códec HDR que inventamos recientemente. En este códec representamos un grado maestro HDR de entrada (supongamos, por ejemplo, codificado con 16 bits o 32 bits lineales L, o como 3x16 bits lineales RGB, o codificado en una representación flotante, etc.) como, por ejemplo, una imagen LDR compatible de 8 bits (o, por ejemplo, 10 bits) en retroceso (que puede comprimirse con la compresión heredada como MPEG2, AVC, HEVC, o VP8, etc.), pero, también con una estrategia de mapeo de color (tono/luminancia) como metadatos menos (al una función de mapeo de tonos $L_HDR = F(L_LDR)$, pero posiblemente más estrategias de transformación de color codificadas) para obtener la representación de color HDR (Col_HDR) de cómo se codificó como una imagen LDR (con píxeles definidos en Col_LDR). Es decir, hemos logrado por gradación de la imagen HDR una imagen LDR que se puede utilizar directamente para la representación de LDR, y parece razonablemente buena, según lo aprobado por el trabajo de gradación para el creador o propietario del contenido. Si esta imagen LDR se muestra directamente en una pantalla HDR, no parece tan buena, sin embargo, ya que, aunque todos los objetos pueden ser reconocibles, típicamente muchos de los objetos de la escena pueden aparecer brillantes, es decir, no experimentan gradación óptimamente para una pantalla HDR. Poniendo de nuevo todas las luminancias y colores de los objetos en las posiciones de lo que el creador de contenidos prescribió, el grado HDR dicta, es lo que los algoritmos de mapeo de color codificados en los metadatos cuando se aplican al LDR imagen. Ahora esta decodificación de la imagen LDR para obtener una imagen HDR para accionar la pantalla HDR, puede (como algoritmo de mapeo o parte de un conjunto de algoritmos) realizaciones del presente método.

Así, la descripción de ejemplo específica puede referirse a un sistema en el que una imagen LDR es típicamente generada (semi)automáticamente a partir de una imagen HDR original. La imagen LDR se distribuye y se puede procesar directamente por una pantalla LDR. Además, uno o más las funciones de mapeo de tonos pueden distribuirse con el LDR donde las funciones de mapeo de tonos proporcionan información sobre cómo se puede generar una imagen HDR a partir de la imagen LDR. Las funciones de mapeo de tonos pueden describirse funciones adecuadas de transformación de luminancia que se pueden aplicar a la imagen LDR para generar una imagen HDR que se asemeja mucho a la imagen HDR.

El mapeo de tonos para mapear una imagen HDR a una imagen LDR existe en varias versiones anteriores, y existen también algunos algoritmos de autoconversión muy aproximativos para transformar una imagen LDR de entrada (por ejemplo, de un DVD o BD vídeo) en una imagen HDR con una representación de color más adecuada para la representación de HDR, es decir, por ejemplo, maximizar la utilidad de la pantalla HDR haciendo que los objetos más brillantes sean especialmente brillantes. Por ejemplo, uno podría detectar objetos brillantes que son "luces" en la imagen LDR (por ejemplo, regiones pequeñas, tales como reflejos especulares, recortadas a 255), y luego luminancia los potencia considerablemente en comparación con la escena en la codificación HDR (o de hecho en la codificación HDR normalizada los mantiene en 255, pero reduce las luminancias [o para realizaciones que no satisfacen en nuestra elucidación simplificada codifica los colores con una codificación de luminancia, se adapta mediante la reducción de los valores de código/lumas correspondientes a esas luminancias] de todos los demás objetos de escena en comparación con las luminancias LDR), para que destaquen como brillantes en el resto de la escena. En nuestro ejemplo del objeto 105 de luz en la Fig. 1, eso podría significar que en la representación HDR no codificamos la luz con un $L_{HDR} = 1/4$ de L_{LDR} , sino, por ejemplo, $0.8x L_{LDR}$. Luego representará tales luces (es decir, la luminancia de salida presentada final de la pantalla) tan brillante como sea posible en la pantalla LDR, y excepcionalmente brillante en la pantalla HDR. El mapeo de tonos en la gama de color normalizada colocado específica entonces que debemos multiplicar la luminancia de los píxeles de la luz en la imagen LDR por 0,8, antes la potenciación final realizado por la multiplicación final por el brillo máximo de la pantalla HDR de 2000 nit.

Sin embargo, normalmente en la técnica anterior esta correlación de tono se hace primero, y luego una corrección de color donde sea necesario. De hecho, en muchos procedimientos de la técnica anterior se aplica primero una luminancia que puede resultar en recorte o cambio de color para algunos píxeles, y con una posterior corrección de color tratando de hacer frente a esas distorsiones. Por supuesto si los deslizadores para las diferentes transformaciones colorimétricas trabajan en paralelo, un realizador de gradación manual puede hacer lo que desee, pero tendría sentido poner primero las luminancias (o brillos) correctos, y luego realizar alguna transformación de color (en particular porque el color es dependiente de la luma, en muchas aplicaciones). De hecho, por lo general, aunque colorimétricamente y psicovisualmente incorrectas, pero por supuesto simples (si usted no está demasiado preocupado por errores de color relativamente grandes), las personas hacen el procesamiento en los espacios de codificación de color no lineales, como, por ejemplo, YCrCb. Esto se convierte en última instancia en una señal de accionamiento RGB para la pantalla, y típicamente conduce a excesos o a bajas cantidades de al menos uno de estos errores primarios, es decir, de color. Si se piensa que el mapeo de color mientras se conserva el valor de luma Y es la forma de procesar (por ejemplo, en un rango de colores de cromaticidad variable), uno debe darse cuenta de que tal procesamiento ni siquiera conduce a las luminancias correctas, ya que la luma no lineal es diferente de una luminancia. Así, aunque la variación de la luminancia, por ejemplo, diferentes colores en la misma imagen pueden en algunos casos ser lo suficientemente pequeños como para ser aceptablemente de poca preocupación, el error existe, y puede a veces ser objetable. Un peor error proviene del tratamiento de los CrCb como si fueran coordenadas de cromaticidad independientes de la luminancia. El cambio de tales coordenadas puede tener consecuencias tanto en la luminancia final del objeto, y su color cromático (es decir, matiz y saturación). Y en algunos escenarios, errores de matiz incluso pequeños pueden ser problemáticos (téngase en cuenta que la visión humana puede discernir errores de un par de nanómetros, o, en otras palabras, dependiendo en las condiciones de visualización y del experimento, se puede decir que al menos 100 diferentes tonalidades a lo largo del círculo son relevantes). También un espacio como RGB no es completamente intuitivo y simple de usar, incluso para graduadores muy experimentados, debido a la no linealidad, siempre puede aparecer alguna decoloración (inesperada), y especialmente si se dispone de pocos algoritmos (quizás no bien entendidos) para jugar (y las UI pueden ser demasiado gruesas, por ejemplo se puede querer para cambiar la forma de una curva de mapeo de tonos en una forma particular, pero no se puede establecer con suficiente precisión), puede ser difícil efectuar todas las correcciones de color hasta el final (especialmente de forma sencilla y rápida). Por ejemplo, los controles RGB parecen relativamente simples, ya que si la imagen parece demasiado verdosa uno puede disminuir algo el verde, e incluso para curvas no lineales extrañas se tiene ya rápidamente un aspecto un poco menos verdoso en promedio.

Sin embargo, ¿qué pasa si se quiere hacer a la imagen más amarillenta para lograr un efecto nocturno acogedor? Se necesita entonces controlar R y G, pero entonces sigue siendo particularmente amarillo. Si se ajusta el control deslizante gamma con un software de procesamiento de imágenes HDR tal como, por ejemplo, Photomatix, se pueden encontrar problemas como colores falsos en los negros o colores incorrectos para luminancias intermedias.

Si hay alguna no linealidad todavía en el sistema entre donde son regulados los colores y donde se efectúa la determinación colorimétrica de los colores (es decir, la representación de pantalla que añade luz lineal), se corre el riesgo de decoloración. Por ejemplo, si se quiere aumentar el brillo de la mezcla de blanco y un color, se podría cambiar en el espacio lineal (W, c) en $K^2 * W^2 + c^2$. Esto implicaría, por supuesto, cantidad de desaturación.

Cambiar sin embargo en $(K * W + c)^2$, implicaría un término de mezcla adicional $2K * c$, que depende de la cantidad de color c , es decir, esta resultaría en un color diferente representado finalmente. A veces los colores parecen salir demasiado apastelados o demasiado artificiales o altamente saturados según nuestras preferencias.

Hay un control deslizante de saturación de color que se podría usar para tratar de corregir esto. Algunas personas pueden usar expresamente esto para atraer alguna mirada (adicional) a la imagen. Por ejemplo, se puede tener una calle brumosa bajo luz de calle de la tarde, y se puede aumentar entonces la saturación algo más allá de la natural

para darle una apariencia amarillenta navideña. Algunas personas incluso parecen preferir perfiles extremos como un perfil Grunge muy saturado, pero enfocaremos la elucidación de nuestra invención para cuando se va hacia colores más naturales. En cualquier caso, conseguir los colores en sus tres coordenadas colorimétricas sobre toda la imagen (y para vídeo consistente sobre pasos de imágenes sucesivas) no es siempre una tarea sencilla. También depende de cómo se define la transformación del color, especialmente si el nivelador quiere aplicar funciones de mapeo de tonos un poco más burdas (lo que tal vez no ocurra a menudo bajo corrección normal del color con gamas casi iguales, como la corrección para programas de múltiples cámaras en el campo, pero altamente probable cuando tienen que ser mapeados rangos de luminancia importantes con varios subrangos de luminancia para mostrar gamas de muy diferente capacidad), se debe tener cuidado de que los colores no se vuelvan demasiado extraños, incluso tan demasiado extraños que no se puedan corregir más fácilmente. En nuestro ejemplo de HDR codificado como metadatos de legado LDR + para el mapeo de tono/color de LDR a HDR (lo que puede ser llamado codificación HDR de "contenedor LDR"), debemos asegurarnos de que si creamos la imagen LDR correspondiente al grado maestro HDR, sus colores deben no ser muy diferentes del grado maestro, y preferiblemente incluso ser lo más parecidos posible según criterio o estrategia de calidad, por ejemplo, al menos los colores más oscuros se representan de la misma manera en ambas pantallas, en tanto la gama de la pantalla LDR lo permita.

Así, en muchos escenarios, es altamente deseable que pueda ejecutarse una conversión de, por ejemplo, imágenes LDR a HDR que no introduzca cambios de color significativos en la imagen. Esto a menudo es muy difícil de hacer y especialmente la mayoría de los enfoques de la técnica anterior tienden a introducir distorsión de color cuando se convierte entre rangos dinámicos de luminancia con estas distorsiones necesitando entonces ser abordada posteriormente (o debe aceptarse la correspondiente degradación).

La figura 2 muestra esquemáticamente cómo puede verse genéricamente un aparato 201 de procesamiento de color de imagen que cubre las realizaciones de nuestra invención que permiten el comportamiento central del método. El lector experto entenderá que esta parte del módulo central puede enlazarse con otros módulos para, por ejemplo, almacenar o suministrar colores de píxeles, unidades que usan el color mapeado o al menos su luminancia L^* (salida mapeada), etc., y que estos bloques básicos pueden realizarse, por ejemplo, de forma integrada como un programa de software que se ejecuta en un procesador. Una unidad 202 de determinación de un mapeo de tonos determina una entrada o mapeo TM^* de tonos de referencia para el píxel actual. En realizaciones más simples este mapeo de tonos de entrada/referencia se puede haber determinado sobre la base de cómo son distribuidos los valores de luminancia de los objetos de la imagen de entrada por mapear, y podemos tener una función global de mapeo para una imagen (o un plano de imágenes, etc.). Así, el mapeo de tonos de entrada puede ser un mapeo que no es específico para un píxel individual, pero que puede ser la base de la dinámica para una pluralidad de píxeles, tal como, por ejemplo, una región de la imagen o conjunto de imágenes, y toda la imagen o un grupo entero de imágenes. El mapeo del tono de entrada puede ser un mapeo que no es específico de la cromaticidad individual pero que puede ser la base de la conversión del rango dinámico para una pluralidad de cromaticidades diferentes, y específicamente puede ser completamente independiente de las cromaticidades (y sólo puede ser una función de la luminancia). El mapeo de tonos de entrada puede ser una función de referencia que prescribe una relación entre luminancias de entrada y luminancias de salida.

De acuerdo con las enseñanzas de realizaciones de nuestro método, queremos transformar entonces este mapeo en nuevos mapeos para diferentes subrangos cromáticos (por ejemplo, matiz, saturación), por ejemplo, por valor de las cromaticidades de entrada (x, y). Así, en la metodología, el mapeo de tonos de entrada específicos de no cromaticidad puede adaptarse a un mapeo de tonos que es específico para valores o rangos de cromaticidad específica. El mapeo de tonos ajustado puede ser específicamente uno que refleje las características del mapeo de tonos de entrada (por ejemplo, en términos de la forma o variación de la curva que relaciona las luminancias de entrada y salida) pero que se ha ajustado para adaptarse a las características específicas de la cromaticidad del píxel que se está transformando. Específicamente, el mapeo de tonos ajustado se genera en dependencia de un parámetro de valor/cantidad que sea indicativo de la luminancia máxima que es posible para convertir la cromaticidad del píxel. Por lo tanto, el mapeado de tonos ajustado que se aplica al píxel puede reflejar el mapeo de tonos de entrada (que, por ejemplo, se puede especificar por metadatos recibidos con los datos LDR) sino también las características específicas del píxel individual. La metodología puede utilizarse específicamente para introducir una conversión entre las luminancias de los diferentes rangos dinámicos garantizando al mismo tiempo que no se introduzca distorsión del color y por lo tanto no requiere un postprocesamiento del color. Así, la conversión de luminancia mejorada sin degradaciones de color puede lograrse en muchos escenarios.

Por supuesto, nuestro método funciona también con estrategias de mapeo de tonos mucho más complicadas donde hay varias estrategias de mapeo de tonos definidas, por ejemplo, el mapeo de tonos también puede determinarse, por ejemplo, con base en de qué área de la imagen proviene el píxel, etc. Normalmente en una configuración de realización, mapeo de tonos TM^* de entrada/referencia para ser optimizado para una determinada región cromática de la gama de codificación del color, por ejemplo, un valor(x, y), dependerá de al menos un mapeo de tonos TM suministrado, que puede, por ejemplo, ser (pre)creado por el nivelador para la imagen completa (por ejemplo, una función gamma con coeficiente $gam > 1$, que principalmente ilumina las regiones más brillantes u oscurece regiones menos brillantes). Cuando decimos precrear, el lector entenderá que esto podría ser al mismo tiempo el momento en caso de que el aparato 201 de procesamiento de color de imagen forme parte de un motor de gradación en el punto de gradación, pero TM también puede provenir de, por ejemplo, una memoria desmontable como, por ejemplo, un

disco BD o sobre una conexión de red, si el aparato 201 forma parte de, por ejemplo, una televisión o pantalla, y el mapeo de tonos TM se determinó meses antes. En caso de que sólo tengamos un solo tono de mapeo TM, podría ser transmitido directamente (como el mapeo de tonos de entrada TM*) a una unidad (203) de deformación de mapeo de tonos, haciendo la unidad 202 opcional, sin embargo, como veremos más adelante, puede haber realizaciones en las que se determinan varias funciones de mapeo de tonos (al menos una) adicionales (o en estrategias generales) para diferentes cromatografías (x, y), las que serían ejecutadas entonces por la unidad 201.

Así, en algunas realizaciones, el mapeo de tonos de entrada TM* puede ser el único mapeo de tonos de referencia considerado y disponible. En otras realizaciones, el mapeo de tonos de entrada TM* puede seleccionarse desde una pluralidad de posibles mapeos de tono de referencia.

La unidad 203 de deformación de mapeo de tonos puede determinar específicamente un nuevo mapeo de tonos, referido como el mapeo de tonos ajustado, el cual está conformado a una luminancia máxima posible en la gama de pantalla normalizada (o en el caso de realizaciones equivalentes no normalizadas, la más limitada de las dos gamas) para el valor (x, y) del color de píxel que se está procesando, a saber $L_{max}(x, y)$. Específicamente, la función de mapeo de tonos puede ser reestructurada relativamente a las luminancias entrantes L (que se sabe que caen entre [0, 1] en la representación normalizada), por lo que se puede realizar un comportamiento similar si se aplica (parcial o totalmente) a la función de mapeo de tonos, o su parámetro de entrada L.

Se explica un ejemplo simple posible en la Figura 3 de cómo esta configuración de curva de mapeo de tonos puede implementarse.

Contrastando con los métodos de mapeo de tonos para generar una imagen de mayor o menor rango dinámico de luminancia (es decir, para usarse con un pico de brillo diferente) que primero determinan las luminancias (o lumas) y luego modifican los colores (generalmente para corregir los errores ocurridos en el primer paso), nuestro método comienza típicamente con la parte cromática del color, por ejemplo, (x, y), y lo deja sin cambios (por lo que el aspecto cromático de los objetos de imagen es ya en gran medida correcto). Así, la parte cromática del color/píxel de salida se selecciona para que sea el mismo que la entrada. Así, el (x, y) de salida se puede fijar para ser idéntico a (x, y) de la entrada. El sistema cambia la luminancia para ese color bajo la restricción de mantener la cromaticidad (x, y) constante (lo que es fácil de hacer, solo se tiene que cambiar unidimensionalmente el componente L de los colores de los píxeles). Por lo tanto, para una representación xyY, la xy de la salida se establece igual a la xy de la entrada, y el Y de la salida se genera a partir del Y de la entrada con base en el mapeo de tonos ajustado.

Por supuesto, el lector experto entiende que también con nuestro método podemos partir de este principio de inicio de mantener absolutamente inalterada la cromaticidad, por ejemplo, si el graduador quisiera hacer otra sintonización de color por cualquier razón. Pero típicamente nuestro método funcionará de modo que se determina un nuevo color con un mapeo desde la luminancia original hasta la final (L a L*, o, por ejemplo, L_LDR a L_HDR) manteniendo una cromaticidad de salida (x, y) * después de procesar igual a (x, y) del color de entrada, y luego opcionalmente que (x, y, L*) puede, donde se desee, ir a través de otra operación de transformación de color para modificar la apariencia cromática del (de los) color(es).

Supongamos ahora que el nivelador ha determinado una función 301 de mapeo de un solo tono para la imagen (o tal vez un plano de imágenes sucesivas de una escena en la película), que digamos se determina en gran medida dependiendo del comportamiento del color de los colores acromáticos (es decir, los grises en el eje L que funcionan con rango de L_LDR en [0, 1] y L_HDR en [0, 1]). Esta función de ejemplo tiene primero una pequeña pendiente para las regiones oscuras, ya que las luminancias del HDR se incrementarán finalmente en comparación con la codificación por un factor BRILANTEZ DE PICO_HDR/BRILANTEZ DE PICO_LDR del brillo máximo o máximo deseado de las dos pantallas, y porque podemos tener como criterio de calidad de la representación que queremos que estos colores oscuros sean (casi) el mismo en ambas pantallas. Después para colores más brillantes (que pueden ser, por ejemplo, los colores de escena al aire libre como se ve a través de ventanas de una habitación más oscura que en la que estaba situada la cámara) empezamos aumentando los colores con una pendiente cada vez más empinada para hacerlos relativamente brillantes en la pantalla HDR. En este ejemplo hemos considerado que existen luces que son, por ejemplo, demasiado brillantes para la comodidad en una pantalla HDR (tal vez para un usuario dado, si el mapeo de tonos TM fue perfeccionado por él en el extremo superior a partir de un tono base del creador de la película), así que en lugar de accionar la pantalla HDR a su máxima luminosidad posible, en este ejemplo el mapeo de tonos se niveló un poco para las regiones de imagen más brillantes. Un ejemplo de tal entrada o mapeo de tonos de referencia se muestra mediante la curva 301 en FIG. 3. La función 301/mapeo de tonos de la FIG. 3 es así un mapeo de tonos genérico que en el enfoque descrito se adapta a las características de la cromaticidad específica (x, y). Por lo tanto, puede desearse para el mapeo de tonos características que se reflejen en el mapeo de todas las cromaticidades. Sin embargo, para algunas cromaticidades luminancia máxima posible es sustancialmente menor que la luminancia máxima para la gama (es decir, para blanco), y por lo tanto sólo un subconjunto de la curva sería utilizado si la curva 301 se utilizara directamente para el mapeo de tonos. Por ejemplo, para un rojo saturado, sólo las características de la gama de luminancia baja y media y el desprendimiento de la gama alta no se reflejarían en la transformación.

Una pregunta es entonces cómo se puede conformar en un ejemplo simple esta función de mapeo de tonos 301, para obtener un nuevo mapeo de tonos de acuerdo con nuestra invención 302 para cada (x, y) particular, que se utilizará para determinar la luminancia L^* de salida para una luminancia de entrada del color actual del píxel corriente de decir $L_{in} = 0.6$. Podemos estirar la función por simple multiplicación lineal, para que produzca como salida L_{HDR} el valor máximo admisible de luminancia $L_{max}(x, y)$ para ese (x, y) en caso de que el color de entrada tenga ese valor máximo permitido como luminancia L . Por ejemplo, si el punto final de la curva 301 era $(1,0,1,0)$, y $L_{max}(x, y)$ para el píxel actual en el borde de la gama es 0,8, comprimiríamos esa curva para que terminara en $(0,8,0,8)$.

Dado que sabemos que el color de entrada que va a ser mapeado nunca puede tener una luminancia de 0,8 para tal cromaticidad, pero puede tener una luminancia menor de 0,8 (por ejemplo, 0,6), sabemos que una relación lineal función escalada para luminancias más bajas nunca resulta en un L_{HDR} por encima de 0,8 (siempre que se escala el máximo de cualquier función de mapeo se utiliza en ese 0,8). Así que nosotros ya nos hemos encargado del hecho de que no ocurra ningún recorte, recorte que típicamente da como resultado artefactos de color severos.

Así, como un ejemplo, en la FIG. 3, la curva 301 se modifica de modo que se ajuste a la luminancia máxima en las gamas para la cromaticidad del color de entrada. En el ejemplo, las gamas de entrada y salida se basan en primarias que tienen las mismas cromaticidades y, por lo tanto, la luminancia máxima relativa para cada cromaticidad es la misma. Por ejemplo, en el ejemplo, la luminancia máxima para el color considerado es 0,8 de luminancia máxima en las gamas (es decir, para blanco). Por consiguiente, la curva 301 se ajusta de tal manera que los extremos de la curva están en las luminancias máximas para la cromaticidad (es decir, a $(0,8, 0,8)$ en el ejemplo específico). Un ejemplo de tal mapeo 302 de tonos ajustado se ilustra en la FIG. 3.

El mapeo 302 de tonos ajustado puede tener específicamente una forma correspondiente al mapeo 301 de tonos de entrada, pero comprimido en el rango correspondiente a posibles luminancias para la cromaticidad específica. Como resultado, la transformación de luminancia no sólo reflejará características de parte del mapeo de tonos de entrada, sino que refleja las características de toda la curva. El enfoque por lo tanto no sólo se asegura de que no se introduzca el recorte por la transformación de luminancia (y por lo tanto la cromaticidad no se modifica), sino que también permite una transformación más en consonancia con, por ejemplo, las preferencias de los graduadores para la transformación.

Una cuestión relacionada con esta metodología es la de cuáles funciones de mapeo se desean en varias realizaciones del aparato 201 y el método. Podríamos usar, por ejemplo, cualquier función invertible (es decir, mapeo uno a uno de L_{LDR} y L_{HDR}). Puesto que podemos entonces mapear desde HDR a LDR y hacia atrás (sin embargo, algunas realizaciones de nuestras invenciones pueden utilizar también funciones no invertibles, por ejemplo, en aplicaciones donde sólo queremos transformar desde LDR a HDR puede ser aceptable si por alguna razón algunos colores LDR diferentes se asignan a colores HDR idénticos, aunque generalmente desde un criterio visual de calidad que es menos preferible). Por ejemplo, una función discreta que mapea (cuando está indicado en la formulación $[0,255]$) $L_{LDR} = 0$ a $L_{HDR} = 1$, 1 a 3, 2 a 2, 4 a 5, 6 a 12, 7 a 8, etc. sería invertible. Pero más preferiblemente usaríamos funciones monótonas (de hecho, las funciones monótonamente crecientes), de modo que el orden de luminancia entre colores en la imagen LDR y HDR no cambia (demasiado), y algunas variantes pueden no quieren cambiar diferencias o fracciones de sucesivos colores en ambos cuadros tampoco por demasiado. Pero la función de mapeo no tiene que ser de primer orden continua (es decir, puede ser un mapeo de discontinuidad, por ejemplo, 128 a 200, 129 a 202, y 130 a 1000, y 131 a 1002). Algunas realizaciones pueden utilizar funciones continuas, que, por ejemplo, se componen de segmentos de funciones de potencia (por ejemplo, multilínea, eje con múltiples curvaturas) o de forma similar, y pueden ser generados por un control graduador de arrastre por puntos. O un graduador puede dibujar algunos puntos de control y se interpola una función entre ellos. Por lo general, las funciones implementarán algún comportamiento local para regiones de color en la imagen, brillo y/o contraste modificándolos. Así, las pendientes locales de las funciones podrían variar bastante, siempre y cuando no se conviertan en cero, lo que haría la función no invertible. El graduador también puede usar, por ejemplo, un botón que alterna entre los $(gam = 1,2, 1,5, 2, 2,5, 3, \dots)$, o diseñar funciones de compresión local como curvas S, etc. Ahora este algoritmo funciona bien (especialmente si también se limita la selección de las funciones por usar) debido a un cierto número de propiedades colorimétricas.

Con un algoritmo de la técnica anterior que se enfoca predominantemente sobre la especificación de luminancia (es decir, fijar primero y luego modificar (x, y) * para corregir la distorsión de cromaticidad), se podría, por ejemplo, transformar el color de entrada $(x, y, 0.6)$ en $(x, y, 0,28)$ (color 308). Sin embargo, con nuestro algoritmo presentado aquí se obtendría el color de salida Col_{HDR} siendo $(x, y, 0,37)$, es decir, la cromaticidad sería inherentemente la misma. La luminancia puede estar un poco "apagada", pero al menos el color parece el mismo. Según lo que el criterio y prueba es, a veces el brillo del color es más importante que la tonalidad, por ejemplo, (por ejemplo, para crear impacto en una imagen), pero en muchas aplicaciones como nuestra codificación $LDR_{Container}$ que tiene un tono incorrecto, o la saturación puede ser un problema más grave (esto también depende de qué objeto se está representando (por ejemplo, una cara), bajo qué situación, etc.). El espectador realmente se preocupa por la luminosidad absoluta de un color: si no ve la escena original, y siempre y cuando no se convierta en algo antinaturalmente brillante. Por ejemplo, mientras una lámpara en la imagen sea excesivamente brillante, ya tenemos un efecto HDR. Y eso parecería diferente en un HDR más brillante (10000 nit) o más oscuro (2000 nit) de todos modos si lo ejecutamos con la misma codificación de color. Especialmente importante, muchos colores se ven

diferentes en la pantalla LDR, ya que no podemos hacerlos lo suficientemente brillantes de todos modos, por lo que cada algoritmo de mapeo de tonos ya tiene que hacer sacrificios. Así lo que haría del criterio "todos los colores deben tener comportamiento de luminancia idéntico cualquiera que sea su cromaticidad", es decir, su mapeo de luminancia se determina por una la curva de mapeo determinada para el eje acromático, sólo un buen criterio. En segundo lugar, aunque uno de los criterios fuera el correcto, el campo de las diferencias 310 de color (o de hecho diferencias de luminancia normalmente) es normalmente, si ya no pequeña, por lo menos suavemente variable sobre el plano de color. Ahora tales variaciones suaves ya son difíciles de ubicar pues el espacio de color es muestreado escasamente por los objetos concretos presentes en la imagen, pero en vídeo rápido, excepto si se tienen fluctuaciones molestas de nivel de transcurso, el espectador se concentrará en la historia en lugar de los pequeños cambios de color. Tales desviaciones también son permitidas porque la visión humana de color estima la verdadera naturaleza espectral de objetos de escena con sólo tres conos, que además no están perfectamente diseñados matemáticamente, pero sin embargo sucedió que la evolución ha cambiado los animales. Por lo tanto, en regiones de muestreo no perfectamente superpuestas, el cerebro tiene cierta dificultad para, al mismo tiempo, juzgar con precisión el tono, y también el brillo y colorido/saturación. Así, aunque el sistema visual humano puede ser increíblemente discriminatorio a veces, en otras ocasiones presentes en la práctica puede juzgar la representación del color al menos lo suficientemente razonable. Además, esta estrategia puede ser interpretada por el cerebro como objetos de color local que modula un solo mapeo de tonos/iluminación conformada por las características espectrales correspondientes a sus cromaticidades, ya que el límite superior de la gama de la pantalla sigue aproximadamente cómo los objetos de varios colores se comportan en cuanto a luminancia (es decir, filtrando parte de la luz, por ejemplo, por absorción).

Así que no sólo este mapeo produce buenos resultados colorimétricos, sino también es fácil de implementar, lo que es tanto útil en aparatos del lado del nivelador (que pueden hacer cambios rápidos de gradación en tiempo real), y productos de consumo tales como, por ejemplo, pantallas, como pantallas móviles, o aparatos de manejo de imágenes como descodificadores, que en vista de la erosión de precios puede desear bloques IC simples de procesamiento de imágenes.

Debido a la relatividad, el escalamiento de una función es equivalente a los ejes de escalamiento. Por supuesto, en una forma más genérica de nuestro método, la función no necesariamente debe ser simplemente escalada, puesto que puede, por ejemplo, también ser deformada adicionalmente en su parte inferior correspondiente a colores más oscuros, siempre y cuando se ejecuten transformaciones de color dentro de la gama, es decir, típicamente para funciones monótonas, el valor superior (en principio tanto del argumento como del resultado de la función, es decir L LDR y L HDR, pero al menos el L HDR máximo posible resultante en el caso de, por ejemplo, un procedimiento de mapeo matemático que contenga las prescripciones del paso de transformación en lugar de una función simple; por ejemplo, también se ejecuta un comportamiento no fuera de gama si no hay entradas iguales a $L_{max}(x, y)$ pero, por ejemplo, iguales a $a \cdot L_{max}(x, y) + b$ se mapean a $L_{max}(x, y)$, aunque las formas de realización sencillas sólo utilizarán $a = 1$ y $b = 0$) coincide con el local para la luminancia de cromaticidad máxima $L_{max}(x, y)$.

La Fig. 4 muestra un ejemplo de cómo se puede ejecutar el mapeo de color de nuestro método en caso de que utilicemos el mapeo de tonos como se especifica (es decir, no deformado, no escalado), pero realizan el mismo comportamiento transformando el valor de entrada de L_LDR . Cualquier lector experto en colorimetría entenderá cómo puede cambiar o sustituir unidades que, por ejemplo, usan otra especificación colorimétrica de color de entrada en diversos aparatos de manipulación de color (por ejemplo, una parte del sensor de cámara cuando el método se aplica en la cámara para obtener una imagen JPEG de salida).

Una fuente 401 de datos de imagen suministra la información de pixel de color en esta realización del procesamiento 201 del color de la imagen. La fuente puede ser, por ejemplo, una memoria, una conexión de red, una unidad de generación de imágenes como, por ejemplo, una unidad de generación de gráficos por ordenador o un sensor de cámara, etc. Uno (integrado) o varios (primero, segundo, tercero) convertidores (402, 403, 404) de espacio de color convierten los píxeles de color (por píxeles, o incluso con base en la información regional de imagen, etc.), desde un espacio de color inicial (como YCrCb si la fuente de color es, por ejemplo, una televisión codificada, por ejemplo, a partir de un satélite a través de un aparato receptor), por ejemplo, R'G'B' no lineal (el ' denota un gamma de, por ejemplo, 0,45), y luego a RGB lineal. En este RGB lineal queremos para hacer procesamiento, porque tiene propiedades útiles (aunque nuestro método también podría ser diseñado alternativamente para trabajar, por ejemplo, en un espacio no lineal). Una unidad 405 de análisis de imágenes analiza la imagen, y en este ejemplo el color actual del pixel. De sus tres componentes de color R, G, y B, determina el más alto, llamado maxRGB. Entonces si el color es, por ejemplo, en coordenadas normalizadas 0,9, 0,3, 0,85, entonces maxRGB = 0,9. Este valor maxRGB es importante, porque el recorte se produce cuando uno de los valores de conducción, después de una transformación de color, debe ser superior a 1,0. Los errores de color también pueden ocurrir cuando uno de los valores disminuye por debajo de 0,0, y podemos mutatis mutandis diseñar nuestro algoritmo teniendo en cuenta esa consideración (alinear un parte de la curva de mapeo, por ejemplo), o incluso considerar que los valores deben ser más altos que, por ejemplo, 0,1 en vista de la iluminación circundante en la pantalla frontal, que corresponde a limitar la gama con una superficie limitante inferior que no está el plano de fondo ($L = 0$). Sin embargo, para simplificar se asumirá que el comportamiento alrededor de 0 es simple y explica nuestro algoritmo sólo con el comportamiento limitante en el extremo alto de luminancia de la gama.

En el ejemplo de la FIG. 4, se determina el máximo (maxRGB) de los componentes de los canales de color que representan la entrada, es decir, en el ejemplo específico se determina el componente más grande de los canales de color R, G o B. Este valor es una cantidad indicativa de la luminancia máxima para la cromaticidad del color/píxel de entrada y específicamente refleja la relación entre la luminancia actual y la luminancia máxima que es posible en la gama sin recorte. Por ejemplo, para un color de entrada dado por los valores RGB = (0.9, 0.3, 0.85) el valor maxRGB = 0.9 indica que la luminancia del color de entrada es del 90% de la máxima luminancia posible. De hecho, esto refleja que el máximo aumento relativo de luminancia posible para esa cromaticidad sin ningún recorte es una escala de $1/0.9 = 1.11$. Así, la luminancia máxima para un color de entrada con la cromaticidad es (1, 0.33, 0.94). El valor maxRGB proporciona así una cantidad que se utiliza para adaptar el tono de entrada para generar un mapeo de tonos ajustado específico a esta cromaticidad.

En el ejemplo específico de la Fig. 4, la luminancia de entrada al mapeo de tonos ajustado es la luminancia L desde el tercer convertidor 404 de espacio de color y luminancia ajustada resultante para el color de salida es el valor L^* que depende tanto del mapeo de tonos de entrada y de los valores maxRGB. Por lo tanto, la luminancia de salida ajustada L^* depende del mapeo del tono de entrada, de maxRGB y de la luminancia de entrada.

En el ejemplo específico de la Fig. 4, el mapeo de tonos ajustado se basa en el mapeo de tonos de entrada pero adaptado mediante escalamiento tanto de los valores de la entrada como de la salida del mapeo de tonos de entrada. De hecho, primero la luminancia L de entrada es escalada por un primer factor de escala en un primer escalador 406 para generar una luminancia escalada. El mapeo de tonos de entrada se aplica entonces a esta luminancia escalada en el mapeo de tonos por 407 y la salida resultante es escalada entonces por un segundo factor de escala en un segundo escalador 408 para generar la luminancia de salida ajustada L^* . Los factores de la primera y segunda escala son recíprocos entre sí, y por lo tanto el segundo escalador 408 compensa el efecto del primer escalador 406.

Además, los factores de escala primero y segundo se determinan a partir de la indicación de la luminancia máxima para la cromaticidad. En el ejemplo específico, el primer factor de escala es igual al recíproco de la luminancia máxima para la cromaticidad y el segundo factor de escala es igual a la luminancia máxima para la cromaticidad. Por lo tanto, efectivamente la metodología proporciona una normalización de la luminancia de entrada con relación al valor máximo posible de luminancia para la cromaticidad, y luego se aplica el mapeo de tonos de entrada a la luminancia normalizada. El segundo factor de escala multiplica el resultado por el valor máximo de luminancia para la cromaticidad para revertir la normalización. El efecto general es que el mapeo de tonos de entrada se ajusta a la luminancia máxima específica para la cromaticidad. Por ejemplo, el enfoque corresponde al escalamiento ilustrado para las curvas 301 y 302 en la FIG. 3. En el ejemplo específico, la luminancia máxima para la cromaticidad se calcula como la luminancia de entrada dividida por el valor maxRGB.

Por lo tanto, la metodología se basa en la consideración de que queremos aplicar nuestra curva 301 de mapeo de tonos normal, no a la luminancia original del píxel L, sino a alguna luminancia modificada L^* , que es multiplicada, por ejemplo, por un factor 2, si se obtuvo el mapeo 302 de tonos escalado dividiendo el original 301 por un factor 2.

Por lo tanto, si la luminancia del píxel actualmente procesado estuviera en el límite de la gama (es decir, L sería igual a $L_{max}(x, y)$, digamos 0,8), se aplicaría el procesamiento escalado, es decir, tratar la entrada/argumento como si fuera 1.0, y tratar la función resultado/salida como si fuera era 1,0, pero ahora escalada a 0,8. Si L es la mitad del valor máximo para la curva escalada, es decir, 0,4, lo trataríamos como si el valor de entrada escalado L_s fuera la mitad de la valor máximo para la curva original 301, es decir 0,5, y buscaríamos la salida de la función para ese valor.

En el ejemplo de la FIG. 4, la unidad 405 de análisis de imágenes está dispuesta para calcular un factor de escala que es la luminancia L dividida por maxRGB. La ventaja de esto es que, aunque algunas formas de invención podrían mantener en la memoria una tabla de todos los valores $L_{max}(x, y)$, no necesitamos saber nada sobre la parte superior en forma de plano de la gama, como, por ejemplo, parámetros de eje que lo modelan. Esto se debe a que podemos determinar cuánto puede aumentar L hasta su máximo $L_{max}(x, y)$ desde el valor maxRGB, que es una operación de escalamiento fácil en espacios lineales como RGB y xyL (donde todo lo que se necesita es que L sea lineal). Por ejemplo, sabemos que $L = 0,4$, y esto podría ser cualquier color en la extensión local $[0, L_{max}(x, y)]$ de un color que todavía puede ser bastante potenciado, hasta un color en el límite de la gama. Pero digamos ahora que maxRGB es de 0,5, y que en realidad para ese color (tonalidad, saturación o x, y) R es el más alto de los tres primarios, es decir, necesitamos la mayor parte de ese primario para hacer el color, es decir, se acortará primero cuando se aumenta la luminancia del color L. Sabemos que todavía podemos aumentar el R lineal por un factor de 2, por lo que podemos aumentar L con un factor de dos (porque es una combinación lineal de R, G, B con los mismos pesos, y el factor de refuerzo se puede poner como multiplicador fuera de la adición). Así la unidad 405 ha calculado que primero el L_{max} local (x, y) es igual a $2 * 0,4 = 0,8$, y en segundo lugar, que la luminancia de píxeles real está a medio camino del rango de luminancias posibles (como salida resultante del mapeado de color/tono). Así que debemos aplicar en el mapeador 407 de tonos la función a la entrada que está a medio camino $[0,1]$. Ahora claramente, el L original de 0,4 no está a medio camino. Así escalamos L con un primer escalador 406 para que se convierta en el valor correcto de la luminancia escalada L_s en el rango $[0,1]$ de L definida en el rango $[0, 0.8]$.

Podemos hacer eso, por ejemplo, dividiendo por el valor obtenido $L/\max\text{RGB}$. Actualmente, sólo podemos aplicar $\max\text{RGB}$ como entrada a la función 301 de mapeo de tonos, ya que esto dará lugar a la posición de entrada derecha en el rango $[0,1]$, ya que $L/(L/\max\text{RGB}) = \max\text{RGB}$. Así entonces, el mapeador 407 de tonos obtiene el valor de L_{HDR} para esa entrada L_{LDR} de 0,5. Entonces, por supuesto, un segundo escalador 408 es necesario para ejecutar la escala real al rango $[0,0,8]$ porque de lo contrario podríamos tener, por ejemplo, una función 301 de mapeo de tonos con una pendiente muy suave para el extremo brillante, que se mantiene muy por encima de 0.9 para entradas por encima de 0.4, y todavía tiene recortes. Así, el segundo escalador 408 escala la salida escalada L^* de nuevo al rango de luminancia local $[0,0,8]$, o de hecho $[0, L_{\max}(x, y)]$, dando el L^* final dentro de un rango sin recorte. Por ejemplo, si 0,4 se convirtió en $m * 0,4$, y produjo una salida de $L^* = 1,0-d$, entonces el resultado final sería $(1,0-d)/m = (1,0-d) * L_{\max}(x, y) < L_{\max}(x, y)$.

Finalmente, un convertidor 409 de espacio de color convierte los colores del píxel de la definición (x, y, L^*) a cualquier definición de color que sea deseada por la aplicación, por ejemplo, una salida no lineal triplete RGB $R'G'B^*$.

El lector experto entenderá que este principio puede realizarse de muchas maneras, y realizaciones que tienen alguna preferencia son aquellas que hacen tan pocos cálculos como sea posible. Como se muestra en la Fig. 5, podemos realizar las operaciones en codificaciones de color RGB lineales, reduciendo el número de cálculos, por ejemplo, evitando el convertidor 409 de color. Esta realización del aparato 201 realiza esencialmente en la parte superior lo mismo: determinar el factor de escala $L_{\max}(x, y)$, y obtener el valor de tono mapeado L^* . En esta realización, la unidad 405 que realiza las matemáticas completas para determinar el factor de escala se ha dividido en un calculador 505 de $\max\text{RGB}$ separado, y un divisor 502. Además, en lugar de hacer una transformación de color a xyY , ya que realmente no necesitamos (x, y) puesto que la información está implícita en R, G, B , la unidad 501 de determinación de luminancia solo necesita calcular $a * R + b * G + c * B$, donde $a, b, y c$ son función constante predeterminada de las primarias de color empleadas por la pantalla (de referencia), por ejemplo, primarias EBU. Como se ha dicho anteriormente, $\max\text{RGB}$ es ahora la entrada al mapeador 407 de tonos que utiliza la curva 301. Después del escalamiento final por el escalador 408, obtenemos la luminancia L^* escalada transformada correctamente.

De nuevo en comparación con la Fig. 4 es ahora una unidad 510 de determinación de ganancia, que calcula un factor de ganancia. De nuevo debido a la linealidad del espacio RGB, y no cambiamos la cromaticidad (o matiz y saturación) del color de entrada, el cambio de luminancia es un mero impulso con ganancia g , que también se puede aplicar directamente sobre los componentes lineales RGB del píxel. Es decir, la ganancia es igual a la luminancia del color final L^* dividida por la luminancia L del color de entrada original, y un multiplicador 511 (o tres multiplicadores en paralelo) multiplica R, G y B respectivamente con ese mismo g para obtener RGB^* , la codificación de color de salida lineal.

En más detalle la metodología de la FIG. 5 utiliza el hecho de que $L/(L/\max\text{RGB}) = \max\text{RGB}$ y así directamente aplica el valor $\max\text{RGB}$ al mapeo de tonos de entrada del mapeador 407 de tonos. En respuesta, el mapeador 407 de tonos genera una luminancia ajustada. La luminancia de salida ajustada se genera escalando este valor por un factor de escala adecuado en el segundo escalador 408. El factor de escala para este escalamiento se genera como la luminancia máxima para la cromaticidad, y específicamente se genera como la luminancia de entrada L dividida por el valor de $\max\text{RGB}$. Así, el factor de escala del segundo escalador 408 depende de la luminancia de entrada y del máximo de los componentes de canal de color, es decir, el valor de $\max\text{RGB}$.

Se apreciará que las metodologías de las FIGs. 4 y 5 son equivalentes y esencialmente corresponden al mismo procesamiento pero con diferentes implementaciones. En particular, se observa que para ambos ejemplos, la luminancia L^* de salida ajustada se genera en dependencia de la luminancia de entrada L y una cantidad que refleje la luminancia máxima para la cromaticidad ($\max\text{RGB}$ en el ejemplo), y sobre la base de la referencia subyacente o mapeo de tonos de entrada. Así, ambas metodologías ejecutan un mapeo de tonos a partir de la luminancia de entrada L hasta la luminancia L^* de salida usando un mapeo de tonos ajustado que se genera a partir del mapeo de tonos de entrada en respuesta a una cantidad indicativa de la luminancia máxima posible para la cromaticidad del color de entrada en las gamas.

También, se observa que se puede considerar que los enfoques de las FIGs. 4 y 5 usan los datos de entrada de dos diferentes representaciones de color del color de entrada. La luminancia del color corresponde a la luminancia de una representación del color de entrada en una cromaticidad y representación de luminancia, tal como una representación xyL (y no es meramente un valor de componente de canal de color). La adaptación del mapeo de tonos de entrada se basa en el valor máximo del componente para los canales de color de una representación de canal de color, y específicamente de una representación RGB. Normalmente, el color de entrada se proporciona en sólo una representación, y el aparato en consecuencia comprende convertidores para convertir entre los diferentes formatos según sea necesario.

En el ejemplo de la FIG. 5, el color de entrada se proporciona en una representación de canal de color y específicamente en la representación RGB. De forma similar, el color de salida se proporciona en el mismo formato de canal de color (es decir, la representación RGB). En lugar de convertir una representación del resultado de

mapeo de tonos de un formato xyL^* al formato RGB, el enfoque de la FIG. 5 incluye un circuito de salida que genera directamente la representación RGB del color de salida escalando la representación RGB del color de entrada.

5 Específicamente, el circuito de salida comprende la unidad 510 de determinación de ganancia que procede a generar la relación entre la luminancia de salida ajustada L^* y la luminancia de entrada L . Esta relación indica la cantidad que la luminancia de entrada debería incrementarse de acuerdo con el mapeo de tonos ajustado. Debe observarse que debido a que las luminancias son luminancias relativas con respecto a las luminancias máximas en las gamas diferentes, el factor de escala determinado refleja inherentemente el cambio en los rangos dinámicos entre la entrada y la salida.

10 Debido a la naturaleza lineal de la representación RGB, la representación RGB del color de salida se genera en consecuencia por el multiplicador 511 multiplicando individualmente cada uno de los componentes de canal de color RGB por el factor de escala g determinado. Como resultado, la salida del multiplicador 511 es un color de salida que tiene exactamente la misma cromaticidad que el color de entrada y una luminancia determinada por el mapeo de tonos ajustado.

15 La Fig. 6 muestra sólo un ejemplo de sistema total en red, que comprende dos subsistemas que utilizan una realización de la invención. El primer subsistema es un sistema de clasificación en el sitio de un creador de contenido. Un aparato 601 de gradación de color toma una imagen en bruto o un vídeo de una memoria 602 de imagen, cuyo vídeo sin procesar puede, por ejemplo, ser capturado por una cámara digital como una ARRI o RED.

20 El graduador hace correcciones de color primarias para obtener una imagen HDR maestra (vídeo), y asumimos que también hace una imagen LDR, de acuerdo con, por ejemplo, el principio LDR_Container mediante el mapeo de tonos de la imagen HDR maestra a una imagen final comprimida MPEG de 8 o 10 bits Im. Este mapeo de tonos se realiza mediante una primera realización 2011 de nuestro aparato 201 de procesamiento de color de imagen, que puede estar incorporado como, por ejemplo, un módulo de software del aparato de gradación de color, que puede estar dispuesto para realizar también otras operaciones. Para ello, el graduador 603 de color determina al menos una función de correlación de tonos (301, TM) (o algoritmo). Por supuesto, nuestro método también puede trabajar con estrategias de conversión completamente automáticas sin un graduador, donde, por ejemplo, las funciones de mapeo de tonos se determinan analizando la distribución estadística de la imagen, las micropropiedades como el contraste de las texturas locales, etc. La imagen (LDR) Im, y opcionalmente también la TM de mapeo de tonos (ya que contiene información útil y necesaria para reobtener exactamente el grado maestro HDR si la imagen LDR Im es la versión codificada LDR_Container de esa imagen HDR), se almacenan en una segunda memoria 610 de imágenes. Después de algún tiempo, estos datos de imagen (Im y opcionalmente TM) pueden comunicarse a un transmisor 624 de imagen/vídeo, por ejemplo, a través del satélite 621 y las antenas 620 y 623. Este radiodifusor puede entonces, a su tiempo deseado, transmitir la imagen o vídeo a los usuarios finales, por ejemplo, sobre el cable o, alternativamente, el vídeo a petición por Internet, etc. En el subsistema del lado del espectador, un aparato 650 de procesamiento de imágenes obtiene la imagen Im y posiblemente el mapeo de tonos TM. Asumimos que determina su propio nuevo mapeo de tonos TM_2, por ejemplo, para convertir ahora la imagen LDR Im en una imagen HDR adecuada para conducir una pantalla HDR 651, por ejemplo, un sistema de proyección de televisión o de película, etc. El aparato 650 de procesamiento de imágenes comprende una segunda realización 2012, esto es, cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente del aparato 201 de procesamiento de color de imagen.

45 Mostramos el aparato que comprende como subparte un codificador o transmisor, que comprende una variante genérica de un formateador 613 de datos. El lector experto entiende que esto puede tener muchas formas, por ejemplo, formas de codificar o organizar la codificación de imagen o color de sus píxeles, por ejemplo, aplicar una compresión de imagen/vídeo a los datos como, por ejemplo, HEVC, formatear o codificar adicionalmente como, por ejemplo, codificación de canal dependiendo de si los datos se guardan, por ejemplo, en un soporte de datos o transmitidos a través de algún canal de comunicación de datos, etc. También mostramos como parte de una unidad receptora un extractor 652 de datos, que también puede ser cualquier unidad o combinación de unidades que finalmente conduce a la información de imagen deseada, es decir, puede comprender físicamente unidades de desmodulación, unidades de descompresión de imagen/vídeo, unidades de reformateo, unidades de procesamiento de imágenes, etc.

55 Para mostrar algunas otras variaciones posibles en el concepto de nuestro método, mostramos con la Fig. 7 cómo puede trabajar con mapeos de múltiples tonos para diferentes dupletes (x, y) . En este único ejemplo posible, el graduador ahora ha diseñado su curva de mapeo de tonos TM_A para la región de color casi neutra (alrededor del eje L), igual que en los ejemplos de las curvas de mapeo de un solo tono anteriores. Sin embargo, para los colores azulados, considera el mapeo de tonos TM_B para producir mejores colores. Ahora puede especificar esta segunda curva, por ejemplo, para una región de color entre los tonos h $[h_1, h_2]$, y correspondiente a un límite de saturación s_L . Partiendo de esta especificación humana, el aparato 201 de procesamiento de color de imagen puede ahora determinar automáticamente cualquier mapeo de tonos deseado para cada (x, y) . Por ejemplo, podría utilizar TM_A para todos los colores (x, y) fuera del sector de tonos $[h_1, h_2]$, utilizar un mapeado de tonos interpolado TM_I para la continuidad en el sector para las saturaciones por debajo de s_L y una extrapolación (por ejemplo, usar TM_B en todas partes) en el sector por encima de s_L (o también usar un poco de interpolación cerca de los límites -dentro o fuera del segmento con la parte circundante del círculo de color-, si se desea un comportamiento más continuo. El

lector experto puede entender que puede haber muchas maneras de derivar la función interpolada, por ejemplo $TM_I(s) = a(s) * TM_A(s) + b(s) * TM_B(s)$, donde los factores de peso entre los resultados de salida de ambas funciones dependen de la saturación, de alguna manera funcional en la parte de saturación más baja del sector de matiz. En cualquier caso, una vez que se tiene un mapeo de tonos local TM_I o lo que sea, se puede usar exactamente el mismo método como se ha descrito anteriormente, escalando apropiadamente al rango de luminancia disponible localmente en la gama de modo que no se produzca ningún recorte.

Los componentes algorítmicos divulgados en este texto pueden realizarse (total o parcialmente) en la práctica como hardware (por ejemplo, partes de un IC específico de aplicación) o como software que se ejecuta en un procesador de señal digital especial, o un procesador genérico, etc. Pueden ser semiautomáticos en el sentido de que al menos alguna entrada del usuario puede estar/ haber estado (por ejemplo, en fábrica, o entrada del consumidor, u otra entrada humana) presente.

Debe ser comprensible para el experto en la materia a partir de nuestra presentación qué componentes pueden ser mejoras opcionales y pueden realizarse en combinación con otros componentes, y cómo los pasos (opcionales) de los métodos corresponden a medios respectivos de aparatos, y viceversa. El hecho de que algunos componentes se describen en la invención en una cierta relación (por ejemplo, en una única figura en una cierta configuración) no significa que otras configuraciones no sean posibles como realizaciones bajo la misma idea inventiva que se describe para patentar en el presente documento. Además, el hecho de que, por razones pragmáticas, sólo se ha descrito un espectro limitado de ejemplos, no significa que otras variantes no puedan caer dentro del alcance de las reivindicaciones. De hecho, los componentes de la invención se pueden incorporar en diferentes variantes a lo largo de cualquier cadena de uso, por ejemplo, todas las variantes de un lado de creación como un codificador pueden ser similares o corresponder a aparatos correspondientes en un lado de consumo de un sistema descompuesto, por ejemplo, un descodificador y viceversa. Varios componentes de las realizaciones pueden codificarse como datos de señal específicos en una señal para la transmisión, o para uso adicional tal como coordinación, en cualquier tecnología de transmisión entre codificador y descodificador, etc. La palabra "aparato" en esta solicitud se utiliza en su sentido más amplio, es decir, un grupo de medios que permiten la realización de un objetivo particular, y por lo tanto, por ejemplo (una pequeña parte de) un IC o un aparato dedicado (como un aparato con una pantalla), o parte de un sistema en red, etc. El "arreglo" o "sistema" también está destinado a ser utilizado en el sentido más amplio, por lo que puede comprender inter alia un único aparato físico, adquirible, una parte de un aparato, una colección de (partes de) aparatos cooperantes, etc.

Debe entenderse que la designación de producto de programa de ordenador abarca cualquier realización física de una colección de comandos que permitan a un procesador genérico o de propósito especial, después de una serie de etapas de carga (que pueden incluir etapas de conversión intermedias, tales como traducción a un lenguaje intermedio y un lenguaje de procesador final) introducir los comandos en el procesador, para ejecutar cualesquiera de las funciones características de una invención. En particular, el producto de programa informático puede realizarse como datos en un soporte tal como, por ejemplo, un disco o una cinta, datos presentes en una memoria, datos que viajan a través de una conexión de red (cableada o inalámbrica) o código de programa en papel. Aparte del código de programa, los datos característicos requeridos para el programa también se pueden incorporar como un producto de programa informático. Dichos datos pueden ser (parcialmente) suministrados de cualquier manera.

La invención o cualquier dato utilizable de acuerdo con cualquier filosofía de las presentes realizaciones, como datos de vídeo, también se puede incorporar como señales en soportes de datos, que pueden ser memorias extraíbles como discos ópticos, memorias instantáneas, discos duros extraíbles, dispositivos escribibles por medios inalámbricos, etc.

Algunos de los pasos requeridos para el funcionamiento de cualquier método presentado pueden estar ya presentes en la funcionalidad del procesador o cualquier realización de aparato de la invención en lugar de estar descritos en el producto de programa informático o cualquier unidad, aparato o método descrito aquí (con especificidades de las realizaciones de la invención), tales como etapas de entrada y salida de datos, etapas de procesamiento típicamente incorporadas bien conocidas, tales como la accionamiento de pantalla estándar, etc. También deseamos protección para productos resultantes y resultados similares, como por ejemplo las señales novedosas específicas implicadas en cualquier etapa de los métodos o en cualquier subparte de los aparatos, así como cualquier uso nuevo de tales señales, o cualquier método relacionado.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes dispuesto para transformar un color de entrada (L, x, y) de un píxel especificado en una representación de color correspondiente a un primer rango dinámico de luminancia en un color de salida (L*, x, y) de un píxel especificado en una representación de color correspondiente a un segundo rango dinámico de luminancia, cuyos primeros y segundos rangos dinámicos difieren en extensión por al menos un factor multiplicativo de 1,5,
- que comprende una unidad (203) de deformación de mapeo de tonos dispuesta para determinar una luminancia de salida ajustada (L*309) para el color de salida desde una luminancia (L) del color de entrada y sobre la base de un mapeo (301) de tonos de entrada que define luminancias de salida como una función de luminancias de entrada y una cantidad linealmente relacionada con la luminancia (L) de entrada, siendo la cantidad indicativa de una luminancia máxima que para las coordenadas cromáticas (x, y) del color de entrada se puede alcanzar al máximo en al menos una de una gama correspondiente al primer rango dinámico de luminancia y una gama correspondiente al segundo rango dinámico de luminancia para aquellas coordenadas cromáticas (x, y);
- en el que la unidad de deformación de mapeo de tonos está dispuesta para generar la luminancia (L*, 309) de salida ajustada aplicando un mapeo de tonos ajustado a la luminancia (L) de entrada; y
- la unidad (203) de deformación de mapeo de tonos está dispuesta para determinar el mapeo de tonos ajustado adaptando el mapeo de tonos de entrada dependiente de la cantidad para que cualquier luminancia (L*, 309) de salida ajustada obtenida aplicando el mapeo de tonos ajustado a cualquier luminancia (L) de entrada de todas las luminancias de entrada posibles en su extensión de valores válidos [0,1] no sea mayor que una luminancia máxima Lmax (x, y) que para las coordenadas cromáticas (x, y) del color de entrada es máximamente alcanzable en la gama correspondiente al segundo rango dinámico de luminancia para aquellas coordenadas cromáticas (x, y).
2. Un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes como se reivindica en la reivindicación 1, en el que la unidad (203) de deformación de mapeo de tonos está dispuesta además para aplicar una transformación monótona a la forma funcional del mapeo de tonos de entrada en comparación con su eje, que se define de modo que si las luminancias de salida (L_HDR), obtenidas aplicando el mapeo (301) de tonos de entrada a dos luminancias de entrada diferentes (L, L_LDR), tienen una diferencia distinta de cero (d) con un signo(s), las luminancias de salida ajustadas (L*) para aquellas luminancias de entrada también tienen una diferencia distinta de cero con el mismo signo(s).
3. Un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes como se reivindica en la reivindicación 2, en el que la unidad (203) de deformación de mapeo de tonos está dispuesta además para aplicar una transformación suave a la forma funcional del mapeo de tonos de entrada en comparación con su eje, determinada para tener diferencias (310) de luminancia sucesivas para coordenadas (x, y) cromáticas vecinas entre la luminancia (L*) de salida ajustada y la luminancia (308) de salida obtenida aplicando el mapeo de tonos ajustado (301) a la luminancia (L) de color de entrada que varía suavemente.
4. Un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes como se reivindica en una de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad (203) de deformación de mapeo de tonos está dispuesta además para realizar la determinación de la luminancia (L*, 309) de salida ajustada aplicando una luminancia (Ls) de salida ajustada como entrada al mapeo (301) de tonos de entrada, cuya luminancia (Ls) se deriva aplicando una función a la luminancia (L) de color de entrada, cuya función se define en base a la luminancia máxima Lmax (x, y), de modo que una luminancia (L) de entrada igual a esta luminancia máxima Lmax (x, y) se mapea con el valor máximo posible de la luminancia (L) de entrada para el mapeo (301) de tonos de entrada.
5. Un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes según la reivindicación 4, en el que la función aplicable a la luminancia (L) de color de entrada es un escalado lineal.
6. Un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes como se reivindica en una de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de deformación de mapeo de tonos está dispuesta para generar una luminancia escalada escalando la luminancia de entrada mediante un primer factor de escala determinado a partir de la cantidad; determinar una luminancia ajustada escalada aplicando el mapeo de tonos de entrada a la luminancia escalada; y generar la luminancia de salida ajustada escalando la luminancia ajustada escalada por un segundo factor de escala correspondiente al recíproco del primer factor de escala.
7. Un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes como se reivindica en una de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad (203) de deformación de mapeo de tonos está dispuesta además para usar como la cantidad linealmente relacionada con la luminancia (L) un máximo (maxRGB) de un componente de canal de color que define el color de entrada (L, x, y).
8. Un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes como se reivindica en la reivindicación 7, en el que la unidad de deformación de mapeo de tonos está dispuesta para generar una luminancia ajustada aplicando el mapeo

de tonos de entrada al máximo (maxRGB) de los componentes de canal de color; y para generar la luminancia de salida ajustada escalando la luminancia ajustada mediante un factor de escala dependiente de la luminancia de entrada y el máximo (maxRGB) de los componentes de canal de color.

- 5 9. Un aparato (201) de tratamiento de color de imagen como se reivindica en la reivindicación 7 u 8, en el que el color de entrada se proporciona en una representación de canal de color y el aparato comprende además un convertidor de representación de color para generar la luminancia de entrada como una luminancia de una cromaticidad y representación de luminancia del color de entrada mediante la conversión de la representación de canal de color del color de entrada.
- 10 10. Un aparato (201) de procesamiento de color de imagen como se reivindica en la reivindicación 7, 8 o 9, que comprende además un generador (510, 511) para generar un color de salida de representación de canal de color escalando los componentes de canal de color del color de entrada por un factor de escala dependiente de la luminancia de salida y de la luminancia de entrada ajustadas.
- 15 11. Un aparato (201) de procesamiento de color de imagen como se reivindica en una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una unidad (202) de determinación de correlación de tonos dispuesta para determinar el mapeo (301, TM*) de tonos de entrada sobre la base de al menos un mapeo de tonos (TM) predeterminado.
- 20 12. Un codificador de imagen que comprende un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes como se reivindica en una de las reivindicaciones anteriores y un formateador (613) de datos para emitir al menos una imagen de salida (Im) que comprende colores de salida de píxel de coordenadas cromáticas (x, y) y luminancias de salida ajustadas (L*).
- 25 13. Un descodificador de imagen que comprende un aparato (201) de procesamiento de color de imágenes como se reivindica en una de las reivindicaciones 1 a 11, y que comprende un extractor (652) de datos dispuesto para obtener datos de color de píxeles en una imagen (Im).
- 30 14. Un descodificador de imágenes como se reivindica en la reivindicación 13, en el que el extractor (652) de datos está dispuesto además para obtener un mapeado de tonos (TM).
- 35 15. Un método de procesamiento de color de imagen para transformar un color de entrada (L, x, y) de un píxel especificado en una representación de color correspondiente a un primer rango dinámico de luminancia en un color de salida (L*, x, y) de un píxel especificada en una representación de color correspondiente a un segundo rango dinámico de luminancia, cuya primer y segundo rangos dinámicos difieren en extensión por al menos un factor multiplicador 1,5, que comprende:
- 40 determinar una luminancia (L*, 309) de salida ajustada para el color de salida desde una luminancia (L) de entrada del color de entrada y sobre la base de un mapeo (301) de tonos de entrada que define luminancias de salida como una función de luminancias de entrada, y una cantidad linealmente relacionada con la luminancia (L) de entrada, siendo la cantidad indicativa de una luminancia máxima que para las coordenadas cromáticas (x, y) del color de entrada es máximamente alcanzable en al menos una de una gama correspondiente al primer rango dinámico de luminancia y una gama correspondiente al segundo rango dinámico de luminancia para aquellas coordenadas cromáticas (x, y); en el que la luminancia (L*, 309) de salida ajustada se determina aplicando un mapeo de tonos ajustado a la luminancia (L) de entrada; y determinar el mapeo de tonos ajustado adaptando el mapeo de tonos de entrada dependiente de la cantidad para que cualquier luminancia (L*, 309) de salida ajustada obtenida aplicando el mapeo de tonos ajustado a cualquier luminancia (L) de entrada de todas las luminancias de entrada posibles en su extensión de valores válidos [0,1] no sea superior a una luminancia máxima Lmax (x, y) que para las coordenadas cromáticas (x, y) del color de entrada es máximamente alcanzable en la gama correspondiente al segundo rango dinámico de luminancia para aquellas coordenadas cromáticas (x, y).
- 50 16. Un método de tratamiento de color de imagen como se reivindica en la reivindicación 15, en el que la determinación de la luminancia de salida ajustada (L*) se caracteriza además porque implica la determinación de una luminancia ajustada (Ls) para uso como entrada al mapeo (301) de tonos de entrada, cuya luminancia ajustada (Ls) se obtiene aplicando una función a la luminancia (L) de color de entrada, cuya función se define en función de la luminancia máxima Lmax (x, y), de manera que una luminancia (L) de entrada igual a esta luminancia máxima Lmax (x, y) se mapea al valor máximo posible de la luminancia (L) de entrada para el mapeo (301) de tonos de entrada.
- 55 17. Un método de procesamiento de color de imagen como se reivindica en la reivindicación 16, en el que la cantidad linealmente relacionada con la luminancia (L) del color de entrada es un máximo (maxRGB) de componentes de canal de color que definen el color de entrada (L, x, y).
- 60

18. Un método de procesamiento de color de imagen como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores 15-17, que comprende determinar el mapeo (301) de tono de entrada sobre la base de al menos otro mapeo de tonos predeterminado.
- 5 19. Un producto de programa informático que comprende un código que permite a un procesador realizar cualesquiera de las reivindicaciones de método anteriores.

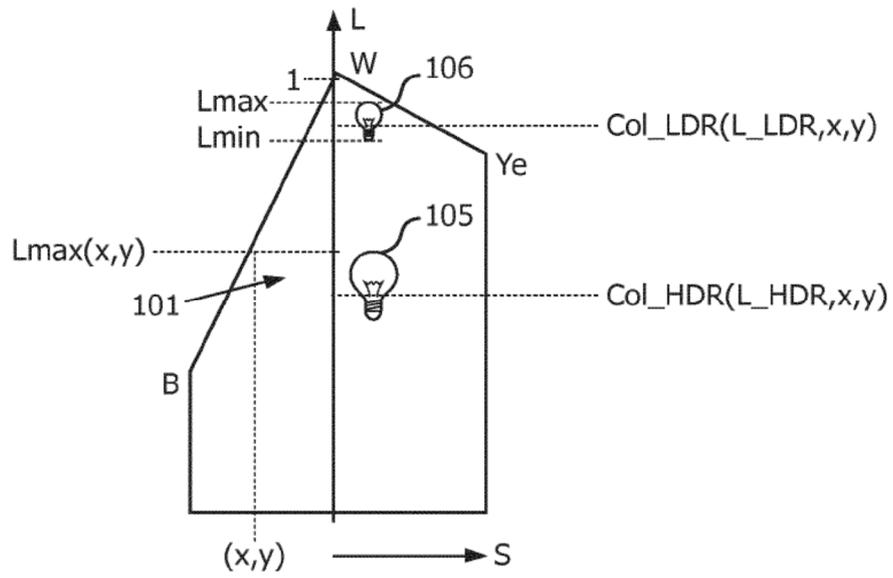


FIG. 1

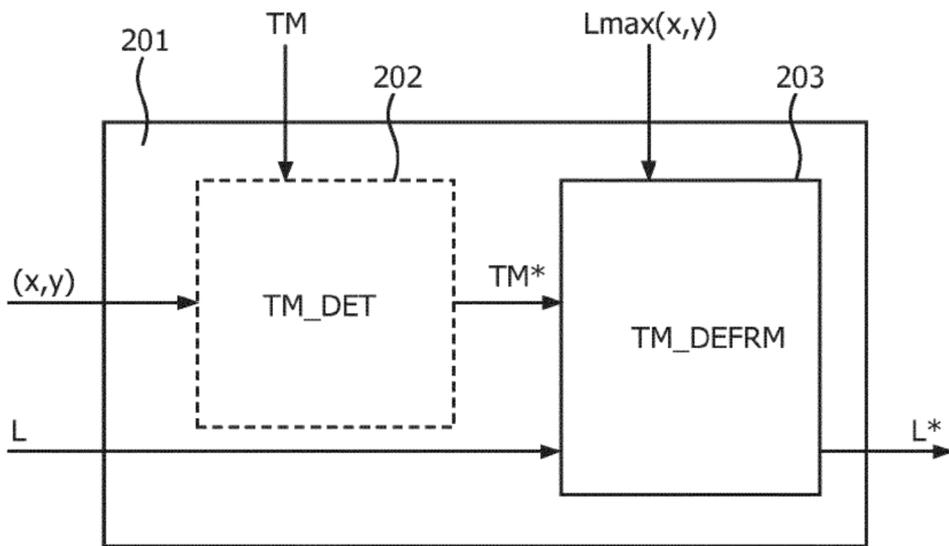


FIG. 2

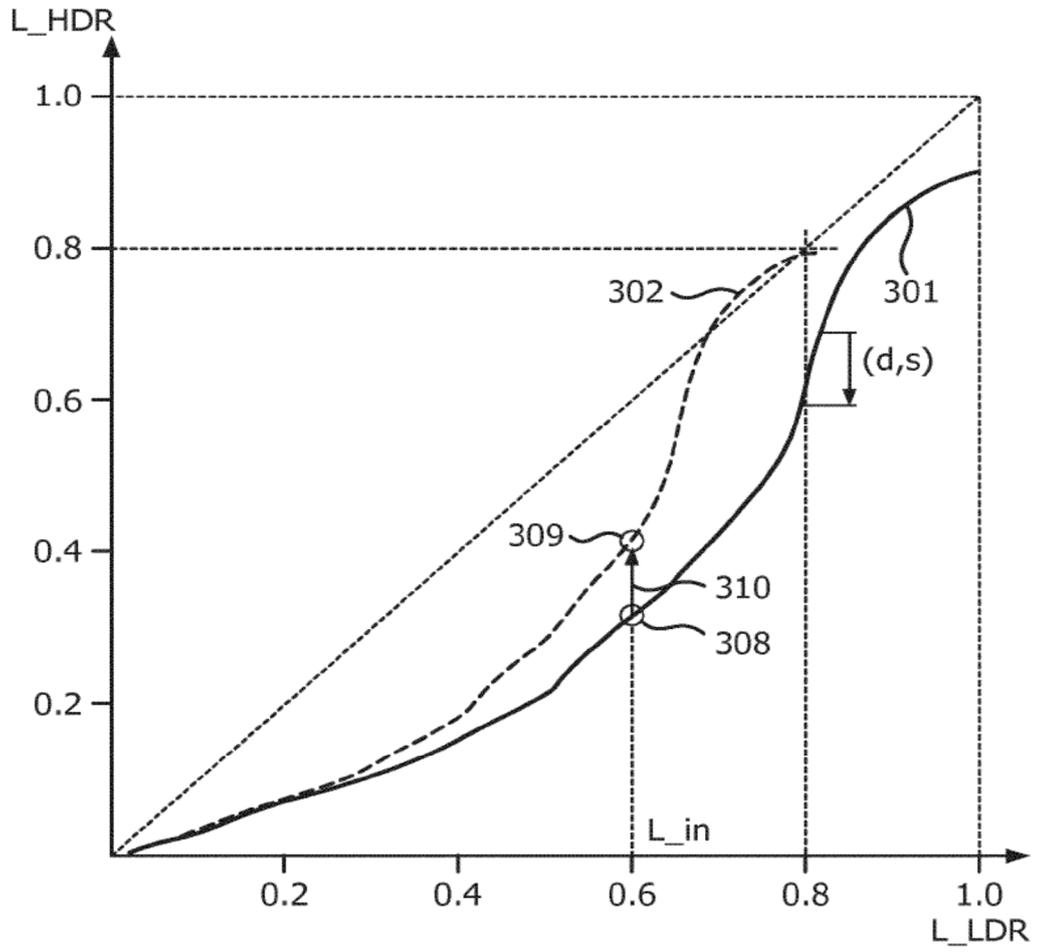


FIG. 3

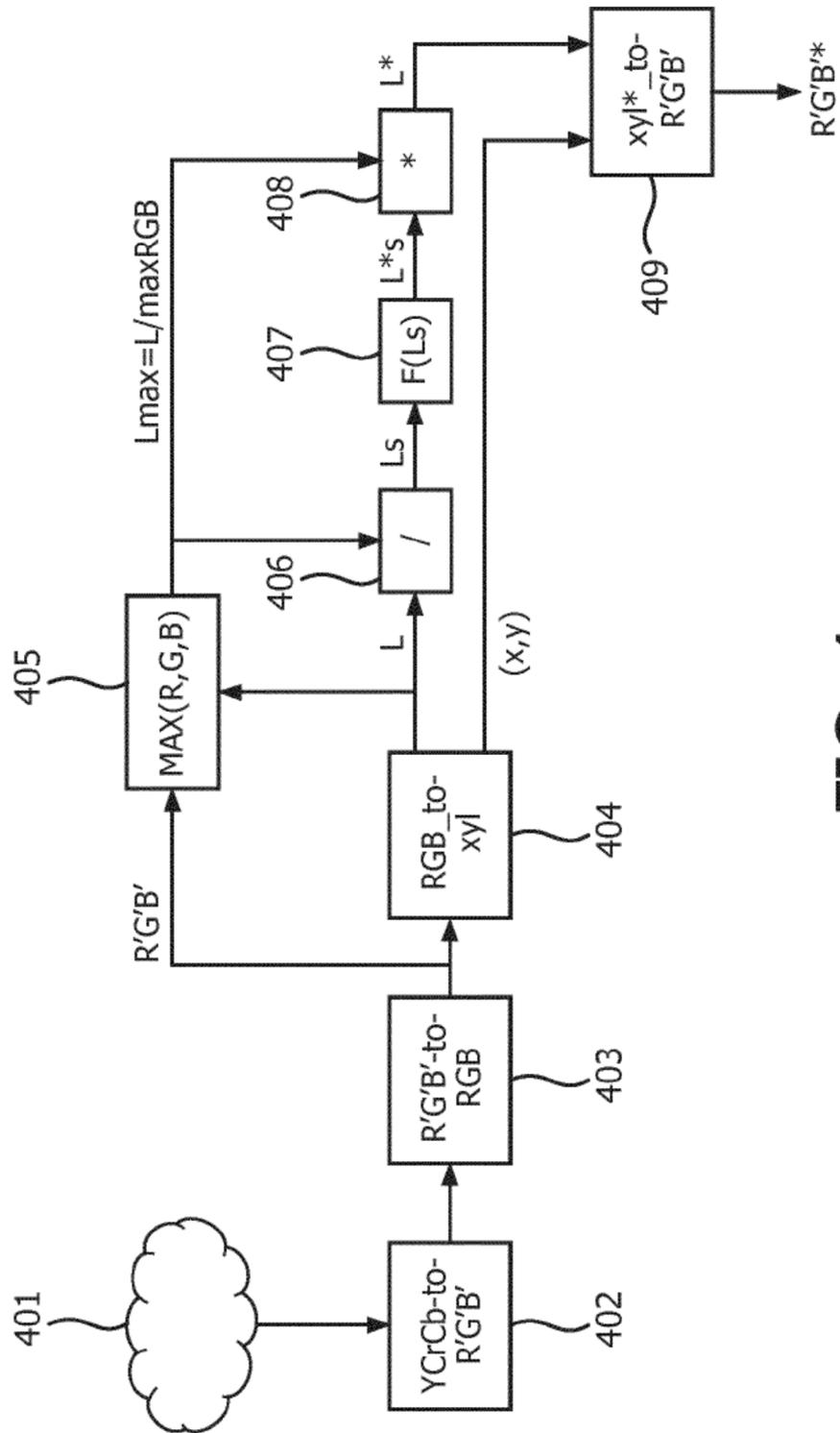


FIG. 4

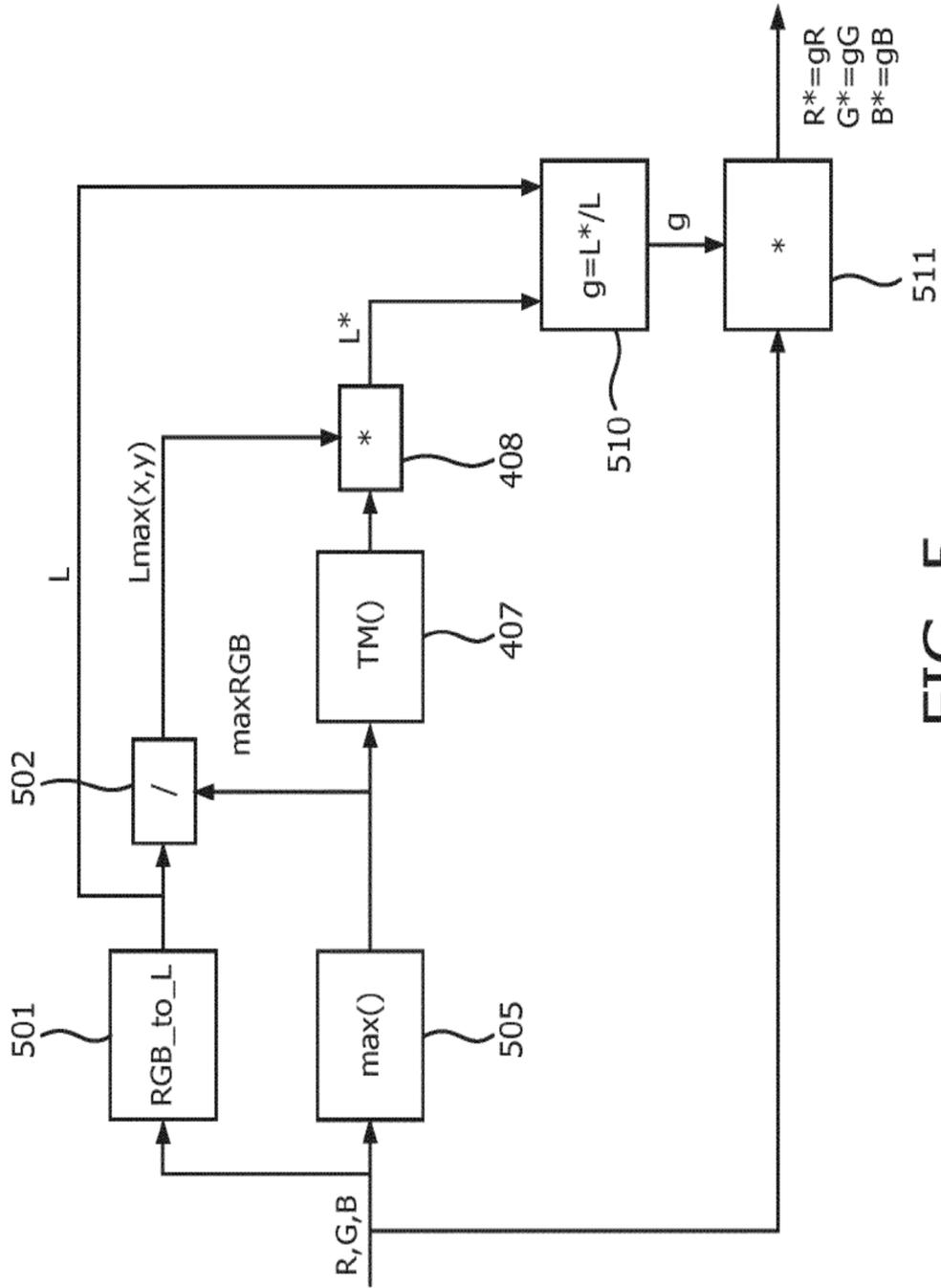


FIG. 5

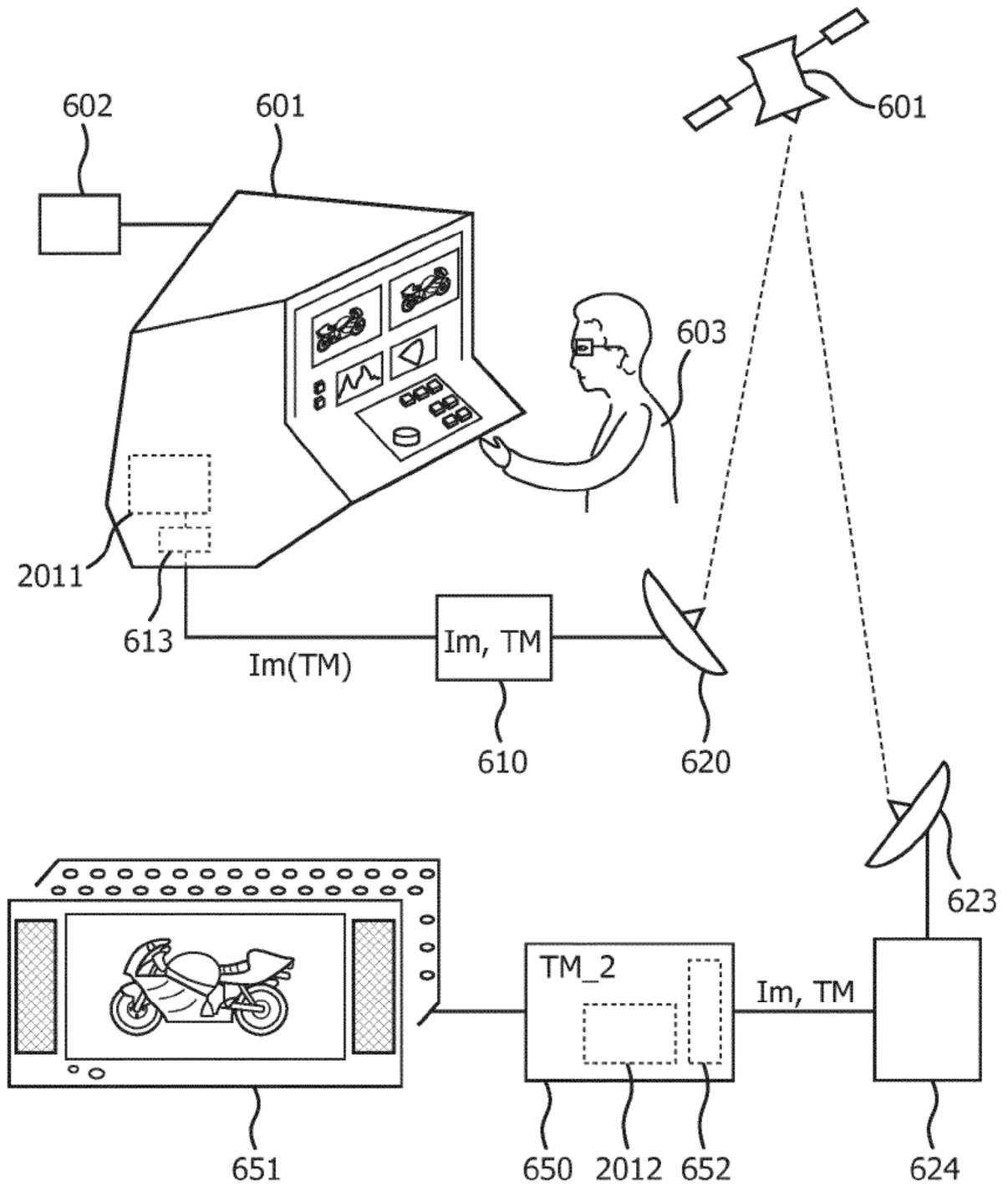


FIG. 6

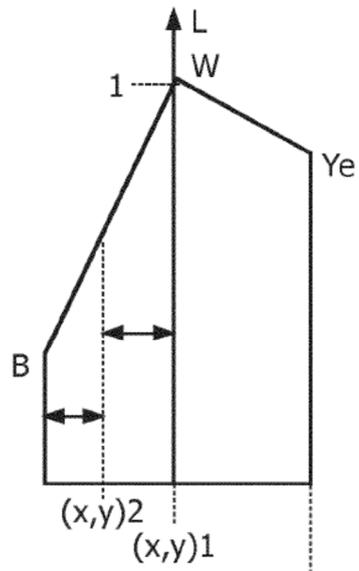


FIG. 7a

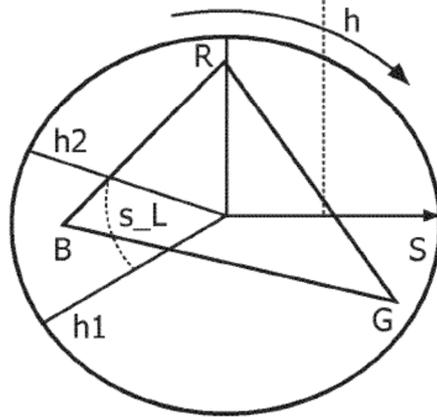


FIG. 7b

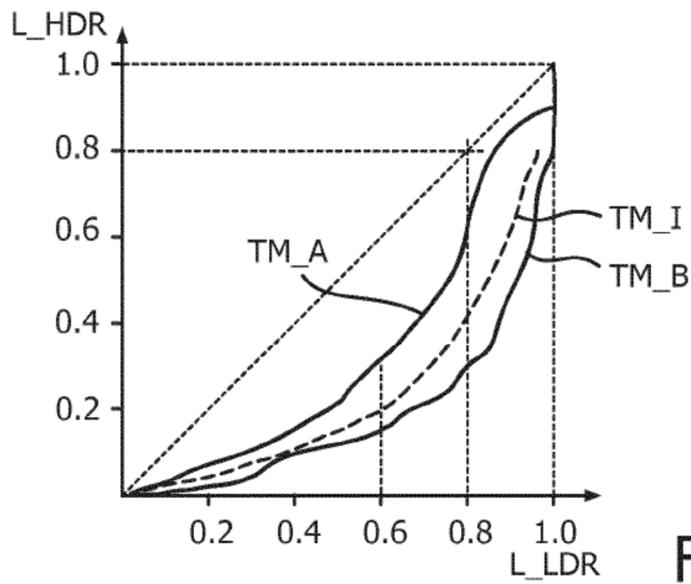


FIG. 7c