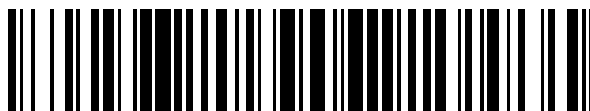


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 858**

51 Int. Cl.:

**G09G 3/20** (2006.01)

**G09G 5/10** (2006.01)

**H04N 19/46** (2014.01)

**H04N 19/30** (2014.01)

**H04N 19/98** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2015 PCT/EP2015/055831**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2015 WO15180854**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2015 E 15710536 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 3149944**

54 Título: **Métodos y aparatos para codificar imágenes de HDR, y métodos y aparatos para el uso de tales imágenes codificadas**

30 Prioridad:

**28.05.2014 EP 14170157**

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

**27.12.2018**

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 y  
MERTENS, MARK JOZEF WILLEM**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 694 858 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

Métodos y aparatos para codificar imágenes de HDR, y métodos y aparatos para el uso de tales imágenes codificadas

5 Campo de la invención

10 La invención se refiere a la codificación de una imagen de rango dinámico alto (es decir, una fija) pero preferiblemente más imágenes de rango dinámico alto (es decir, de vídeo), y sistemas y métodos técnicos correspondientes para transportar la información de imágenes codificadas necesaria a un lado de recepción, y a decodificadores para decodificar las imágenes codificadas y, en última instancia, facilitarlas para su visualización.

15 Una imagen de HDR es una imagen que codifica las texturas de una escena de HDR (que, habitualmente, puede contener regiones tanto muy brillantes como oscuras), de tal forma, con información suficiente para una codificación de alta calidad de las texturas de color de los diversos objetos captados en la escena, que una representación de calidad visualmente buena de la escena de HDR se puede realizar en un visualizador de HDR con un brillo máximo alto como, por ejemplo, 5000 nit. En nuestro marco de trabajo de codificación de HDR desarrollado a lo largo de los años previos, también queremos, al mismo tiempo, codificar diversas subvistas de rango dinámico englobadas en esa escena, que pueden servir como imágenes de accionamiento convenientes para diversos visualizadores de un rango dinámico sucesivamente reducido, al menos una apariencia de imagen de LDR conveniente para accionar, por ejemplo, un visualizador de brillo máximo de 100 nit.

20 Además, preferiblemente una codificación de HDR se diseña técnicamente de tal modo que esta no solo coincida relativamente bien con las tecnologías de codificación de vídeo existentes, sino que incluso pueda encajar en los marcos de trabajo de imagen o de vídeo actuales de la tecnología existente, como, por ejemplo, almacenamiento en disco blu-ray (y sus limitaciones como la cantidad de memoria de almacenamiento, sino también ya sustancialmente todos los otros aspectos normalizados), o conexiones de cable de HDMI, u otros sistemas de almacenamiento o de transmisión de imagen, etc. En particular, los sistemas de codificación de HDR que usan dos imágenes codificadas por instante de tiempo (por ejemplo, una imagen de LDR, y una imagen que tiene intensidades de abrillantamiento local para reforzar cada píxel a un píxel de imagen de HDR) son vistos especialmente por los fabricantes de aparatos como innecesariamente complejos.

25 La codificación de vídeo (o incluso de imagen fija) de HDR solo se ha investigado, de forma tentativa, recientemente y hasta la fecha ha sido una tarea desalentadora, y la creencia típica es que o bien se necesita avanzar hacia significativamente más bits, para codificar los brillos por encima del rango LDR de objetos de escena (por ejemplo, codificaciones que codifican luminancias de escena directamente), o bien se necesita un cierto enfoque de dos capas, en donde, por ejemplo, además de una imagen de reflectancia de objeto existe una imagen de refuerzo de iluminación, o estrategias de descomposición similares. Enfoques alternativos, como, por ejemplo, el sistema de codificación de HDR de Dolby, siempre usan, habitualmente, una tecnología de codificación de HDR de ese tipo (véase el documento US8248486B1). El documento Wo2010/105036 es otro ejemplo de un sistema de codificación de 2 imágenes por instante de tiempo de ese tipo, de Dolby. Se puede usar alguna TM de mapeo de tonos fija simple (por ejemplo, que emule el comportamiento de la fotografía en celuloide analógica clásica) para mapear una imagen de LDR con una graduación de HDR que se corresponde con la misma, o viceversa. Esta puede ser cualquier función que no mapee demasiado correctamente (debido a que el graduador puede haber usado decisiones de optimización complicadas en, por ejemplo, su graduación de LDR), por lo tanto puede haber una diferencia considerable entre la predicción de la imagen original, por ejemplo de HDR, y la propia imagen de HDR original, pero ello no supone problema alguno debido a que el sistema puede enviar las diferencias como una segunda imagen de corrección (la secuencia de bits residual 742).

35 Otro ejemplo de un sistema de codificación de dos imágenes de ese tipo es el sistema de codificación de HDR de tecnicolor (el documento JCTVC-P0159r1, de la 16ª reunión del Equipo Cooperativo Conjunto sobre codificación de vídeo de ITU-T SG 16 WP3, San José, 9-17 de enero de 2014) que codifica, como una primera imagen, una señal de baja resolución que es la iluminación local como se generará habitualmente en una retroiluminación de LED en 2D modulada, y la segunda imagen es una imagen de textura de unas modulaciones de un rango dinámico habitualmente inferior sobre esa señal de baja frecuencia, que se generará habitualmente tras la visualización por unas señales de accionamiento de válvulas de LCD apropiadas.

40 Philips ha inventado recientemente un enfoque de imagen única, mucho más simple, (aún no publicado en su mayor parte, si bien algunos aspectos se pueden hallar en los documentos WO2012/147022 y WO2012/153224), que es una nueva dirección en codificación de imagen y de vídeo, y no solo no fácil de imaginar a priori, sino que también, cuando ello realmente se pone en práctica, conduce a muchas cuestiones técnicas nuevas a resolver, lo que no obstante funciona correctamente en la práctica.

45 Con "rango dinámico alto" (HDR) pretendemos indicar que una cualquiera de la imagen/imágenes, según son captadas desde el lado de captación, tienen una relación de contraste de luminancia alta en comparación con la codificación de LDR heredada (es decir, relaciones de contraste de luminancia de objeto de 10,000:1 o más pueden

ser manejadas por la codificación, y todos los componentes de la cadena de manejo de imagen hasta la representación; y las luminancias de objeto captadas se pueden encontrar por encima de 1000 nit, o más en concreto, habitualmente se pueden reproducir/representar por encima de 1000 nit para, dado el entorno de reproducción, generar una cierta apariencia deseada de, por ejemplo, una lámpara encendida o un exterior soleado). Y habitualmente la representación de tal imagen/imágenes es HDR (es decir, las imágenes han de ser convenientes en el sentido de que estas contengan información suficiente para una representación de HDR de alta calidad y, preferiblemente, de una forma técnicamente fácil de usar), lo que significa que la imagen/imágenes se representan o se pretende representarlas en visualizadores con un brillo máximo de al menos 1000 nit (sin implicar que estas no puedan y no necesiten representarse, como alternativa, en visualizadores de LDR de, por ejemplo, un brillo máximo de 100 nit, habitualmente después de un mapeo de color conveniente).

#### Antecedentes de la invención

Recientemente se ha propuesto una serie de tecnologías de codificación de HDR, como, por ejemplo, el método de doble capa de Dolby (el documento WO2005/1040035). No obstante, en la actualidad la industria aún sigue buscando una tecnología de codificación de vídeo (/imagen) de HDR pragmática que encaje con (un equilibrio de) todos los requisitos, tales como los factores muy importantes, como la cantidad de datos, pero también la complejidad computacional (el precio de los CI), la facilidad de introducción, la versatilidad para que los artistas creen lo que quieran, etc. En particular, un enfoque de doble capa es visto como innecesariamente complejo. Idealmente, a una persona le gustaría poder diseñar una tecnología de codificación que encaje con la codificación heredada, tal como, por ejemplo, codificación de HEVC de MPEG basada en DCT. Un problema es que esto es algo contraintuitivo: ¿cómo se puede codificar una imagen de HDR que, por definición, debería ser algo diferente de una imagen de LDR, que tiene habitualmente una cantidad mayor de rangos de brillo/luminancia interesantes, en una tecnología optimizada para contener imágenes de LDR? Estos sistemas de manejo/codificación de imagen de LDR heredada se diseñaron y optimizaron para trabajar con escenarios de formación de imagen de LDR típicos, que normalmente están bien iluminados con, por ejemplo, una relación de iluminación de 4:1 dentro del estudio (o, por ejemplo, 10:1), dando para la mayor parte de los objetos (cuya reflectancia puede variar entre, por ejemplo, un 85 % para el blanco y un 5 % para el negro) en la vista una relación de contraste total de aproximadamente 68:1 (respectivamente, 170:1). Si se contempla una representación relativa (es decir, que mapea el blanco de imagen con el blanco de visualización disponible) de las luminancias de objeto comenzando por un blanco máximo, un monitor de LCD heredado típico sin atenuación de luminosidad local habría tenido algo así como el blanco de 100 nit y el negro de 1 nit que coincidiría con la relación de contraste de imagen, y habitualmente se pensaría que, como promedio, los sistemas de CRT que se podrían haber contemplado también durante el día tendrían algo así como una capacidad de 40:1. Tener una función gamma de asignación de código de luminancia heredada convencional de 2,2 en estos sistemas parecía satisfactorio para la mayoría de escenarios de un contraste de escena incluso más alto. Aunque se cometieron algunos errores considerados aceptables en aquellos días, tales errores de representación de regiones de escena de luminancia alta con mala codificación (por ejemplo, recorte duro de exteriores brillantes tras una ventana) también fueron aceptables debido a que los visualizadores de LDR no podrían representar esas luminancias de objeto físicamente precisas de todos modos.

No obstante, hay escenarios para los cuales existe en la actualidad un deseo de mejorar la representación, como, por ejemplo, una escena de interiores en la que se puede ver simultáneamente la zona exterior soleada, caso en el que puede haber una relación de iluminación de 100:1 o incluso más. Con una representación relativa lineal (es decir, centrándose en las regiones codificadas más brillantes ante todo o, de forma equivalente, el gris medio de las regiones de escena más brillantes, y mapear el blanco de imagen con el blanco de visualización), ¡el blanco de interiores se mapearía con negro psicovisual para el espectador! Por lo tanto, en LDR, las regiones soleadas habitualmente se mostrarán como sometidas a recorte (suave) (habitualmente ya en la imagen codificada que tiene códigos difíciles de discriminar en torno al máximo de 255 para esos píxeles). No obstante, en un visualizador de HDR nos gustaría mostrarlos tanto brillantes como coloridos. Esto daría una representación mucho más natural y espectacular de tales escenas (como si se estuviera de vacaciones en Italia), pero incluso escenas en las que el contenido de brillo más alto solo está compuesto por algunas reflexiones especulares ya muestran una mejora de calidad visual importante. Si los artefactos como errores de cuantificación o recorte no parecen ya molestos en, por ejemplo, un visualizador de 5000 o de 10000 nit, al menos queremos poder accionar tales visualizadores de HDR con el tipo correcto de imagen, de tal modo que las imágenes representadas serán tan hermosas como lo permita el visualizador de HDR.

No obstante, el pensamiento clásico era que, para codificar rangos de brillo excesivo adicionales, se necesitaría tener (muchos) más bits, que son los bits superiores que codifican las luminancias de objeto por encima de un rango de LDR. Ello podría ocurrir o bien codificando de forma nativa, en palabras de código más grandes individuales (tales como OpenEXR con 16 bits, que son un bit de signo, un exponente de 5 bits y una mantisa de 10 bits, o una codificación de LogLuv de Ward, que intenta rigurosamente, desde un punto de vista matemático, captar la totalidad del universo de luminancias de objeto posibles con alta precisión), o bien usando una primera capa con códigos de rango de LDR convencionales (por ejemplo, una aproximación de JPEG clásica de la imagen de HDR), y una segunda capa para mejorar tales luminancias de píxel a un brillo más alto (por ejemplo, una imagen de refuerzo para reforzar cada píxel, si es necesario, a una luminancia más alta, es decir, siendo una multiplicación de dos imágenes de 8 bits de ese tipo equivalentes a un código de 16 bits lineal único).

Un problema práctico importante a resolver cuando se diseña una tecnología de codificación de HDR práctica, además del hecho de que, por supuesto, ha de ser capaz de manejar un enorme rango de diferentes imágenes de HDR, es que los fabricantes de hardware desean cantidades menores de bits por palabra de código (canal, es decir, la luma, y dos canales cromáticos) no obstante, y aunque nuestra tecnología propuesta posteriormente también puede trabajar con palabras de bit mayores, llegamos a una solución que funciona correctamente bajo una limitación de 10 bits para al menos un canal de luminancias (o, más precisamente, uno de luma) (obsérvese que, aunque explicamos las realizaciones con un canal de luminancias, nuestros conceptos se pueden materializar, cambiando lo que se deba cambiar, como si se trabajara sobre representaciones de color RGB (lineales o no lineales), etc.). Además, desarrollamos un marco de trabajo que puede realizar, en una filosofía doble, tanto la codificación de píxeles de color (de la apariencia de HDR por medio de una imagen de LDR) como la conversión de apariencia de color para varios escenarios de representación (es decir, las apariencias óptimas necesarias para representar una escena en varios visualizadores con un brillo máximo diferente, por ejemplo, PB = 800 nit) de una forma funcional, lo que quiere decir que solo es necesario codificar conjuntamente funciones cuando se codifica la apariencia de al menos una graduación adicional, y en concreto una apariencia de HDR además de una apariencia de LDR, en lugar de para cada imagen al menos una segunda imagen.

En la actualidad, tenemos dos categorías de sistemas de codificación de HDR, debido a que el mercado querría tal versatilidad en un sistema de codificación, dados los diversos reproductores y sus diferentes necesidades. En el sistema de modo i (o de apariencia de HDR codificada como una imagen única de definición, por ejemplo en un disco BD, o una secuencia de imágenes de AVC o de HEVC a través de una conexión de red), usamos una imagen de apariencia de HDR como la imagen de píxeles única, que se usa para codificar las texturas de color y las formas de objeto (véase, en el documento WO2015007505 del presente solicitante, cómo una imagen de HDR única de ese tipo se puede enviar a un receptor para definir los colores de píxel de al menos la apariencia de HDR, y cómo, con funciones de regradación apropiadas, el receptor puede calcular, procesando los colores en esa imagen, otras imágenes de apariencia). Con esto pretendemos indicar que tomamos la imagen de graduación maestra de HDR original, es decir, una imagen con graduado de color óptimo para tener la mejor apariencia en un visualizador de HDR de referencia como, por ejemplo, habitualmente un visualizador de brillo máximo de 5000 nit, y solo transforman esto mínimamente: básicamente solo aplican una función de asignación de código o función de transferencia optoelectrónica OETF (obsérvese que, aunque esta OETF define cómo se transfieren las luminancias de escena, según son captadas, por ejemplo, por una cámara, a códigos de luma, los ingenieros de televisión prefieren, en su lugar, especificar la función inversa, que es la función de transferencia electro-óptica EOTF, para ir de códigos de luma a luminancias representadas en visualizador de referencia) usando la OETF asigna óptimamente los bits disponibles, por ejemplo, 10, de códigos para el canal Y' de luma a lo largo de todos los valores de brillo que es necesario poder realizar en un visualizador de [0-5000] nit de referencia. Otras graduaciones deseadas para visualizadores de diferente brillo máximo se pueden realizar entonces transformando esta imagen de apariencia de HDR. En nuestro marco de trabajo, prevemos esta afinabilidad de apariencia de visualización haciendo habitualmente solo una segunda graduación que se encuentra en otro extremo del rango de visualizadores posibles a atender, en concreto una apariencia que es óptima o razonable de acuerdo con el creador de contenidos/graduador de color para un visualizador de brillo máximo de 100 nit (que es habitualmente el visualizador de referencia para la categoría de visualizadores de LDR). Obsérvese que esta es una codificación conjunta de una apariencia adicional en lugar de una mera etapa de recoloración de lado de creación. Esta transformación de color requerida se determina aplicando funciones de mapeo tales como funciones gamma que realizan un reajuste de brillo global (por ejemplo, dar brillo a los colores más oscuros en la imagen), curvas arbitrarias en forma de S o en forma de S invertida para ajustar el contraste local, funciones de procesamiento de saturación de color para ajustar, por ejemplo, la saturación al brillo correspondiente de algunos objetos o regiones en la imagen, etc. Se pueden codificar conjuntamente, de forma liberal, esas funciones (cualesquiera funciones sean necesarias, siempre que estas pertenezcan a un conjunto limitado de funciones de base que el receptor pueda entender de una forma normalizada) como metadatos asociados con la imagen de apariencia de HDR pixelizada, caso en el que DEFINIMOS paramétricamente la segunda imagen de graduación de apariencia de LDR a partir de la imagen de apariencia de HDR (es decir, ya no necesitamos codificar esa imagen de apariencia de LDR como una imagen de píxeles). Obsérvese cuidadosamente la diferencia con los sistemas de codificación de dos capas: en nuestro sistema, las funciones de transformación de color son todo lo que se codifica acerca de la segunda apariencia para poder regraduar la segunda apariencia en el receptor, por lo tanto en lugar de las funciones aproximadas estimativas de tecnologías de 2 imágenes, ¡nuestras funciones contienen el conocimiento inteligente completo de cómo se deberían comportar las iluminaciones de los diversos objetos en diversas apariencias de representación de acuerdo con el creador de contenidos! Dado este conocimiento de cómo los artistas creadores desean que la apariencia se transforme de la primera apariencia para visualizadores con un primer nivel de capacidades de representación de color a una segunda apariencia para visualizadores con un segundo nivel de capacidades de representación de color (en particular, el brillo máximo de visualización), un visualizador con capacidades intermedias (por ejemplo, un brillo máximo de 1200 nit) puede llegar entonces automáticamente a una imagen de accionamiento más óptima para su situación de representación usando el conocimiento en las dos graduaciones y realizando una interpolación (por ejemplo, el visualizador puede realizar un mezclado asimétrico de las dos imágenes pixelizadas de la apariencia de HDR y la imagen de apariencia de LDR obtenida a partir de la imagen de apariencia de HDR y las transformaciones funcionales, en las que los porcentajes de mezclado multiplicativos se determinan por cómo de próxima al visualizador de HDR o de LDR se encuentra el visualizador real en una escala psicovisual no lineal), lo que será

mejor que accionar el visualizador o bien con la imagen de apariencia de HDR original o bien con la imagen de apariencia de LDR.

5 Esta es una definición potente pero simple, no solamente de una apariencia de imagen (de HDR) única en una escena (por ejemplo, una representación de 5000 nit), sino de un marco de trabajo completo para obtener representaciones razonables de la escena para diversos visualizadores posibles en el sector como en la casa de un consumidor (e incluso, potencialmente, la adaptación al entorno de visualización, por ejemplo, aplicando un modelado post-gamma la sensibilidad de contraste cambiado de la visión humana bajo diversas iluminancias del entorno). Esto es principalmente útil, por ejemplo, para aplicaciones/escenarios en los que un creador ha realizado una versión de HDR correcta de su contenido, y desea tener, ante todo, esta apariencia de HDR en la codificación real enviada a los receptores (por ejemplo, en un disco BD de HDR, o pidiendo una película de HDR en línea por Internet, o una radiodifusión de televisión de HDR, etc.). No es necesario que un cliente que adquiere esta versión de contenido realmente tenga un visualizador de HDR, debido a que este puede adquirirla más adelante cuando este tenga, de hecho, un visualizador de HDR y entonces puede usar la conversión de HDR a LDR, pero la opción preferida sería cuando el cliente deseara un contenido para su visualizador de HDR.

10 Mientras que la forma anterior según la apariencia de HDR de codificación de escenas de HDR (según se explica, el modo i es que al menos las imágenes de apariencia de HDR se codifican como una imagen de píxeles pero, de hecho, también se codifican apariencias adicionales en esa misma escena, si bien entonces paramétricamente con funciones de transformación de color, tales como, por ejemplo, una realización de recorte, en la que la apariencia de LDR aísla un subrango de la imagen de HDR y recorta el resto) ya plantea desafíos técnicos significativos para llegar a un nuevo sistema técnico pragmático para una codificación futura de imagen pero principalmente también de vídeo (teniendo en cuenta factores tales como la simplicidad de diseño de CI para los fabricantes de hardware, pero permitiendo que los fabricantes de contenidos creen cualquier contenido de HDR hermoso, como películas de ciencia ficción, programas de televisión espectaculares, o documentales de naturaleza, etc., que quieran realizar, con muchos efectos de HDR creativos tales como lámparas que parecen realmente encendidas), el mercado deseaba aún otra capa de complejidad, que enseñaremos en esta descripción de patente.

20 En concreto, para algunas aplicaciones (que denominamos de modo ii), se puede querer tener una imagen de apariencia de LDR como la imagen pixelizada única que codifica los objetos de escena, que se escribe, por ejemplo, como imagen única en un disco blu-ray. Aunque el creador de contenidos también se preocupa mucho por la calidad de la apariencia de HDR, este se centra demasiado en la apariencia de LDR, que es similar a como sería con tecnologías heredadas. Habitualmente habrá entonces parámetros de función codificados conjuntamente en metadatos asociables para obtener una imagen de apariencia de HDR realizando un aumento de grado de la imagen de apariencia de LDR que se comunicó en la señal de imagen S im. Puede haber diversas razones para elegir esta variante de modo ii (o apariencia de LDR), que puede, por ejemplo, ser para sistemas heredados que son incapaces de realizar procesamiento alguno (por ejemplo, si se prefiere codificar la imagen única en una realización particular que codifica los colores como colores de Y'uv en lugar de una codificación de YCrCb, se seguiría pudiendo codificar esto en un marco de trabajo de HEVC heredado pretendiendo que la imagen de Y'uv es una imagen de YCrCb con colores extraños y usando adicionalmente esquemas de codificación basada en DCT heredados, según se normaliza en uno de los miembros de la familia de códecs de MPEG), pero también para aplicaciones que necesitan una apariencia de LDR (por ejemplo, ver una película en un visualizador portátil de bajo brillo) y puede que no quiera realizar mucho procesamiento. O quizá el creador no quiere invertir demasiado tiempo en crear una apariencia de HDR perfecta (sino que, por ejemplo, solo realiza una rápidamente realizando un ajuste preciso menor de una autoconversión de LDR a HDR que, por ejemplo, aísla regiones brillantes y las refuerza de forma no lineal, por ejemplo para una remasterización de una película antigua de Laurel y Hardy), y considera su apariencia de LDR la graduación maestra más importante de las apariencias de LDR y de HDR, que se deberían codificar directamente sin necesitar transformación de color alguna, con errores de color potenciales. Por ejemplo, un proveedor de servicios de radiodifusión de televisión puede elegir esta opción, especialmente para radiodifusiones de la vida real (por ejemplo, puede que no sea necesario que las noticias sean en la HDR más espectacular).

30 No obstante, esta codificación de apariencia de LDR (modo ii) tiene una complejidad adicional debido a la naturaleza matemática del problema y el procesamiento matemático de codificación, por un lado, frente a los deseos de graduación artística liberal por el otro, lo que convierte en una tarea desalentadora el alcanzar un marco de trabajo técnico conveniente. Para ser más precisos, por un lado necesitamos funciones que, en primer lugar, realicen un descenso de grado con respecto a la imagen de HDR maestra deseada y, en el receptor con estas funciones recibidas (o, realmente, las funciones inversas del descenso de grado), el receptor puede realizar un aumento de grado a al menos una aproximación cercana de la imagen de HDR original de nuevo, es decir, en los datos de parámetro de función de metadatos, habrá parámetros para funciones (obtenidos por el codificador a partir de las funciones que usó el graduador en el descenso de grado con respecto a la HDR maestra) que pueden mapear la imagen de LDR única con una predicción de HDR Rec\_HDR lo suficientemente cercana. Pero, por otro lado, la imagen de LDR debería parecer, cuando se represente directamente en un visualizador de + - 100 nit, es decir, sin transformación de color adicional, lo suficientemente buena de acuerdo con el graduador de color demasiado. Por lo tanto, existirá un equilibrio entre la selección de las funciones, y cómo estas influirán en las apariencias de LDR y de Rec\_HDR, y también tener en cuenta otras cuestiones, como que a los fabricantes de CI o de aparatos les gustaría ver un conjunto limitado de funciones convencionales que sean útiles para la regradación de apariencias, y a los

creadores de contenidos les gusta que esas funciones especifiquen rápidamente cualquier apariencia que ellos deseen, debido a que el tiempo de graduación es costoso y la temporización de los lanzamientos de las películas puede ser crítica. En la descripción posterior, describiremos un sistema práctico para manejar esta variante de modo ii de codificación de escenas de HDR.

5 Los siguientes documentos se refieren tangencialmente a nuestra presente invención, pero es sin embargo interesante mencionarlos y distinguirlos.

10 Durante la reunión en Sapporo de MPEG2014/M34274, R. van de Vleuten et al., de Philips, publicaron (en julio de 2014, por lo tanto después de la fecha de prioridad de esta solicitud) el documento "Proposed electro-optical transfer function (EOTF) for HDR video delivery". Este documento contiene la EOTF que también se usa en nuestras realizaciones para realizar un mapeo con el rango dinámico de LDR. No obstante, este documento solo enseña que esta EOTF tiene unas propiedades de correlación convenientes para la apariencia de luminosidad para el ser humano y, por lo tanto, podría ser útil como una función de asignación de código de luma para la codificación de 15 imágenes de HDR. Por tanto, claramente, lo que se puede extraer de este documento es, como mucho, una enseñanza o inspiración de que, si se desea codificar un vídeo o imagen de HDR maestra única, es decir, las imágenes con lumas de píxel codificadas para, por ejemplo, un visualizador de 5000 nit, entonces esta EOTF es útil. Codificar solamente un vídeo de HDR quiere decir que solo hay imágenes definidas con referencia a, por ejemplo, un brillo máximo de 1000 nit o de 5000 nit, que necesita comunicarse a los receptores, y no hay nada más, en particular ninguna otra apariencia graduada en las mismas imágenes de escena como imágenes de brillo máximo de 20 100 nit de LDR, que también necesiten comunicarse. Esta codificación de vídeo de HDR única es mucho más simple técnicamente, y una visión diferente sobre la codificación de HDR que no es lo que enseña la presente invención. Tales imágenes solo de HDR no son convenientes para una visualización directa en visualizadores de LDR heredados, que habitualmente tienen un brillo máximo de en torno a 100 nit, como, por ejemplo, las regiones oscuras parecerán excesivamente oscuras en un visualizador de ese tipo que es 50 veces más oscuro que el 25 visualizador de 5000 nit para el que se crearon las imágenes de HDR. Tal como se ha mencionado con claridad anteriormente, la presente solicitud proporciona tecnologías para los escenarios, caso en el que se desea transportar información de HDR de una escena de HDR original a un receptor, pero realmente se desea comunicar una versión de LDR de tal imagen (de una forma que, no obstante, permite reconstruir la imagen de HDR en el receptor), que da una apariencia apropiada cuando se representa directamente en un visualizador heredado, es decir, no siendo demasiado oscuras las regiones oscuras. Este es un requisito técnico muy diferente de la codificación únicamente de imágenes de HDR y, por lo tanto, esta solicitud enseña factores adicionales convenientemente contemplados.

35 El documento m34165 de la misma reunión en Sapporo de Tourapis et al. "Report on the XYZ/HDR exploratory experiment 1: EOTFs for XYZ HDR delivery", de forma similar, es solo un estudio acerca de cómo se comportan diversas funciones de EOTF de ese tipo cuando solo se codifican imágenes de HDR con las mismas (debido a que el uso de la EOTF errónea puede conducir a un efecto de banda en el lado de recepción), es decir, sin consideración, o siquiera mención alguna a la necesidad de una imagen de LDR, por no mencionar la calidad visual o artística de esa imagen de LDR.

40 El documento WO2013/046095 enseña principios técnicos generales necesarios para poder realizar cualquier descodificación de HDR, en particular, de nuevo, descodificación de datos de escena de HDR, que se codificaron como imágenes únicas de HDR, pero, que no es necesario que se representen necesariamente en un visualizador con el mismo brillo máximo de visualización (PB\_D) como la luminancia de punto blanco de la imagen de HDR 45 recibida (por ejemplo, considérese una unidad de adaptación multimedios que recibe contenido de HDR especificado, es decir, con los brillos de píxeles de objeto de imagen con graduado de color correcto a representar en un visualizador de referencia de PB\_D de 5000 nit, no obstante, este tiene un visualizador acoplado de, por ejemplo, PB\_D de 2000 nit, o 7000 nit, por lo tanto, esta ha de realizar una transformación de rango dinámico óptima para obtener las imágenes con una apariencia correcta para enviar a su visualizador conectado real). Esta necesita saber diversas cosas, tales como cuál era la luminancia de punto blanco del código (por ejemplo, si  $R = G = B = 1023$  quería decir un blanco de 1000 nit, o de 5000 nit, debido a que ello cambiaría seriamente la transformación necesaria a un cierto blanco representable en el visualizador conectado), y cuál es la EOTF usada que define realmente los códigos de luma o de RGB, es decir, que vincula códigos de luma con las luminancias que se supone que representan los mismos, es decir, que se han de representar en el visualizador conectado. También existen 55 algunas enseñanzas generales acerca de que algunos datos de transformación de rango dinámico se pueden comunicar conjuntamente con la imagen/imágenes/vídeo de HDR (únicos) comunicados o, tal vez, imagen/imágenes de LDR comunicadas. Esta enseñanza podría, en el mejor de los casos, inspirar a un lector experto a comunicar conjuntamente una cierta modificación de apariencia deseada con la imagen (por ejemplo, la HDR se podría oscurecer a propósito en cierta medida por cualquier razón y, entonces, dársele brillo de nuevo en el lado de receptor comunicando un mapeo de tonos/transformación de rango dinámico de abrillantamiento o, tal vez, la transformada tendría lugar en el lado de recepción independientemente de lo que habría hecho el lado de codificación con la imagen antes de transmitirla; esta función de mapeo de tonos se debería contrastar con la EOTF, que es una asignación puramente técnica de códigos de luma a luminancias, pero el mapeo de tonos puede realizar un cierto cambio adicional de los brillos de los píxeles, por ejemplo realizado técnicamente como un mapeo de 60 entrada\_luma a salida\_luma, por ejemplo por razones artísticas). Por lo tanto, al enseñar esa solicitud de patente acerca del marco de trabajo de manipulación de datos central para gestionar la comprensión del significado de un

cierto tipo de codificación de imágenes de HDR (definido por el brillo máximo con la que se corresponde el máximo de los códigos, por ejemplo  $R = G = B = 1023$  necesita representarse como blanco de 5000 nit; y cuya EOTF se usó para asignar todos los códigos de luma de RGB a luminancias y valores de RGB lineales reales a representar en visualizador), lo que no se puede obtener a partir de esto es la construcción de un sistema técnico específico, nuevo y diferente, que comunica los datos de imagen de HDR como imágenes de LDR como en la presente solicitud, por no mencionar los componentes necesarios específicos para realizarlo de forma pragmática según se reivindica.

El documento JVT-S087 de la 19ª Reunión de MPEG de Ginebra: Segall et al. "Tone mapping SEI message", solo enseña genéricamente que, si alguien desea que se aplique "un cierto" mapeo de tonos a las luminancias de píxel, entonces puede comunicar esto en un mensaje de SEI de metadatos dedicado. Es decir, el lado de recepción podría recibir entonces, por ejemplo, una codificación de 10 bits de una imagen de HDR y, por ejemplo, usar la imagen de SEI para realizar una conversión a una imagen de LDR de 8 bits convencional que se corresponde con la misma, es decir, con brillos de píxeles de objeto más convenientes para su representación en un visualizador de PB\_C de 100 nit (en lugar del visualizador de, por ejemplo, 1000 nit o 5000 nit para el que se hizo la imagen de HDR). Por ejemplo, se puede usar una forma sigmoide. De nuevo, esto es un ejemplo de comunicar solamente los datos de color de píxel de un vídeo de HDR de imágenes, por lo tanto este documento no contiene, de nuevo, cosa alguna suficiente para inspirar hacia siquiera un cierto componente de un sistema de codificación doble conforme con LDR para imágenes de HDR, como sí hemos hecho nosotros.

El documento JCTVC-P0159r/m32076 de Lasserre et al. "High dynamic range video coding" es un ejemplo de un sistema de 2 capas (es decir, una secuencia de imagen básica, y una secuencia de imágenes de corrección) (véase la figura 1), por lo tanto muy alejada de nuestra tecnología, y sin contener nada útil, o ni siquiera de consulta probable para una inspiración útil. Los sistemas de dos capas son, en su filosofía técnica y, por lo tanto, en la construcción y en los componentes técnicos usados, muy diferentes de las codificaciones de imagen única, más transformaciones de funciones de color, para obtener otras imágenes de rango dinámico.

El de los documentos EP2406959 o WO2010/105036 también es solo una codificación de HDR de dos capas (véase la secuencia de bits residual 742 de la figura 7), por lo tanto muy diferente y no relevante para obtener unas enseñanzas lo suficientemente próximas a los conceptos de la presente solicitud. Este proporciona una visión interesante acerca de algunos aspectos de la codificación de imágenes de HDR como información de antecedentes.

El documento M34355 de la reunión de julio en Sapporo (de nuevo después de la fecha de prioridad) de Stessen et al de Philips "Chromaticity-based color signals" enseña que cuando se quiere codificar imagen/imágenes de HDR (únicas), se puede desear usar un espacio de color que no sea el espacio de color Y'CbCr de la codificación de LDR heredada. Este menciona de nuevo que el eje de "brillo" de este espacio de color se podría definir con la EOTF de Philips, que también se usa, sin que ello sea sorprendente, en algunas otras de nuestras divulgaciones o enseñanzas, como en la presente solicitud de patente. El documento entonces enseña adicionalmente que si se desea realizar un procesamiento de color en un espacio que se determina, por ejemplo, por medio de una EOTF muy curvada de este tipo y dos crominancias, por ejemplo si un receptor quería realizar su transformación de rango, sin importar lo dinámico que sea, u otra optimización de color a su término, por ejemplo cualquier cosa que este haya decidido automáticamente podría ser una transformada razonable para convertir la imagen/imágenes de HDR recibidas en imagen/imágenes de LDR, entonces puede que este espacio no sea tan conveniente, y podrían resultar errores de color de una magnitud mayor de lo deseable. Por lo tanto, los autores introducen, para los dos canales de color, unas cromaticidades que son independientes del rango dinámico. De esto se podría obtener poco de valor para las enseñanzas de la presente solicitud, por no mencionar que esas enseñanzas encajarían en el patrón de la tecnología necesaria para una codificación o descodificación de vídeo de HDR basado en LDR.

La propuesta genérica de Philips de TM-AVC0671 presentada en el foro de normalización de DVB, es meramente un sistema de caja negra de alto nivel que enseña, desde un punto de vista empresarial, que hemos desarrollado una posibilidad (de modo ii) para codificar imágenes de HDR comunicando realmente imágenes de LDR (+ el tipo correcto de metadatos funcionales, tuvimos que investigar largo tiempo un invento, para que funcionara repentinamente). No obstante, esta no da detalle específico alguno acerca de los componentes necesarios, según se presenta en esta solicitud de patente. Esta solo indica que hay una caja de "convertidor de rangos dinámicos", y una persona de suficiente experiencia entendería lo que haría esta en una topología de sistema de ese tipo, pero no se divulga detalle alguno de los detalles internos. También se muestra un volcado de pantalla de nuestra herramienta de graduación, que un graduador humano en el lado de creación podría usar para especificar la totalidad de las funciones necesarias, como también en la presente invención, pero el presente solicitante tuvo cuidado de no mostrar detalle técnico alguno que se pudiera obtener de esa imagen simple.

Sumario de la invención

Necesitamos tener una codificación mejorada de imágenes de HDR y, en particular, comenzamos con la filosofía de que, especialmente en el momento actual en el que sigue habiendo muchos sistemas de LDR heredados presentes en el sector, son necesarios unos ciertos niveles de compatibilidad. Esto significa, por un lado, que nos gustaría seguir usando los CI de (des)codificador existentes, que implementan una funcionalidad como (I)DCT [= compatibilidad de primer nivel con las tecnologías de comunicación de imagen]. Pero, además, es necesario que

5 haya una compatibilidad de segundo nivel con visualizadores que, debido a su brillo máximo bajo, necesitan imágenes de LDR (es decir, una apariencia de LDR, no una apariencia de HDR con, por ejemplo, colores demasiado oscuros en las partes más oscuras de la imagen, sino más bien con colores más oscuros a los que se ha dado brillo para una mejor visibilidad en visualizadores de LDR) debido a que estas solo pueden representar imágenes de LDR (es decir, la apariencia de LDR correcta bajo una capacidad de rango dinámico de visualización de ese tipo). Esto es debido a que además de las TV heredadas actualmente desplegadas, en el futuro lejano habrá un espectro de visualizadores que varían desde los visualizadores portátiles pequeños de baja capacidad de brillo como ordenadores portátiles o de tipo tableta o incluso teléfonos móviles en los que un consumidor también desea ver una cierta representación de una película de HDR, hasta los visualizadores de HDR más avanzados, que en el futuro pueden tener un brillo máximo de, por ejemplo, 10000 nit, y todos los visualizadores entremedias o en torno a esos. Entonces, aunque el visualizador aún puede ser heredado y simple, este puede ser atendido por un nuevo CI de descodificación y de mapeo de color de alta complejidad en, por ejemplo, una unidad de adaptación multimedia u ordenador futuro que suministre el contenido de HDR por medio de, por ejemplo, una conexión de HDMI o de otro tipo, ofreciendo esa unidad de adaptación multimedia cualquier combinación de las opciones que inventamos y describimos. Obsérvese que una imagen de LDR heredada necesitaría ser una cierta optimización entre el contraste intra-objeto e inter-objeto. Nos gustaría ver claramente las texturas interiores de objetos, y aún así también deseamos tener, en la imagen de LDR, una impresión de la apariencia con gran contraste de HDR, tal vez enorme, de la escena original. Es decir, puede que la diferencia entre una región de alto y bajo brillo no se pueda representar a la perfección con la imagen de LDR, pero debería seguir habiendo un vestigio de esto, haciendo que los cambios de iluminación en la escena sigan siendo transmisibles de una forma tan óptima como sea posible en LDR por el graduador humano.

25 Hemos convertido estos requisitos a un enfoque en el que, en el escenario ideal, se necesitarían (al menos) dos graduaciones para la misma película o imágenes procedentes del proveedor de contenidos, que simplemente denominaremos imagen de LDR (a usar para escenarios de visualizador de LDR, por ejemplo con visualizadores con brillo máximo en torno a 100 nit) y una imagen de HDR (para los visualizadores más brillantes, por ejemplo un visualizador de referencia de brillo máximo de 5000 nit).

30 Por lo tanto, para varios escenarios a modo de ejemplo prácticos, tenemos como punto de partida para las realizaciones de codificación de HDR novedosas, como entrada, una imagen graduada con HDR maestra (digamos que esta se gradúa a voluntad de acuerdo con el que quiera que fuera el gusto del creador con cualquier software de procesamiento de color y, por ejemplo, se codifica en una codificación de color de partida como OpenEXR, y este puede ser incluso un aumento de grado a una apariencia de HDR de una imagen que fue captada originalmente como LDR, por ejemplo añadiendo efectos de gráficos informáticos). Entonces, necesitamos codificar esta HDR maestra (M\_HDR) de una forma que sea utilizable en la práctica para las tecnologías actuales de codificación de vídeo o de imagen (es decir, que se modifique solo minoritariamente con respecto a la forma normal de uso de tales tecnologías de codificación, lo que puede comportar una redefinición de los significados del código, es decir, las luminancias respectivas codificadas por diversos códigos de luma, pero no que, por ejemplo, sea necesario cambiar todos los buses a 12 bits, es decir, nuestros métodos deberían funcionar con un hardware de 12 bits, pero también si solo se encuentran disponibles 10 bits por componente, o si se acepta una calidad un tanto más baja incluso en sistemas de 8 bits), para, por ejemplo, un reproductor de discos BD nuevo, o un CI de televisión que recibe vídeo transmitido por secuencias por Internet, o cualquier receptor conectado a cualquier fuente de imágenes esencialmente conforme con una variante de las tecnologías de codificación de imagen/vídeo actuales.

45 Hemos llegado a la comprensión importante de que una imagen de HDR se puede codificar como una imagen de apariencia de LDR (es decir, una imagen que, con poco o nada de procesamiento colorimétrico - tal vez una conversión a otro espacio de color, pero ningún o no demasiado mapeo de tonos para convertir los brillos de los objetos de imagen para que sea más adecuada para un visualizador con otro rango dinámico de luminancia- se puede usar directamente para una visualización de calidad conveniente en un visualizador de LDR) si solo una añade los parámetros de las funciones de mapeo de color que pueden convertir esa apariencia de LDR en una imagen de apariencia de HDR (nuestro modo ii). El lector debería contemplar que esto no es algo trivial que hacer, incluso teóricamente, ciertamente no a priori, pero incluso después de haber establecido la tarea técnica (debido a que parecería, sin el desarrollo adicional correcto, algo contradictorio codificar una apariencia por medio de otra apariencia que se supone que es diferente). En particular, debido a que muchas de nuestras realizaciones comienzan por una M\_HDR existente, las funciones pueden mapear la imagen pixelizada de apariencia de LDR codificada para dar una reconstrucción próxima Rec\_HDR del M\_HDR. Pero, por supuesto, genéricamente esto no puede simplemente hacerse de cualquier forma ad hoc particular, es decir, se necesita una cadena de codificación técnica específica.

60 Nuestra invención se puede realizar, por ejemplo, al menos de las siguientes formas: Un método de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR), que comprende las etapas de:

- convertir la imagen de rango dinámico alto en una imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o) aplicando: a) normalización de la imagen de rango dinámico alto a una escala del eje de luma que es [0, 1] dando una imagen de rango dinámico alto normalizada con colores normalizados que tienen luminancias normalizadas (Yn HDR), b) calcular una función gamma sobre las luminancias normalizadas dando luminancias



convertidas con gamma ( $x_g$ ), c) aplicar un primer mapeo de tonos que refuerza aquellas luminancias convertidas con gamma de los píxeles de la imagen de rango dinámico alto normalizada que se encuentran por debajo de 0,1 con una cantidad predeterminada que se encuentra entre 1,5 y 5,0, que da lumas ( $v$ ), y d) aplicar una función de mapeo de tonos arbitrario monótonamente creciente que mapea las lumas que resultan de realizar las etapas b y c con lumas de salida ( $Y_n\_LDR$ ) de la imagen de rango dinámico inferior ( $LDR_o$ ); y

- emitir, en una señal de imagen ( $S\_im$ ), una codificación de los colores de píxel de la imagen de rango dinámico de luminancia inferior ( $LDR_o$ ), y
- emitir, en la señal de imagen ( $S\_im$ ), valores que codifican las formas de función de las conversiones de color anteriores b a d como metadatos, o valores para sus funciones inversas, metadatos que permiten que un receptor reconstruya una imagen de rango dinámico alto reconstruida ( $Rec\_HDR$ ) a partir de la imagen de rango dinámico de luminancia inferior ( $LDR_o$ ).

Esta combinación especial de funciones de conversión de luma ha mostrado ser una forma muy conveniente de manejar la codificación de imágenes de HDR en la mentalidad del modo ii, es decir, en particular en la forma doble de codificación de imágenes de HDR como imágenes de apariencia de LDR obtenidas por estas funciones de conversión a partir de una HDR maestra, imágenes de LDR que sirven para el doble fin de codificar fielmente la apariencia de HDR así como de ser imágenes de apariencia de LDR que pueden utilizarse bien.

Obsérvese que se puede usar cualquier codificación de los colores de píxel, es decir, representar los colores de los píxeles en un cierto sistema de codificación de espacio de color, y algunas serán más pragmáticas que otras. Por ejemplo, el  $LDR_o$  se podría emitir como una imagen (de R'G'B') [en donde los guiones indican un cierto mapeo no lineal de componentes de RGB lineales]. Explicamos con un ejemplo la posibilidad de codificar la imagen de LDR para comunicarse a un receptor de una forma  $Y_u'v'$  y, entonces, también el procesamiento como el mapeo de tonos se puede realizar en una representación  $Yxy$  con coordenadas de cromaticidad  $xy$  como, por ejemplo, entonces  $u'v'$ , pero los mismos principios posteriores de la invención también se pueden materializar en otras representaciones de color, por ejemplo representaciones RGB lineales (es decir, los cálculos se realizan entonces con componentes de RGB directamente en lugar de componentes de Y), etc. Asimismo, el experto entenderá cuál de varias formas se puede usar para codificar conjuntamente los parámetros que caracterizan los mapeos funcionales (que pueden ser, por ejemplo, una función multilineal definida por sus puntos de cambio de segmento), que habitualmente se encontrarán como metadatos en o se podrán asociar con la señal de imagen  $S\_im$  (por ejemplo, una estructura de mensaje de SEI o similar), lo que significa que, en el momento en el que un receptor necesita los parámetros para dar sentido a los datos de color de píxel codificados para transformarlos en, por ejemplo, una imagen de salida de RGB lineal para su representación en un visualizador conectado, este ha de haber obtenido esos parámetros de definición de apariencia por alguna tecnología de comunicación de datos, por ejemplo una ubicación de memoria conectable por medio de un cierto enlace de comunicación.

Esta combinación particular de un mapeo de "sensibilidad" que da brillo a al menos los colores de objeto más oscuros en una imagen (en un subrango de colores de píxel más oscuros, que, en la práctica, se puede definir que son las luminancias del 10 % más bajo de una imagen lineal normalizada, que puede ser, por ejemplo, un canal Y, o los valores de RGB lineales más bajos correspondientes) y una función de gamma/potencia funciona convenientemente para manejar las características colorimétricas de las imágenes de HDR y, en particular, su falta de concordancia típica con una representación de LDR. Por supuesto, se podrían prever muchas representaciones de LDR, por ejemplo la trivial que simplemente ignora todos los colores que se consideran demasiado brillantes u oscuros por medio de recorte, pero que no es necesariamente la mejor apariencia de LDR, y ciertamente no utilizable para una reconstrucción de apariencia de HDR de calidad conveniente.

Debido a que tanto una imagen de HDR (directamente en modo i) como una imagen de LDR (en particular, una imagen de LDR que realmente está codificando una imagen de HDR) se pueden codificar realmente en un contenedor de HEVC similar, por ejemplo, de 3 x 10 bits, alguien podría preguntar cuál es la diferencia entonces entre una imagen de HDR y de LDR. Esta diferencia es una diferencia colorimétrica, que es muy importante cuando están involucrados un visualizador, el entorno de visualización y el espectador. Matemáticamente, esta se puede medir a partir de los valores de píxel típicos en la imagen normalizada (es decir, una imagen de LDR o de HDR normalizada) y, en particular, el histograma. Si esta es una imagen de LDR ordinaria, habitualmente no habrá un contraste tan alto entre los colores de píxel más oscuros y los más brillantes. Por supuesto, también en una imagen de LDR puede haber valores que son de color blanco, así como valores que son de color negro (cero), pero estos se corresponderán con diferentes luminancias reales a representar, debido a que existe una función de asignación de código diferente que las define. Nuestros receptores/descodificadores novedosos reconocerán la situación y, en cada caso, aplicarán la descodificación apropiada. Cuando decimos que la imagen de LDR debería ser directamente utilizable en un visualizador heredado, pretendemos indicar que el receptor que suministra imágenes descodificadas al receptor entenderá/descodificará los valores de luma con una función de asignación de código heredada, es decir, habitualmente la gamma 2,2 de Rec. 709. Entonces, una imagen de HDR\_maestra (de modo i) puede ser codificada por una función de asignación de código totalmente diferente, lo que significa que una luma de negro de, por ejemplo, 0,05 se corresponde con un negro mucho más oscuro que para una imagen de LDR, y 0.96 se corresponde con un color mucho más brillante. ¡Además de que el modo ii introduce un concepto nuevo adicional, de que los códigos de luma pueden entonces estar relacionados con las lumas de HDR a representar por aún otra asignación de código, y que incluso pueden ser variables dependiendo de las elecciones realizadas por el graduador

(en particular, la curva personalizada)! En particular, una imagen de modo i no tendrá habitualmente un histograma relativamente uniforme (bien iluminado) como en la codificación de LDR heredada, pero habitualmente un histograma bimodal, en el que hay una serie de objetos más oscuros, y una serie de píxeles mucho más brillantes (por ejemplo, los píxeles exteriores que serían 100 veces más brillantes en una representación de luminancia lineal, pero pueden ser, por ejemplo, 3 veces más brillantes cuando se usa una función de asignación de código particular, es decir, en la representación de luma usada en última instancia). En algunas imágenes de HDR, el número de los píxeles más brillantes también puede ser pequeño, por ejemplo un par de lámparas en una escena nocturna. En una imagen de modo ii, de nuevo la relación será diferente. Seguirá habiendo una cierta diferencia suficiente entre las regiones brillantes y oscuras (suponiendo en la explicación simple en el presente caso que las imágenes de HDR se forman así), no solo debido a que entonces funciones relativamente simples se pueden mapear con el Rec\_HDR, sino también debido a que incluso la representación directa de LDR, se puede desear conservar algo de la apariencia de contraste. Pero, por otro lado, los dos rangos de luminancia se pueden haber contraído uno hacia otro o uno en otro hasta un cierto punto debido a las limitaciones de la gama de LDR. Pero lo que es importante en todo esto es que aún se puede ver una cierta marca de si una imagen era de una escena de LDR o de HDR. Los algoritmos matemáticos de análisis de imagen no solo pueden analizar la apariencia de rango dinámico como codificada en imágenes (por ejemplo, para la producción de televisión en tiempo real en la que la calidad definitiva de las apariencias es menos importante que, por ejemplo, los costes de producción), para las cuales se puede usar una unidad de análisis de imagen 177. Pero en general nuestras tecnologías de codificación en su formato de la más alta calidad se usarán con un graduador de color humano al término de la creación, quien puede ver, habitualmente en un visualizador de HDR y de LDR, cómo se comporta el sistema (es decir, lo que realmente parecen las apariencias de LDR y de HDR), girar los selectores de su teclado de graduación y, en última instancia, codificar una imagen de LDR y las funciones de reconstrucción de HDR con las que este está satisfecho. Obsérvese que, habitualmente, los receptores no necesitan realizar un análisis completo de la situación. Estos no necesitan tener cuidado en sí acerca de si la imagen normalizada que recibieron era una imagen de HDR o una imagen de LDR, ni qué variante de la imagen de LDR. Estos simplemente necesitan aplicar "a ciegas" las funciones que reciben. La única cosa que habitualmente necesitan saber es qué definen las funciones y/o qué define la imagen única. Por lo tanto, habitualmente la señal contendrá un indicador (IND) de qué tipo de señal es la misma. Por supuesto, se pueden comunicar muchas cosas acerca de la señal, por ejemplo para televisiones que desean realizar su propia mejora de imagen adicional inteligente, pero habitualmente lo que un receptor necesita saber mínimamente es que esta señal de codificación de HDR S<sub>im</sub> es del tipo que contiene una imagen directamente utilizable para la representación de LDR (si su apariencia puede, o no, ser sometido a ajuste preciso para dar una imagen de LDR mejor por receptores que pueden realizar un mapeo de tonos de la imagen de LDR recibida LDR<sub>t</sub> con funciones de mapeo de tonos adicional [parametrizadas con Ff1, Ff2, etc.]). Con esta información, el receptor sabe que, si a un visualizador de LDR conectado se le han de proporcionar las imágenes apropiadas, las imágenes de apariencia de LDR se pueden enviar directamente al mismo, y si este es un visualizador de HDR, en primer lugar se aplicarán las transformaciones de color para obtener las imágenes de HDR correctas para su representación. El lector experto entenderá que esto se puede indicar de varias formas, por ejemplo con una palabra clave como "DIRECTLDR", o con un conjunto de números "100/5000", que indican que la imagen única es una imagen prevista para un visualizador de 100 nit (un visualizador real o de referencia) y se obtuvo de y se puede mapear con una imagen de HDR de 5000 nit (lo que no quiere decir que no se puedan obtener otras imágenes para visualizadores de otro brillo máximo a partir de la imagen de LDR con la información en los parámetros que definen las funciones de transformación de color), etc.

Si entonces contemplamos con un poco más de detalle lo que puede ser habitualmente una imagen de HDR (cuando se normaliza y se va a graduar a una imagen de LDR de modo ii óptima), se debería entender cómo diversas escenas habitualmente se someterán a graduación maestra en un entorno definido para un visualizador de referencia de HDR con un brillo máximo de, por ejemplo, 5000 o 10000 nit.

De nuevo, tomando el ejemplo explicativo de una escena de interiores con una zona exterior soleada y brillante, se puede querer graduar los colores de exteriores en el M HDR a aproximadamente un gris medio de HDR, por lo tanto aproximadamente un 20 % de 5000 nit, es decir, + -1000 nit. Los colores de interiores no deberían representarse con luminancias de interiores típicas reales, debido a que estamos viendo la película en otro entorno, por ejemplo un entorno de luminosidad atenuada típico de visualización de televisión. Por lo tanto, definitivamente los colores de interiores no deberían representarse a 1/100 de las luminancias de píxel de una zona exterior soleada, debido a que esas tampoco se representan exactamente, solo una copia exacta en cualquier lado de recepción de lo que hubiera sido la graduación maestra de referencia en el visualizador de referencia. Necesitamos tener en cuenta la apariencia para el espectador promedio adaptado, en particular que, en la apariencia de HDR, las zonas de interiores no deberían parecer oscuras de forma poco realista. Podemos graduar esos colores a, por ejemplo, 1/10 de la luminancia promedio de los colores de región de imagen de una "zona exterior soleada", por lo tanto en torno a + - 100 nit. No obstante, mapeando ingenuamente entonces esas lumas en un visualizador de referencia de LDR de 100 nit (con un mapeo de color que está, por ejemplo, próximo a un estiramiento lineal, al menos conceptualmente), los colores de una zona exterior soleada en LDR parecerían perfectos, en torno a aproximadamente 20 nit y más arriba hasta el blanco, pero los colores del interior se representarían en torno a 2 nit, lo que se vería como negros psicovisuales. Esta es la razón por la que se necesita realizar "una cierta" optimización, lo que podría ser bastante complejo dependiendo de la complejidad de una escena de HDR particular, que es por lo que preferiblemente se tiene un graduador de color humano involucrado en el lado de creación de contenido, para los aspectos de nuestro

marco de trabajo de codificación. Para hacer que esos colores de interiores también se puedan visualizar de una forma razonable, los podemos poner algo más oscuros que un gris medio (18 %), pero no demasiado en la optimización. Por lo tanto, podemos querer reforzar esos colores más oscuros con un factor habitualmente entre 5 y 7 (dependiendo de lo que se encuentra en las subregiones oscuras, respectivamente brillantes, por supuesto, la optimización puede ser diferente para un sótano oscuro en el que apenas se verían herramientas en la pared y puede recortar la luz de la lámpara que lo ilumina), manteniendo los colores más brillantes por encima de aquél. La figura 5 muestra dos escenarios a modo de ejemplo de nuestra cadena de codificación de HDR/LDR. Las curvas 501 y 502 muestran solo unas primeras curvas de mapeo de tonos (de "sensibilidad") típicas, es decir, antes de la gamma. Estas se definen por  $v = \frac{\log(1+(RHO-1)*xg)}{\log(RHO)}$ , con valores normalizados posibles para la xg de entrada entre cero y 1,0, y un valor de RHO óptimo en el caso de que la HDR maestra se definiera con un brillo máximo de visualizador de referencia de 1000 nit para la curva 501 (lo que significa que, cualquiera que fuera el contenido que se encontraba en la escena captada, las luminancias de objeto en el M\_HDR se definen entre cero y, como máximo, 1000 nit, el valor al que se puede graduar, por ejemplo, una chispa de soldadura o el sol), y 5000 nit para la curva 502. El valor de RHO óptimo se puede determinar de muchas formas, como entenderá el lector experto. Por ejemplo, el graduador puede elegirlo, apropiada para lo que él considere una apariencia de LDR conveniente dada la imagen de M\_HDR específica. O, un aparato en el lado de creación puede calcularla automáticamente, por ejemplo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$RHO = potencia(33, \left( \frac{\log(1 + (33 - 1) * potencia \left( \left( \frac{PB_{HDR}}{10000} \right) - \frac{1}{GAM} \right))}{\log(33)} \right)).$$

En esta ecuación,  $PB_{HDR}$  es el brillo máximo del visualizador de referencia asociado con la graduación de M\_HDR (es decir, que define el rango de valores posibles, y habitualmente se corresponde con la PB de un visualizador real en el que el graduador estudió y creó su apariencia de HDR maestra), por ejemplo 1000 o 5000 nit como en la figura 5, y GAM es un valor de gamma, que habitualmente puede ser, por ejemplo, de 2,4. Por supuesto, el aparato (o graduador) se puede desviar de estos valores debido a cualquier otro algoritmo o heurística, por ejemplo en el caso de que se requiera una apariencia algo más brillante, o más plana, etc.

Entonces se puede ver en la figura 5 que, si se determinan los factores de refuerzo (en comparación con la diagonal, la luma de HDR normalizada se encuentra en el eje x y la luma de LDR normalizada en el eje y) para la parte de mapeo de tonos primera/de sensibilidad solo a un valor entre + - 1,5 y 4,0, se obtienen después de aplicar el mapeo de gamma también con una gamma de 2,4, factores de refuerzo de en torno a 6-7 para el 10 % más oscuro de los colores (siendo las curvas 503, respectivamente 504, el mapeo combinado de logaritmo y gamma), que es a grandes rasgos lo que se necesita (el graduador puede realizar un ajuste preciso posteriormente, según se desee con su curva de mapeo de tonos arbitraria, pero esta es una estrategia conveniente para, por ejemplo, aparatos de autoconversión, que involucran mínimamente al graduador solo en el caso de que sea necesario o deseable un ajuste preciso). En general se querría tener genéricamente un refuerzo de + - 4-8 para las operaciones de mapeo de tonos de logaritmo/gamma combinado (es decir, la unidad 602 y 603), lo que querría decir que un valor de refuerzo entre 1,5 y 5,0 solo sería apropiado para la parte de sensibilidad basada en RHO (la unidad 603). Cualquier función de mapeo de tonos para la unidad 603 que tenga un comportamiento de ese tipo para los colores más oscuros satisfaría lo que necesitamos para nuestra invención, pero la ecuación anterior basada en logaritmo es una forma pragmática y simple de lograr esto. El comportamiento para los colores más claros anteriores habitualmente será una compresión suave, es decir, con una forma de función que habitualmente mapea de forma no lineal las luminancias más claras por encima del rango ocupado por los colores más oscuros reforzados. Entonces se pueden tener imágenes de HDR muy complejas, que podrían desear otros valores, pero tales situaciones extremas se pueden manejar mediante una definición de curva arbitraria apropiada por el graduador (o un algoritmo de graduación automática). Obsérvese que, en el lado de descodificación, la cadena de procesamiento necesita ser sustancialmente invertible, para poder calcular Rec\_HDR a partir de la imagen/imágenes de LDR únicas comunicadas. Sustancialmente invertible significa que no necesariamente tenemos que obtener exactamente los mismos valores de componente de color en Rec HDR que en el M\_HDR original, pero las diferencias de color se deberían encontrar dentro de un límite de tolerancia. Para ello el receptor debería, en última instancia, ser capaz de obtener las funciones de transformación de color necesarias para realizar un aumento de grado a la apariencia de HDR Rec\_HDR, si este las calcula invirtiendo las funciones de descenso de grado usadas originalmente en el lado de receptor cuando se realiza la forma de LDR\_o (de o LDR\_i) M\_HDR y recibiendo la información de forma de esas funciones, o recibiendo directamente las funciones inversas necesarias para realizar el aumento de grado a Rec\_HDR. Habitualmente, esto significará, entre otras cosas, que para la función de mapeo de tonos arbitrario que el graduador puede definir para dar un ajuste preciso a la apariencia de LDR a sus preferencias estrictas, este necesitará definir una función arbitraria monótonamente creciente que relaciona las lumas de LDR y de HDR normalizadas, como entenderá el experto.

La cadena técnica de modo ii básica puede trabajar de una forma simple. Por ejemplo, para algunas escenas menos críticas, el graduador puede llenar la función arbitraria, siendo los valores por defecto una transformada identidad. Obsérvese también que, aunque describimos los componentes técnicos básicos necesarios en la cadena, en realizaciones prácticas, uno o más de estos bloques se pueden agrupar en unidades reales que realizan las

funciones. Por ejemplo, en algunas aplicaciones, puede ser deseable enviar una LUT total de todas las funciones de mapeo de color conjuntamente mientras que, en otras aplicaciones, puede ser ventajoso enviar las funciones separadas, debido a que la televisión (automáticamente, por ejemplo después del análisis de la escena, o bajo el control de la interfaz de usuario por el espectador) puede, por ejemplo, querer afinar adicionalmente, por ejemplo, la primera función que da brillo a la imagen en cierta medida en comparación con el valor de sensibilidad o de RHO recibido por medio de la tecnología de comunicación de imagen/vídeo. Unas versiones más avanzadas pueden usar algunas etapas de procesamiento adicionales, por ejemplo el método de codificación puede determinar un valor de ganancia (gan) para mapear la luma máxima de la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o) con un valor específico de los valores posibles en la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), y codificar ese valor de ganancia en la señal de imagen (S\_im), que no se deberían confundir con los colores normalizados de la forma de ajuste a escala final, con el brillo máximo del visualizador conectado (por ejemplo,  $L_m = 5000$  nit). Esta ganancia permite una graduación y/o codificación más versátil.

Un método mejorado muy útil de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR) comprende: después de aplicar cualquiera de los mapeos de color anteriores para determinar la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o), aplicar un mapeo de tonos técnico adicional (301) para determinar una segunda imagen de rango dinámico inferior (LDR\_i) que se puede usar para accionar visualizadores de LDR como una imagen de accionamiento alternativa, alternativa a la imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o), mapeo de tonos técnico que se determina al: a) determinar una primera región geométrica de la imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o) para la cual la visibilidad del efecto de banda en la imagen de rango dinámico alto reconstruida correspondiente (Rec\_HDR) se encuentra por encima de un nivel aceptable, b) determinar un rango de lumas ( $L_u$ ) para esa región, c) determinar un segundo rango de lumas de píxel ( $L_{uu}$ ) adyacente en el eje de luma al rango de lumas ( $L_u$ ), en donde el segundo rango se identifica para satisfacer las condiciones de que este tiene una serie de lumas por encima de un número mínimo (MÍN), y se corresponde con una segunda región de imagen geométrica que contiene una textura que se puede representar usando menos del número mínimo de códigos en una imagen de LDR (LDR\_i) sobre la cual aplicar las funciones dando una imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR) de una calidad visual suficiente para esa segunda región, y d) determinar una función de mapeo de redistribución que redistribuye las lumas del primer y el segundo rango de lumas, de tal modo que se encuentran disponibles códigos adicionales para el primer rango, y emitir, en la señal de imagen (S\_im), valores que codifican la forma de función de la función de mapeo de redistribución o, preferiblemente, su inversa.

Se está un tanto limitado en la compensación recíproca entre una reconstrucción completa o suficientemente precisa del Rec\_HDR, y la apariencia de la imagen de LDR LDR\_o, en particular si el hardware (y el coste de graduación) dicta que se debería usar una cantidad relativamente limitada de funciones de graduación. Puede que algunas escenas de HDR no sean tan difíciles (por ejemplo, puede que el espectador promedio no considere demasiado crítico si las sombras de un lado en sombra de una calle iluminada por el sol son un poco más oscuras, o un gris poco más claro, siempre que las desviaciones con respecto a la apariencia óptima no sean demasiado excesivas), pero algunas escenas de HDR pueden ser más críticas (por ejemplo, en alguna parte en el rango de luminancia de HDR, puede haber un hombre parcialmente oculto en bruma luminosa, y si el contraste local ahí es demasiado alto, puede que este solo sea un tanto demasiado visible, pero si el contraste es demasiado bajo, este puede ser invisible, cambiando el relato). Sería ventajoso tener otra dimensión de graduación posible, al menos para receptores que no sean heredados (y que no sepan cómo realizar procesamiento de HDR alguno), y puedan realizar un cierto mapeo de tonos adicional. Un visualizador heredado podría obtener entonces la imagen de LDR "del mejor esfuerzo", que será la imagen única transmitida, pero los receptores futuros inteligentes podrían realizar ciertos trucos técnicos inteligentes para optimizar adicionalmente la apariencia de LDR, de tal modo que esta se aproxima a lo que desea el graduador (tal vez incluso recortar algunos valores en la apariencia de LDR definitiva, lo que sería incongruente con la reconstrucción de HDR si ello ocurriera en la imagen de LDR única transmitida). Teniendo una posibilidad de este tipo, algunos métodos de codificación o codificadores podrían satisfacerla. Compactar una imagen de HDR de relación de contraste muy compleja y muy alta en una imagen única de LDR (por ejemplo, una imagen de HDR que tienen varias regiones importantes con muchos valores de gris, por ejemplo una sala oscura y no iluminada, una segunda sala relativamente bien iluminada y, al mismo tiempo, una zona exterior colorida iluminada por el sol, y conteniendo también estas 3 regiones unos gradientes importantes que cubren muchos valores de gris, por ejemplo de una tabla de blancos bajo la lámpara en la sala bien iluminada), podría ocurrir que una o más regiones se volvieran inaceptables, debido a que, debido a la longitud de palabra limitada (por ejemplo, 10 bits) para las componentes de color, en alguna parte (dependiendo de las formas de las funciones de mapeo de color) existe un efecto de banda que se evalúa demasiado grave. Esta región puede ser identificada, por ejemplo por el graduador que la detecta (y puede ser ayudado por software de análisis de imágenes de HDR en el aparato de graduación, al señalarle áreas potencialmente críticas). Los detectores de efecto de banda pueden calcular, por ejemplo, que para una región ampliada (potencialmente, teniendo también en cuenta qué luminancias tiene esta región, e IND estimados) hay saltos de, cada vez, una serie de colores sucesivamente iguales, y estos pueden definir un nivel aceptable basándose en los valores a partir de un cálculo de ese tipo (y típico en los experimentos en fábrica). El aparato de graduación, después de haber hallado una región de ese tipo (por ejemplo, segmentando más finamente lo que el graduador ha seleccionado a grandes rasgos), puede determinar entonces a grandes rasgos el rango  $L_u$  de luminancias que se corresponden con la misma. Por ejemplo, puede haber un efecto de banda en un cielo azul, los colores del cual tienen luminancias entre  $L_{cielo\_baja}$  y  $L_{cielo\_alta}$ . El problema se mitigaría si la codificación de LDR tuviera más valores en los que codificar la imagen, en donde deberíamos entender que, en el lado de

codificación, el M\_HDR y cualquier transformación aún puede ser de muy alta precisión. Pero estos códigos no existen: solo tenemos los 10 bits disponibles para todas las luminancias necesarias, y también necesitamos codificar lo suficientemente todas las otras regiones de imagen de iluminación diferente. Pero puede usarse un truco, si pudieran tomarse prestados algunos códigos de las regiones de la imagen que tengan luminancias adyacentes a L\_u, especialmente si la calidad visual de aquellas regiones se deteriora poco al tomar unos pocos códigos de entre su rango de código (que habitualmente evaluará el graduador, mediante una operación simple de aceptación del resultado, o disentimiento, caso en el que se realizará otro intento, que es más agresivo en caso de que el efecto de banda siga siendo demasiado alta para el área con efecto de banda original y la región adyacente aún se puede deteriorar más, o un poco menos agresivo si el graduador indica que la región adyacente empieza a deteriorarse demasiado). Una forma simple de redistribuir códigos es, por ejemplo, una modificación lineal o no lineal de la parte de función local. Entonces la cuestión con la imagen transmitida única LDR\_o, es que el cielo puede, por ejemplo, haberse vuelto un poco demasiado oscuro, y tal vez con demasiado contraste por esta operación (y también las regiones adyacentes pueden ser un tanto demasiado oscuras, y su apariencia de textura puede haber cambiado, etc.). Puede que esto no sea demasiado problemático en el caso de cambios pequeños y escenas menos críticas, y un poco menos conveniente para escenas difíciles. Este es el precio que puede que tengan que pagar los sistemas heredados debido a que estos no pueden hacer absolutamente nada con ninguno de los datos recibidos excepto por representar directamente el LDR\_o, pero receptores nuevos pueden aplicar la inversa de las transformaciones usadas para redistribuir las lumas, para crear una apariencia de LDR muy cercana a la prevista originalmente (es decir, con las luminancias de cielo apropiadas, etc.), pero entonces con menos efecto de banda. Un receptor no necesita realizar demasiado análisis inteligente, solo es necesario que este vea que se encuentra disponible una función de mapeo de tonos técnica de este tipo, y que la aplique a la reconstrucción de la imagen de LDR única transmitida LDR\_t para obtener la mejor imagen de apariencia de LDR LDR ul. También se pueden aplicar una serie de métodos en los aparatos de graduación para llegar a sugerencias convenientes para la región adyacente, por ejemplo se puede determinar una región con una cantidad suficiente de lumas (por ejemplo, igual a la cantidad en el cielo) y con una cierta textura compleja. Las realizaciones simples pueden, por ejemplo, usar todos los códigos por debajo del rango de las regiones con efecto de banda, hasta el negro más negro.

La cantidad de códigos adicionales para el primer rango se determina basándose en un criterio de visibilidad de efecto de banda para la primera región geométrica. Un algoritmo automático puede llegar a una proposición, por ejemplo un 20 % adicional de códigos, y habitualmente el graduador humano la admitirá. El algoritmo también puede resaltar las regiones que tuvo que deteriorar, por ejemplo haciendo parpadear una coloración de aquellas regiones, de tal modo que el graduador puede comprobar rápidamente si las mismas son de una calidad visual suficiente también en el HDR reconstruido Rec\_HDR.

En la mayoría de las realizaciones prácticas, la identificación de la primera región geométrica que muestra el efecto de banda excesivo es realizada habitualmente, en última instancia, por un graduador humano por medio de una unidad de interfaz de usuario (105), por ejemplo garabateando una línea ondulada a lo largo de la región con efecto de banda, y la cantidad de efecto de banda de la primera región geométrica en la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), y la calidad visual de reconstrucción de la segunda región geométrica en la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR) son evaluadas por el graduador humano como aceptables o inaceptables, en donde en el caso de la evaluación de aceptable, los valores que codifican la forma de función de la función de mapeo de redistribución o su inversa se codifican en la señal de imagen o, en el caso de la evaluación de inaceptable, las etapas se realizan de nuevo con diferentes parámetros para llegar a una función de mapeo de redistribución alternativa. Por ejemplo, se puede asignar un 10 % más de códigos a la región con efecto de banda, quizá a costa de un rango de lumas adyacente ampliado L\_uu.

Una realización interesante del método de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR) tiene los colores de píxel de la imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o) se codifican como un canal de luma y unas coordenadas de color u' y v' que se calculan como  $u' = \frac{4x}{X + 15Y + 3Z}$ , y  $v' = \frac{9x}{X + 15Y + 3Z}$ , siendo X, Y y Z las coordenadas de color de 1931 CIE independientes del dispositivo, que se pueden obtener para cualquier representación RGB (es decir, la representación de cromaticidad de CIE 1976 (u', v')). Normalmente, de acuerdo con la filosofía heredada, las imágenes (especialmente las imágenes de LDR) se codificarían como imágenes de YCrCb. Pero si se cambia cualquier códec (por ejemplo, para la transmisión por Internet), asimismo se podrían codificar las componentes de color como planos de componente de Yuv, que tiene algunas ventajas tanto en la calidad de imagen de las imágenes transmitidas, como en la facilidad de aplicación de las diversas transformaciones de color de nuestro sistema (por supuesto, las televisiones heredadas no podrán entonces realizar imágenes de un aspecto conveniente a partir de esto).

Hemos hallado una definición de luma genéricamente elegida (definida por la estrategia de mapeo de tonos completo elegida de las etapas anteriores, obteniendo en última instancia lumas en LDR\_o o LDR i) que, junto con dos coordenadas de cromaticidad independientes de la luma, en particular las coordenadas u', v' normalizadas por la CIE, serán una codificación de uso conveniente en las tecnologías de compresión de imagen o de vídeo convencionales. Las tecnologías de compresión similares a, por ejemplo, HEVC, habitualmente aplicarán al menos una compresión espacial realizando unas DCT de bloques de muestras, pero para el vídeo estas también pueden realizar una compresión basada en estimaciones de movimiento, etc.

En realizaciones simples, la codificación del comportamiento de transformación de color funcional de las conversiones de color se puede comunicar con solo unos pocos parámetros simples almacenando en los metadatos asociados o asociables con la imagen/imágenes únicas: a) un valor de sensibilidad (por ejemplo, RHO, o un parámetro equivalente que define un RHO denominado SENS y que se define en lo sucesivo en el presente documento, o cualquier función o correlación de RHO que permita determinar un valor de RHO), b) un valor de gamma (GAM), y c) una serie de valores que caracterizan la forma funcional de la función arbitraria que mapea las lumas.

Un método de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR) que comprende determinar un valor de ganancia para mapear la luma máxima de la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o) con un valor específico de los valores posibles en la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), y codificar ese valor de ganancia en la señal de imagen (S\_im). Esto es útil para un ajuste a escala adicional de la imagen de Rec\_HDR obtenible de la imagen de LDR, por ejemplo si la imagen de LDR de una toma relativamente oscura se representa de forma relativamente brillante, es decir, qué lumas hasta un valor relativamente alto en el rango de lumas de LDR posibles, si bien la imagen de HDR se debería representar de forma no demasiado brillante, lo que se maneja del mejor modo descodiéndola ya con una luma máxima no demasiado alta.

Un método de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR) que comprende determinar una estrategia de modificación de saturación o bien de los colores de la imagen de rango dinámico alto (M\_HDR) a los colores en la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o), o bien a la inversa, y codificar esta estrategia de modificación de saturación como valores paramétricos en metadatos en la señal (S\_im). Habitualmente los graduadores también querrán afectar a la saturación de una imagen, por ejemplo estos pueden cambiar la saturación del LDR\_o obtenido a partir de M\_HDR con una cierta estrategia de mapeo de saturación, y/o la saturación de Rec\_HDR a partir de LDR\_o (por ejemplo, en primer lugar un mapeo de tonos dejando las cromaticidades u, v de los colores de Rec\_HDR obtenidos a los valores que tenían en LDR\_o y, entonces, cambiando las saturaciones de esos colores de Rec\_HDR).

Algunas realizaciones del método de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR) comprenden: después de aplicar cualquiera de los mapeos de color anteriores para determinar la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o), aplicar un mapeo de tonos técnico adicional (301) para determinar una segunda imagen de rango dinámico inferior con lumas redistribuidas, es decir, lumas de unos valores que, habitualmente, se han cambiado ligeramente para al menos una región geométrica y un subrango de lumas de la imagen (es decir, una imagen de rango dinámico bajo de lumas redistribuidas LDR\_i), lo que garantiza que al menos en las regiones, más importantes para el graduador, de la segunda imagen de rango dinámico inferior (LDR\_i), por ejemplo que son observadas cuidadosamente por el espectador previsto típico, debido a que estas son, por ejemplo, grandes y brillantes, y propensas al efecto de banda, se pueden asignar suficientes códigos de luma para codificar las texturas en aquellas regiones con suficiente precisión para posibilitar reconstruir la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR) con errores por debajo de un criterio de error predeterminado (una cantidad de efecto de banda mínima).

Para algunas realizaciones, es importante que no se elija ninguna estrategia de mapeo de tonos extraña. En particular, si se quiere poder obtener un Rec\_HDR de calidad conveniente, es decir, cercano en valores de color de píxeles matemáticos a M\_HDR, entonces es necesario asegurar que no hay textura inframuestreada alguna en LDR\_i, lo que tiene lugar si se asegura que el mapeo final antes de la cuantificación uniforme no es en parte alguna demasiado plano.

Habitualmente esto se puede realizar mediante estrategias de recuento de lumas sobre la imagen de LDR, y/o estrategias de recuento de lumas tales como, por ejemplo, un detector de efecto de banda en la imagen de HDR, o cualquier criterio de error de reconstrucción de HDR predeterminado. En algunas realizaciones, el criterio puede ser realizado por un graduador humano. Su presencia se puede ver teniendo una estrategia de remapeo técnico codificada conjuntamente en S\_im, a ser aplicada por los receptores de generaciones futuras, más inteligentes.

El método se puede materializar en un codificador de imagen (100) dispuesto para codificar una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR), que comprende:

- Una unidad de conversión de rango dinámico (104) dispuesta para convertir la imagen de rango dinámico alto en una imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o), comprendiendo la unidad de conversión de rango dinámico (104), conectados en orden de procesamiento: a) un normalizador (601) dispuesto para normalizar la imagen de rango dinámico alto a un eje de luma que varía a lo largo de [0, 1] y para emitir luminancias normalizadas (Yn\_HDR), b) una unidad de conversión de gamma (602) dispuesta para aplicar una función gamma a las luminancias normalizadas y para emitir luminancias convertidas con gamma (xg), c) una primera unidad de mapeo de tonos (603) dispuesta para aplicar un primer mapeo de tonos que refuerza aquellas luminancias convertidas con gamma que se encuentran por debajo de 0,1 con una cantidad predeterminada que se encuentra entre 1,5 y 5,0, que da lumas (v), d) una unidad de mapeo de tonos arbitrario (604) dispuesta para d) aplicar una función arbitraria que mapea las lumas (v) con lumas de salida (Yn\_LDR) de la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o); y comprendiendo adicionalmente el codificador de imagen (100):

- un compresor de imagen (108) dispuesto para aplicar una transformación de reducción de datos a los colores de la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o), colores que se organizan en imágenes de componente, transformación de reducción que implica al menos aplicar una transformada DCT a bloques de valores de componente de color adyacentes, dando una codificación comprimida (LDR\_c) de los colores de píxel de la imagen de rango dinámico de luminancia inferior; y
- un formateador (110) dispuesto para emitir, en una señal de imagen (S\_im), la codificación comprimida (LDR\_c), y dispuesto para además emitir, en la señal de imagen (S\_im), valores que codifican la forma de función de las conversiones de color como metadatos, o valores para sus funciones inversas, metadatos que permiten que un receptor reconstruya una imagen de rango dinámico alto (Rec\_HDR) basándose en la imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o).

Una realización pragmática de un codificador de ese tipo es una en la que la unidad de conversión de gamma (602) usa un valor de gamma igual a  $1/(2,4)$ , y/o la primera unidad de mapeo de tonos (603) usa un mapeo de tonos definido por la ecuación  $v = \frac{\log(1+(RHO-1)*xg)}{\log(RHO)}$ , teniendo RHO un valor predeterminado, valor que habitualmente es una función del brillo máximo del visualizador atendido previsto y/o el visualizador de referencia asociado con la codificación de HDR maestra M\_HDR.

Un codificador de imagen (100) dispuesto para especificar una ganancia que permite mapear el máximo de los códigos de luma en la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o) con un valor de luma elegido de la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), y que tiene el formateador (110) dispuesto para emitir esta ganancia como un valor en metadatos en la señal de imagen (S\_im).

Un codificador de imagen (100) según cualquiera de las reivindicaciones de codificador anteriores que comprende una unidad de mapeo de tonos técnico (106), dispuesta para determinar, de forma automática o guiada por un ser humano, información de textura y de estadísticas de la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o) y, en particular, al menos una región geométrica crítica que es propensa a errores de reconstrucción, en particular un efecto de banda en el Rec\_HDR y, en función de la misma, calcular un segundo mapeo de tonos (Ff1, Ff2, ...) para aplicarse como una transformación a la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o) para dar una segunda imagen de rango dinámico inferior (LDR\_i) que tiene un número mínimo de códigos de luma (por ejemplo,  $1,3*L_u$ ) que caracterizan las texturas de al menos algunas regiones importantes y propensas a error de la segunda imagen de rango dinámico inferior (LDR\_i), permitiendo por lo tanto reconstruir la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR) con errores por debajo de un criterio de error predeterminado. Para posibilitar la comunicación de la información necesaria que permite, después de la codificación, que un receptor implemente de forma especular nuestro sistema de modo ii, es útil transmitir (o almacenar para su transmisión posterior) una señal de imagen de rango dinámico alto (S\_im) que comprende:

- Una imagen de rango dinámico inferior pixelizada (LDR\_o) con colores de píxel codificados;

y adicionalmente:

- un valor de sensibilidad (RHO); y
- un valor de gamma (GAM); y
- un valor de ganancia (GAN); y
- un conjunto de valores que especifican una forma de función de mapeo de tonos arbitrario (P\_CC).

A partir de estos valores, el receptor puede determinar entonces las formas de función de todas las funciones a aplicar a la imagen de LDR única comunicada (LDR\_o, o LDR\_i), si se requiriese y calculara cualquier imagen de un rango dinámico más alto que la imagen de LDR de 100 nit.

En particular, el S\_im también puede comprender unos valores 207 que codifican una estrategia de remapeo técnico (Ff1, Ff2, ...) para realizar un mapeo entre una graduación de LDR artística según desee el creador humano/graduador del contenido, y una LDR técnica que, cuando se muestrea, tiene suficientes lumas para todas las regiones de la imagen para una reconstrucción de Rec\_HDR conveniente, o al menos aquellas regiones determinadas como más críticas por una unidad de análisis de imagen automática y o un ser humano.

En particular es útil, debido a que es muy pragmático para los receptores, determinar rápidamente cuál se usa de los ahora varios (muchos) mecanismos de codificación de imágenes de HDR posibles diferentes, en particular comprendiendo en la señal de imagen S\_im un indicador (IND) que especifica que una imagen de rango dinámico alto se ha codificado en la misma, y con un método que codifica esta como una imagen de rango dinámico bajo, que es directamente utilizable, sin la necesidad de un mapeo de tonos adicional, para su representación en un visualizador de LDR. Se pueden idear y acordar diversas formas tales de codificación, siempre que cualquier receptor lo entienda.

Un producto de memoria tal como un disco blu-ray que almacena cualquier realización de nuestra señal de imagen de rango dinámico alto (S\_im).

Para tener una cadena de comunicación de imagen, en el extremo receptor se pueden tener diversas realizaciones de aparatos que son, o que comprenden, un descodificador de imagen (150) dispuesto para recibir una señal de imagen de rango dinámico alto (S\_im) y que comprende:

- 5 - un desformateador (151) dispuesto para obtener una imagen de rango dinámico inferior pixelizada comprimida (LDR\_c) y datos de parámetro (P) a partir de la señal de imagen (S\_im); y
- un descompresor (152) dispuesto para aplicar al menos una transformada DCT inversa a la imagen de rango dinámico inferior pixelizada comprimida (LDR\_c) para obtener una imagen de rango dinámico inferior pixelizada (LDR\_t); y una unidad de conversión de rango dinámico (153) dispuesta para transformar la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_t) en una imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), en donde la unidad de conversión de rango dinámico (153) comprende, en orden de procesamiento: a) una unidad de mapeo de tonos arbitrario (402) dispuesta para aplicar un mapeo de tonos arbitrario, recibiendo los parámetros que lo definen (P\_CC) en los datos de parámetro (P), b) una primera unidad de mapeo de tonos (403) dispuesta para aplicar un mapeo según se define por al menos un parámetro recibido (RHO) que define el primer mapeo de tonos que fue determinado previamente por cualquiera de nuestras realizaciones de codificador o de método de codificación, y c) una unidad de conversión de gamma (404) dispuesta para aplicar un mapeo de gamma con un valor de gamma recibido (GAM).

Este descodificador deshará en primer lugar la totalidad de las codificaciones de compresión heredadas, por ejemplo, HEVC o similares, típicas y, entonces, aplicará los diversos mapeos en orden inverso (obsérvese que no es necesario que cada cosa en todas las realizaciones se encuentre exactamente en el orden inverso; por ejemplo, en Yu'v' se puede elegir realizar un procesamiento de luma y de saturación ortogonal en un orden inverso, que puede ser, tal vez, con unas funciones matemáticas ligeramente diferentes, siempre que el resultado final sea exacta o aproximadamente del color previsto). Obsérvese también que puede haber etapas de procesamiento adicionales, que solo pueden existir en el extremo receptor (por ejemplo, una imagen se podría codificar en una cierta representación de RGB como Rec. 2020, pero ser necesario convertirla a otro formato según lo entendería una televisión, por ejemplo DCI-P3, y convertirse adicionalmente a los colores primarios reales de la TV).

Por lo tanto, el descodificador de imagen (150) comprenderá una unidad de conversión de rango dinámico (153) dispuesta para transformar la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_t) en una imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), y habitualmente puede haber unidades lógicas y funciones de procesamiento de color adicionales que definen al menos cuándo hacer qué (por ejemplo, dependiendo de qué visualizador o visualizadores se conectan y se atienden en la actualidad).

Una realización pragmática del descodificador de imagen tiene la primera unidad de mapeo de tonos (403) dispuesta para aplicar una función de la forma  $xg = \frac{\text{potencia}(\text{RHO}, v) - 1}{(\text{RHO} - 1)}$ , en la que v es una luma de píxel, y RHO es un parámetro de valor real o entero recibido en los datos de parámetro (P).

Una realización útil del descodificador de imagen (150) comprende una unidad de remapeo de tonos (159) dispuesta para aplicar un mapeo de tonos adicional (Ff1, Ff2, ...) recibido en la señal de imagen (S\_im) a la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_t) para obtener una segunda imagen de rango dinámico inferior (LDR\_ul) que invierte una acción de redistribución de código, aplicada por cualquiera de los métodos de codificador 5 a 7 dando una segunda imagen de rango dinámico bajo (LDR\_i) con lumas redistribuidas para obtener un efecto de banda reducido en al menos una región de la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR). De hecho, no es necesario que el codificador conozca exactamente cómo cualquier codificador llegó a una función de transformación particular que redistribuyera las lumas, solo es necesario que este aplique las funciones inversas para llegar sustancialmente a la apariencia de LDR prevista (LDR\_ul).

Otra realización útil del descodificador puede entender codificaciones de Yu'v' de la imagen de LDR, y para ello comprende una unidad de transformación de color (155) dispuesta para convertir una representación de color Yu'v' en una representación de color RGB. El mapeo de tonos se puede realizar antes de que se realice la conversión, dejando por lo tanto la conversión a RGB a la última parte de la cadena de procesamiento o, como alternativa, la conversión se puede realizar en primer lugar, y se puede realizar un procesamiento de color equivalente sobre señales de RGB.

Cualquiera de los descodificadores se corresponde con métodos correspondientes de descodificación de una señal de imagen de rango dinámico alto (S\_im) que comprenden obtener una imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR) aplicando las conversiones de color codificadas en los datos de parámetro (P) a la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_t), en particular un método de descodificación de una señal de imagen de rango dinámico alto (S\_im) que comprende:

- obtener una imagen de rango dinámico inferior pixelizada comprimida (LDR\_c) y datos de parámetro (P) a partir de la señal de imagen (S\_im); descomprimir la imagen de rango dinámico inferior pixelizada comprimida (LDR\_c) aplicando al menos una transformada DCT inversa a la imagen de rango dinámico inferior pixelizada comprimida (LDR\_c) para obtener una imagen de rango dinámico inferior pixelizada (LDR\_t); y transformar la imagen de



rango dinámico inferior (LDR<sub>t</sub>) en una imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), al: a) aplicar un mapeo de tonos arbitrario, recibiendo los parámetros que lo definen (P<sub>CC</sub>) en los datos de parámetro (P), b) aplicar un mapeo según se define por al menos un parámetro recibido (RHO) que define el primer mapeo de tonos que fue determinado previamente por cualquiera de nuestras realizaciones de codificador o de método de codificación, y c) aplicar un mapeo de gamma con un valor de gamma recibido (GAM) que, preferiblemente, es igual a 2,4. Describimos un sistema que permite que el graduador optimice, de una forma simple pero potente, la apariencia de una apariencia de LDR en una imagen de HDR de una escena de HDR. Preferiblemente se realiza tan poco sacrificio de calidad visual como sea posible, pero debido a que la LDR puede necesitar una cierta optimización debido a sus limitaciones de rango dinámico, el sistema permite que el graduador dé un ajuste preciso a microcontrastes de objetos de escena particularmente interesantes para él, es decir, habitualmente objetos característicos importantes en esta escena y, por lo tanto, si es necesario realizar algún sacrificio de calidad de brillo, sacrificar la apariencia precisa de algunos objetos menos importantes como una pared en el segundo plano, en lugar del objeto principal en la escena. La invención se puede realizar de muchas otras formas (parciales) como con elementos intermedios que contienen los requisitos técnicos centrales de las diversas realizaciones como los parámetros de definición materializados en señales, y se pueden obtener como resultado muchas aplicaciones de la misma, como diversas formas de comunicar, usar, realizar transformaciones de color, etc. las diversas señales posibles, y diversas formas de incorporar los diversos componentes de hardware, o usar los diversos métodos, en sistemas de consumo o profesionales. Por supuesto, cualquier componente se puede realizar en o como un componente pequeño, o viceversa como un núcleo clave de un aparato o sistema grande que funciona, predominantemente, debido a este componente.

#### Breve descripción de los dibujos

Estos y otros aspectos del método y aparato de acuerdo con la invención serán evidentes a partir de y se explicarán con referencia a las implementaciones y realizaciones descritas en lo sucesivo en el presente documento, y con referencia a los dibujos adjuntos, que sirven meramente como ilustraciones específicas no limitantes que ilustran el concepto más general.

La figura 1 muestra esquemáticamente un ejemplo de una realización de un codificador y un decodificador de acuerdo con nuestra invención en una tecnología de comunicación de imagen;  
 la figura 2 muestra esquemáticamente una realización de lo que puede parecer una señal de imagen de HDR S<sub>im</sub> de acuerdo con nuestra invención;  
 la figura 3 explica esquemáticamente, por medio de una variedad particular, cómo se puede obtener genéricamente una graduación de LDR técnica, que incluso podría ocurrir a nivel interno automáticamente sin molestar al graduador o creador de contenidos en algunas realizaciones, lo que permite un mejor muestreo de las lumas de objeto y, por lo tanto, una reconstrucción de mejor calidad de Rec\_HDR;  
 la figura 4 es una explicación esquemática simple de un decodificador posible de acuerdo con nuestra invención;  
 la figura 5 muestra dos x dos curvas posibles de realizaciones para realizar el mapeo de sensibilidad que da brillo significativamente a los colores, o la graduación de LDR inicial combinada, con, además, el comportamiento gamma; y  
 la figura 6 es una explicación esquemática simple de una unidad de conversión de rango dinámico posible de un codificador.

#### Descripción detallada de los dibujos

La figura 1 describe un sistema típico a modo de ejemplo que materializa nuestra invención, con un codificador de imagen (o de vídeo) 100 en un lado de creación, y un decodificador de imagen 150. Suponemos que existe una memoria 101 en un sistema de graduación que contiene una imagen de apariencia de HDR sometida a graduación maestra (M\_HDR) que se ha graduado según desee el creador de contenidos de acuerdo con técnicas de graduación de color actualmente conocidas para, por ejemplo, una película en un software de graduación de color como, por ejemplo, el de Da Vinci (otros sistemas similares se pueden aprovechar de las enseñanzas en nuestra presente solicitud, por ejemplo M\_HDR puede provenir directamente de una cámara, después de, por ejemplo, un afinamiento de una curva de apariencia de cámara sobre los selectores de la cámara, etc.). En este M\_HDR, por ejemplo, el brillo de la luz que ilumina a través de las ventanas se puede haber elegido para dar una apariencia de lo más agradable en el visualizador de referencia de [0, 5000] nit dando a esos píxeles una luminancia L<sub>salida</sub> que se pretende representar y un código de luma correspondiente v\_HDR, y se pueden haber diseñado muchos más efectos luminosos, así como otras optimizaciones de color. M\_HDR se introduce por medio de la entrada de imagen 115 en nuestro codificador 100, y este también se puede contemplar en un visualizador de referencia de HDR 102 (exactamente las características del visualizador de referencia teórico, por ejemplo, de [0-5000] nit, que proponemos para la codificación de HDR). Esto significa que, cuando el graduador quiere realizar una apariencia de LDR (que no solo debería codificar las texturas de objeto de una forma lo suficientemente precisa de tal modo que, en el lado de recepción, se pueda obtener una reconstrucción Rec\_HDR razonablemente precisa del M\_HDR, sino también esta apariencia de LDR debería ser adecuada para representar óptimamente la escena de HDR codificada en un visualizador de LDR), el graduador puede al mismo tiempo comparar, dadas las limitaciones técnicas, cómo de similar parece, en un visualizador de LDR, la apariencia de LDR 103 al M\_HDR, y realizar una optimización

5 cambiando las funciones de mapeo de color para obtenerla a partir de M\_HDR según se desee de acuerdo con sus preferencias. Los dos visualizadores se pueden encontrar en sus diferentes entornos de visualización óptimos y el graduador puede estar contemplando ambos separados por, por ejemplo, una pared (por ejemplo, en dos entornos de referencia cerrados con su abertura de ventana respectiva para examinarlos simultáneamente, y con cortinas que se pueden cerrar si el graduador desea ver solo una de estas durante un cierto intervalo de tiempo). El graduador también puede comprobar la graduación reconstruida de la apariencia de HDR en el visualizador de HDR 102 (por ejemplo, conmutar Rec\_HDR y M\_HDR, como alternativa).

10 Por medio de una unidad de interfaz de usuario 105 que ofrece los controles de graduador clásicos como, por ejemplo, ruedas giratorias o, de forma similar, controles deslizantes para establecer valores como un valor de gamma o de sensibilidad, el graduador puede realizar transformaciones colorimétricas que definen cómo se debería mapear el M\_HDR con la imagen de apariencia de LDR, con los parámetros de las transformaciones a emitir en una señal de imagen S\_im por medio de una salida 116 del codificador, que puede ser conectable a cualquier medio de transmisión de imagen 140, por ejemplo una red de comunicación, o una memoria portadora física como un BD o memoria de estado sólido, etc.

15 La apariencia de LDR se genera por medio de una unidad de conversión de rango dinámico 104, que está dispuesta para aplicar transformaciones colorimétricas sobre al menos las lumas de los colores de píxel, pero también habitualmente sobre las coordenadas de cromaticidad. Con lumas, pretendemos indicar cualquier codificación que sea, en última instancia, convertible en una luminancia física, o incluso por medio de modelos psicovisuales, un brillo (que es la apariencia definitiva que verá un espectador cuando la imagen se representa en un visualizador). Obsérvese que, mediante un procesamiento matemático equivalente, se pueden aplicar transformadas de luma como transformaciones correspondientes sobre componentes de RGB directamente. Aunque el fin definitivo es los brillos (apariciencias) correctos de los objetos en la apariencia, podemos limitar nuestro análisis técnico a la determinación de luminancias en el rango de referencia, por ejemplo, de [0-5000], o un espacio de color independiente del dispositivo como XYZ definido por este rango. Además, supondremos que cualquier transformación cromática de los colores se realiza en el plano de UCS del espacio Luv de 1976 CIE, no obstante el experto puede entender cómo se pueden usar, de forma similar, otra segunda y otra tercera componentes de color, siendo generalmente aplicables los componentes básicos de nuestra invención

20 CIELuv define u y v a partir de XYZ (de forma similar, se puede realizar una transformación a partir de un cierto RGB) como:  $u = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z}$  y  $v = \frac{9X}{X + 15Y + 3Z}$ .

25 Suponemos por simplicidad que las gamas de HDR y de LDR (es decir, las gamas de visualizadores teóricos asociados con el procesamiento matemático de codificación de las dos imágenes) tienen los mismos tres (o más) colores primarios R, G, B, y, por lo tanto, ajustando a escala los máximos respectivos de, por ejemplo, 5000 y 100 nit a 1,0, se pueden ubicar conjuntamente como solapándose exactamente. Por lo tanto, un mapeo de tonos de HDR a LDR se vuelve entonces una transformación relativa a lo largo de la dirección de luma normalizada dentro de esta gama de RGB dependiente del dispositivo única. Por ejemplo, si se desea hacer que los colores más oscuros en la apariencia de HDR sean los mismos un visualizador de LDR y de HDR, esto se vuelve lo siguiente, como una transformación relativa en la misma gama: debido a que, en una definición de color definida para 5000 nit, tales colores en la imagen de HDR tendrán códigos pequeños (por ejemplo, por debajo de 0,1) necesitamos darles brillo para que se vuelvan lo suficientemente visibles en un visualizador de LDR de 100 nit, por ejemplo con valores en torno a 0,3. El mapeo exacto dependerá de la definición de las lumas para la imagen tanto de LDR como de HDR, debido a que como una generalización de las definiciones de "gamma 2,2" de la codificación de imagen de LDR y de vídeo heredada, podemos definir entonces funciones de asignación de código arbitrarias que mapean de luminancias físicas a códigos de luma (o a la inversa, debido a que habitualmente los ingenieros de TV comienzan definiendo un visualizador de referencia que, además de un rango de [0-5000] nit de referencia, tiene un cierto comportamiento de EOTF de visualizador de referencia que indica cómo las, por ejemplo, 1024 lumas se mapean con luminancias representables a lo largo de ese rango de referencia). No solo podríamos usar una potencia 1/(7,0) gamma como OETF, sino que incluso podríamos usar funciones de asignación de código discontinuas si en una toma de imágenes no hay luminancia alguna presente entre un rango inferior de luminancias y un rango superior de luminancias. Obsérvese también que trabajar en una representación Y'uv con cromaticidades (u, v) independientes de luma nos permite trabajar de forma totalmente independiente y libre en las direcciones acromáticas y cromáticas del espacio de color.

30 Limitando nuestra explicación para el lector experto a únicamente los mapeos acromáticos de HDR a LDR, estos se pueden formular genéricamente como, en principio, una función de mapeo de tonos arbitrario desde las lumas de [0, 1] de la imagen de apariencia de HDR a las lumas de [0, 1] de la imagen de apariencia de LDR, como se puede ver con un ejemplo en la figura 2a.

35 Al especificar una función de ese tipo, supondremos que el mapeo en todos los colores (Y\_M\_HDR, u, v) se realiza de tal modo que para un color no acromático ( $u < u_{wp}$ ,  $v < v_{wp}$ ) en donde ( $u_{wp}$ ,  $v_{wp}$ ) son las coordenadas de cromaticidad de un punto blanco elegido tal como D65, la función de mapeo de tonos 210 determinada se ajusta linealmente a escala a una luminancia máxima  $L_{\text{máx}}(u, v)$  que se puede lograr para que color, según se enseña

con más detalle en el documento WO2014056679. El lector experto puede entender cómo tal procesamiento, en lugar de aplicarse en una codificación de color Y'uv, también se puede realizar, de forma similar, en una codificación de color RGB.

5 Una vez que el graduador ha especificado un comportamiento de mapeo de tonos de ese tipo, los codificadores tienen información suficiente para una transformación de rango dinámico de brillo a aplicar sobre cualquier color posible en M\_HDR, dando una apariencia de LDR original LDR\_o (no comprimida y posiblemente aún no cuantificada en una representación de coma flotante). A partir de esto, cualquier transformación matemática exacta o aproximada puede ser determinada por el codificador, lo que permite que un receptor realice la predicción a la inversa, de LDR\_o a Rec HDR. El graduador puede comprobar, por medio de una salida de imagen 111, cómo se vería una imagen de ese tipo (después de darse formato lo suficientemente a una señal de imagen que se puede comunicar a través de un enlace de comunicación de imagen tal como, por ejemplo, HDMI) en un visualizador de LDR de referencia (por ejemplo, de 100 nit o, en el futuro, tal vez de 500 nit) 103.

15 No obstante, enseñaremos en la presente invención que es útil cuando el mapeo de tonos se construye no simplemente de alguna forma genérica, sino de una forma particular, y los (pocos) parámetros correspondientes se codifican de forma útil como metadatos separados en la señal de imagen S\_im, debido a que estos se pueden usar entonces ventajosamente en un lado de recepción, por ejemplo durante la afinabilidad para obtener una imagen de accionamiento óptima para un visualizador de X nit particular.

20 Como un primer parámetro, el graduador elegirá, por ejemplo, un parámetro de sensibilidad SENS, o RHO directamente. Este será un valor que es intuitivamente similar a los valores de ASA o de ISO conocidos a partir de la fotografía, y habitualmente determina lo brillante que aparecerá la imagen de LDR (entre otras cosas, cuánto se elevan los colores de objeto oscuros de M\_HDR).

25 Como una realización preferida, el codificador puede usar una función EOTF/OETF que ya proporciona una apariencia de LDR inicial conveniente, función de EOTF que se define tal como sigue:

$$L = Lm \left( \frac{\rho^v - 1}{\rho - 1} \right)^{\gamma}$$

30 Esta ecuación define las luminancias de HDR L a representar que se corresponden con códigos de luma v en [0, 1] diseminados equidistantemente basándose en la cantidad de bits disponibles para la palabra de código de luma de los colores de píxel, como por ejemplo 1024 valores posibles. Lm es una variable elegible que indica el brillo máximo del visualizador de referencia de la representación de color/luminancia lineal de M\_HDR o Rec-HDR, que puede, por ejemplo, fijarse como 5000. Por ejemplo, el graduador tendrá selectores para elegir la sensibilidad que, habitualmente, puede estar relacionada con rho como:

$$\rho = \left( \frac{SENS}{8\sqrt{2}} - 1 \right)^2$$

40 Junto con el valor de SENS (RHO) que determina el comportamiento de los colores oscuros y una cierta apariencia de brillo global, el graduador puede afinar conjuntamente gamma (GAM) como un cierto parámetro de curvatura que reasigne los brillos de objeto/región a lo largo del rango de lumas de LDR posibles. Por supuesto, cuando se mapea de las luminancias L en una representación en el espacio XYZ de referencia de la graduación de M\_HDR (que puede ser una representación intermedia útil), a valores de luma v de la apariencia de LDR, el graduador definirá la función inversa.

45 Realizando cálculos matemáticos elementales sobre la división de RHO, se puede ver que la función inversa (OETF) es: aplicar en primer lugar una 1/(GAM) dando  $xg = potencia \left( \frac{L}{Lm}, 1/GAM \right)$  y entonces calcular:  $v = \frac{\log(1+(RHO-1)*xg)}{\log(RHO)}$ .

50 Habitualmente, en el codificador puede haber una de diversas realizaciones posibles de una unidad de análisis de imagen 177. Esta unidad se puede dotar de inteligencia artificial para analizar regiones en la imagen, y cuál de estas regiones podría generar problemas particulares en la codificación de HDR, en particular del tipo de modo ii. En particular, esta puede identificar regiones que podrían ser propensas al efecto de banda, y regiones que tienen la suficiente textura, de tal modo que estas se pueden codificar con una cantidad menor de códigos de componente de color y/o de luma. En algunas aplicaciones, esta unidad puede llegar automáticamente a una proposición de codificación final (por ejemplo, un transcodificador) sin implicación alguna de un graduador humano, pero en otras aplicaciones, esta puede, por ejemplo, poner regiones bajo la atención del graduador, de tal modo que este pueda escudriñarlas. Por supuesto, puede haber una interacción con la interfaz de usuario, por ejemplo el graduador podría

indicar que este desea mitigar el efecto de banda con una región particular, o con una textura particular y, entonces, la unidad 177 puede extraer una región de ese tipo, y su rango de lumas, etc.

Como podemos ver en [la figura 2](#), aunque se puede decidir codificar una función de mapeo de tonos final en habitualmente un espacio de LUT reservado en los metadatos 205, habitualmente se codificará un parámetro de sensibilidad (por ejemplo, 200 ISO) o un valor de RHO, y un valor de gamma (por ejemplo, 2,8) respectivamente en el campo de metadatos de sensibilidad 202 y el campo de metadatos de gamma 203. La figura 2 muestra esquemáticamente lo que parece una señal de imagen o de vídeo  $S_{im}$  (200) y, por supuesto, el experto sabrá que se puede definir en la práctica en las muchas variantes digitales, dados los contenedores de datos de imagen existentes, etc. Nuestras realizaciones de codificador usan una codificación de 3 componentes clásica de la imagen de color de píxeles (201), que será nuestra imagen de apariencia de LDR optimizada por el graduador. Esta imagen de LDR  $LDR_o$  habitualmente se codificará por DCT de forma clásica, se codificará por longitud de ejecución, se le dará formato, etc. de acuerdo con un formato normalizado de codificación de imagen como JPEG, o un formato de codificación de vídeo normalizado como HEVC de MPEG, VP1, etc. El lector experto entenderá que volver a dar formato colorimétricamente para poder reutilizar tecnologías de codificación heredadas (o una futura similar) como un concepto genérico es parte de nuestra invención, pero no es tan importante cuál de tales codificaciones se usa realmente. Y otra parte de nuestra invención son los metadatos necesarios para dar sentido a los datos, por ejemplo al menos cuando se recupera la apariencia de  $Rec\_HDR$  de la escena (debido a que la apariencia de LDR se puede usar, en teoría, directamente para accionar un visualizador de LDR, sin procesamiento de rango dinámico adicional alguno sino solo un mapeo de redefinición colorimétrica de  $Y'uv$  a una cierta codificación de espacio RGB dependiente del dispositivo).

Además, el graduador puede usar un valor de GANANCIA (codificado conjuntamente en un campo de metadatos de ganancia 204) de tal modo que las funciones no necesitan, en sí, mapear 1,0 con 1,0. Por ejemplo, la ganancia puede indicar cómo una imagen de LDR que se define a lo largo del rango completo [0, 1] se va a mapear con solo, por ejemplo, un subrango de [0, 1500] del rango de [0, 5000] del visualizador de HDR. A la inversa, también es posible limitar el rango de LDR usado en principio, aunque es menos probable que se use. Esta ganancia se puede usar para hacer algunas imágenes no demasiado brillantes, como se puede imaginar si la escena es, por ejemplo, una escena brumosa, o una imagen oscura a la que se da brillo razonablemente en LDR, pero es necesario que siga siendo oscura en HDR.

Estos tres parámetros (RHO, GAM, GAN) ya dan un primer mapeo muy útil de una imagen de  $M\_HDR$  con una imagen de apariencia de LDR correspondiente, con un ajuste de brillo o de iluminación global a grandes rasgos. Esto puede ser suficiente, por ejemplo, para la radiodifusión de programas de la vida real, en donde los parámetros óptimos se determinan justo antes del inicio de la radiodifusión. Los usuarios más críticos, como los productores de películas, pueden querer un control sometido a un ajuste más preciso a lo largo de la apariencia. Estos pueden desear especificar una función de mapeo de tonos más general que la de "logaritmo-gamma" anterior, con flexiones colocadas con precisión en la curva que pueden elevar, por ejemplo, el contraste o brillo local promedio de un objeto particular (por ejemplo, un rostro) hasta un subrango deseado de todas las luminancias de LDR representables (o, más precisamente, sus lumas correspondientes). O una especificación de una pendiente local puede especificar el contraste deseado en un cierto subrango BL interesante de una región importante en la imagen, al coste de las posiciones de brillo y contrastes de otras regiones/objetos en la imagen de apariencia de LDR.

Entonces, una cosa importante que entender es que, con nuestro sistema de modo i (de apariencia de HDR), el graduador puede definir tales mapeos arbitrariamente, debido a que solo necesitamos obtener una imagen de apariencia de LDR (que es una reconstrucción, pero se puede realizar de forma destructiva para los datos si así lo desea el graduador), debido a que, en ese enfoque de codificación, tenemos la imagen de apariencia de HDR ya codificada como imagen única en la señal de imagen  $S_{im}$ . No obstante, en los sistemas de modo ii necesitamos satisfacer un criterio doble: por un lado, necesitamos poder reconstruir la imagen de  $Rec\_HDR$  con una calidad conveniente pero, por otro lado, queremos suficiente libertad para crear la mayor parte, si no todas, las apariencias de LDR que puede desear un graduador (y entonces pueden ser bastante creativos en ocasiones, como se puede ver, por ejemplo, en la película Sin City 2).

Pero se debería entender que, cualquiera que sea la graduación  $LDR_o$  que haya realizado el graduador con su mapeo de tonos 210 preferido, en una codificación heredada estas lumas de LDR de salida pasarán por una cuantificación uniforme clásica (e incluso procesamiento de DCT). Por lo tanto, deberíamos tener cuidado de no crear mapeos que sean demasiado planos sobre algunas partes de su rango (es decir, la derivada local  $\Delta LDR_{salida}/\Delta HDR_{entrada}$  no debería ser demasiado pequeña, de tal modo que una cantidad requerida mínima de códigos de luma de LDR se asigna a ese rango  $\Delta HDR_{entrada}$  o el  $\Delta LDR_{salida}$  correspondiente), debido a que, de lo contrario, cuando se refuerza ese rango en el mapeo de tonos de LDR a HDR, veremos artefactos como efecto de banda, o artefactos de DCT con visibilidad y contraste excesivo.

Podríamos tener un mecanismo de control con una rigidez de los puntos de control locales que usa el usuario para cambiar la forma del mapeo de tonos arbitrario, pero que es desagradable para el usuario, especialmente si se implementa demasiado rigurosamente (por supuesto, el sistema puede dar una advertencia de si el graduador quiere realizar curvas de mapeo realmente extrañas, no deberían realizarse, por ejemplo, inversiones como una curva N).

Una realización útil se muestra en la figura 3, lo que explica el comportamiento de una unidad de mapeo de tonos técnico 106, que se puede usar para determinar una segunda apariencia de LDR, utilizable, como alternativa a LDR<sub>o</sub> por receptores más inteligentes que necesiten atender a un visualizador de LDR. Suponemos que el graduador ha elegido su curva deseada, que da la apariencia de LDR apropiada, que es la curva de trazo continuo en la figura 3. Si la curva de mapeo de tonos no es conveniente, esto significará que existe al menos un rango que es demasiado plano, que suponemos en el presente caso que es la parte R-u de los píxeles de HDR y de LDR más brillantes, digamos el cielo de la escena. Necesitamos ser capaces de estirar ese rango L<sub>u</sub> en LDR, de tal modo que se puede asignar un número un tanto mayor de códigos de luma, y de una forma tan poco destructiva (cambiando poco su apariencia) como sea posible para el graduador.

Esto se puede realizar cuando existe un rango adyacente L<sub>uu</sub> que contiene un objeto con más textura.

Esta es una forma de escapar del dilema en la que nuestra curva de apariencia para obtener una apariencia de LDR deseada determina, al mismo tiempo, la cuantificación o el número de códigos de luma disponibles para codificar fielmente las diversas texturas de región de HDR (siendo el objetivo principal de la calidad de codificación, en la codificación de HDR, la caracterización fiel suficiente de todas las texturas que se encuentran en la escena). Tener 1024 niveles diferentes de luma/ gris (y millones de códigos) debería ser suficiente para codificar correctamente todas las texturas para la visión humana, si se realiza convenientemente. Los objetos complejos se podrían codificar con relativamente menos códigos, debido a que el ojo ve en primer lugar el patrón de texturas aproximado y, entonces, no tanto los valores precisos de los colores de píxel. Solo en situaciones desfavorables particulares podemos tener un problema si tenemos unos gradientes de brillo para los cuales hemos usado demasiado pocos códigos.

Por lo tanto, existen dos cuestiones cuando se adapta una curva: la unidad de mapeo de tonos técnico 106 habitualmente mantiene la adaptación, cuando sea necesario, lo suficientemente local en el eje de luma, de tal modo que no perturbamos las lumas de demasiados colores de objeto (por ejemplo, evitar de nuevo oscurecer demasiado las regiones oscuras críticas). Un criterio de calidad para esta escena a modo de ejemplo puede ser que necesitemos dar brillo a los colores oscuros para obtener una apariencia de LDR conveniente, por lo tanto un cambio local en los colores brillantes no lo perturbará en modo alguno. Por lo tanto, habitualmente, la unidad de mapeo de tonos 106 redistribuirá los códigos en un cierto subrango de lumas local en torno al área problemática, y determinará una curva de adaptación correspondiente para esta, que es la línea de puntos (esta curva puede seguir en cierta medida la forma de la curva original, en sus dos partes de codificación de región de imagen, es decir, si hubiera una forma local que se curvara de manera parabólica para las lumas de cielo, esta puede usar habitualmente un segmento parabólico que se curvara de forma similar, ajustado a escala y más grande para el aire, pero que absolutamente no se necesita, debido a que el criterio solo es la precisión de codificación).

Por lo tanto, necesitamos estirar en cierta medida el rango de brillo de la región del cielo, para tener suficientes códigos para codificar fielmente un gradiente de cielo de azul de Rec\_HDR. Pero, ¿cuánto es necesario que hagamos esto, y cómo de lejos deberíamos ampliar el rango de ajuste R<sub>Ady</sub>?

Esto depende de una serie de cosas. Por supuesto, R<sub>ady</sub> debería cubrir la región en donde hay un problema, que habitualmente que será una región relativamente simple desde el punto de vista visual, tal como una región relativamente uniforme tal como un gradiente en el cielo (este gradiente de azul existirá en alguna parte a lo largo del rango de lumas de LDR). Por otro lado, hemos de necesitar una región adyacente que tenga la suficiente textura. En la improbable situación de que la región adyacente sea aún otro gradiente suave (que podría ocurrir en imágenes sintéticas como imágenes de prueba de gradiente artificial, caso en el que tendremos que quedar satisfechos con cualquier asignación de luma óptima que podamos conseguir, pero esto no tiene lugar habitualmente en las imágenes naturales), R<sub>ady</sub> se puede volver relativamente grande. En la situación normal en donde nos encontramos pronto con un rango con textura, podemos ampliar L<sub>u</sub> con un rango L<sub>uu</sub> de un tamaño que depende de cuántos códigos tenemos que añadir, y la complejidad del patrón de texturas. Si necesitamos añadir solo 3 códigos al cielo, necesitamos guardar 3 códigos de luma en L<sub>uu</sub> y, si tiene la suficiente textura, podemos realizarlo a lo largo de un rango de, por ejemplo, 10-15 lumas, dependiendo de lo que el graduador o el espectador halle/pueda hallar aceptable.

El aparato puede contener tablas para ello.

Por lo tanto, entonces el problema desagradable con una codificación de luma dependiente de la curva de apariencia se soluciona en su mayor parte. Por un lado, no oscurecemos los objetos más oscuros adyacentes de forma demasiado intensa, debido a que solo desplazamos los colores de L<sub>uu</sub> un poco sobre el rango superior ampliando nuestro rango de cielo L<sub>u</sub>, pero principalmente mantenemos igual la parte inferior de L<sub>uu</sub>, solo que se muestrea un poco menos, lo que no es una cuestión visualmente llamativa de todos modos, debido a que las texturas no necesitan tantos códigos de todos modos. El rango de cielo estirado puede ser un poco subóptimo, pero normalmente no debería ser realmente un problema, y conseguimos a cambio una calidad mejorada Rec\_HDR. Pero todo esto solo es si no emprendemos ninguna acción contraria en el extremo receptor, por ejemplo por un receptor que no puede realizar procesamiento alguno. Debido a que, en el descodificador, podemos realizar una estrategia de precompensación en la unidad de remapeo de tonos 159. Esto convertirá entonces la asignación de luma en una

cuestión puramente técnica fuera de las preocupaciones de las intenciones artísticas del graduador. Debido a que la unidad de remapeo de tonos 159 aplicará la corrección del estiramiento local para obtener de nuevo una compresión, antes de usar la apariencia de LDR prevista resultante (LDR<sub>ul</sub>), para, por ejemplo, accionar un visualizador de LDR. Por lo tanto, en el ejemplo del cielo, en donde estiramos el límite inferior de cielo de L<sub>u</sub> hasta los brillos de objetos en el rango adyacente L<sub>uu</sub> (oscureciendo por lo tanto esos objetos), la unidad de remapeo de tonos 159 de un descodificador 150 aplicará el mapeo inverso de 301 como una corrección. Esto significa que, visualmente, el rango de cielo tendrá de nuevo su rango de lumas original L<sub>u</sub> y, cuando se represente en un visualizador de LDR, el rango de luminancia correcto, si bien este tiene más precisión debido a que se asignaron más códigos de luma de codificación de textura. De forma similar, en la apariencia de LDR<sub>ul</sub>, el objeto con brillos adyacentes en L<sub>uu</sub> también tendrá los brillos no atenuados correctos, y solo diferirá en cuanto a la precisión debido a la cantidad reducida de códigos. Y el experto puede entender cómo esta técnica siempre puede mejorar, en las diversas otras situaciones posibles, la precisión de codificación en aquellas regiones de una imagen en donde sea necesario, al tiempo que se mantiene la apariencia de LDR LDR<sub>ul</sub> prevista del graduador. La única cosa que necesita poder hacer la unidad de remapeo de tonos 159 es aplicar una estrategia de mapeo de tonos al LDR<sub>t</sub> técnico descodificado, por ejemplo por medio de una LUT, que se puede codificar conjuntamente en la señal S<sub>im</sub> (o codificarse parcialmente si el mapeo de tonos se puede obtener de, por ejemplo, un conjunto limitado de puntos de control, por ejemplo segmentos lineales delimitantes) y, por lo tanto, debería ser evidente por qué es ventajoso codificar esta función de ajuste técnico por separado (Ff1, Ff2,...) en S<sub>im</sub>, debido a que esta puede ser usada por el descodificador incluso para llegar a una apariencia de LDR LDR<sub>ul</sub> más deseable, una vez que la misma haya sido determinada en el lado de creación y aceptada por el graduador, y comunicada a un lado de recepción.

Habrá, esencialmente, dos categorías de realizaciones de codificador que posibilitarán lo anterior. La primera realiza esencialmente todo el procesamiento automáticamente, y no necesita involucrar al usuario. Los detectores de suavidad y de textura categorizarán automáticamente las diversas regiones y, por lo tanto, identificarán el patrón de gradientes en el cielo y los otros objetos con textura ubicados de forma adyacente (es decir, en el rango de lumas ubicado por debajo y/o por encima de L<sub>u</sub>). Se pueden integrar diversos caracterizadores de textura para determinar la complejidad de la textura (por ejemplo, la finura de grano, la cantidad de valores de gris intercalados, etc.), y determinar a partir de los mismos cómo de visualmente llamativas serán las perturbaciones que conducen a menos lumas de codificación, y el rango de L<sub>uu</sub> necesario que resulta de las mismas. Como se ha dicho, estas preferencias se pueden integrar en fórmulas que determinan el L<sub>uu</sub> funcionalmente o con unas LUT. Asimismo, en algunas realizaciones, se pueden encontrar presentes DCT u otros emuladores de compresión, por ejemplo que calculan las imágenes de LDR descomprimidas LDR<sub>d</sub> resultantes bajo diversas elecciones para R<sub>ady</sub> y la forma de perturbación de mapeo de tonos funcional 301, y calculan una medida de gravedad para la visibilidad típica (a un rango de visualización, tamaño de visualización, brillo del entorno, etc., normal) del efecto de banda y /u otros artefactos de compresión. Para esto se puede encontrar presente la unidad de análisis de textura 117, que habitualmente está dispuesta para analizar texturas y, en particular, su impacto visual, tanto en el original (LDR<sub>o</sub>) como en el codificado LDR<sub>c</sub> o, de hecho, la descodificación del mismo LDR<sub>d</sub> que se encontrará, en última instancia, presente en el extremo receptor. En remapeos particulares a HDR mediante LDR a HDR, se puede usar la unidad de mapeo de color 118 para permitir que el graduador compruebe el impacto visual, si es necesario. Si el graduador desea comprobar la susceptibilidad de reconstrucción de este M<sub>HDR</sub> como Rec<sub>HDR</sub>, por ejemplo, puede conmutarlos a tiempo en su visualizador de HDR 102, por medio de la salida de imagen de HDR 119. De hecho, el descodificador puede tener varias salidas (que hemos mostrado separadas pero, por supuesto, las mismas se pueden encaminar internamente a solo una salida) 111, 112, 113, 114 para poder comprobar las diversas versiones de LDR.

Una segunda categoría de codificadores con regradación técnica puede implicar directamente al graduador humano. Si este ya está comprobando la calidad de los algoritmos automáticos, este puede tener una opción para influir en los resultados (es decir, habitualmente de forma semiautomática). Esto debería ser simple para el graduador, debido a que este desea involucrarse más en la determinación artística de la apariencia, es decir, la colocación de las lumas de objeto, en lugar de cuestiones técnicas como artefactos de compresión (si ya se quiere contemplar eso, y aunque este comprobará uno o más escenarios típicos y aprobados, al avanzar por la línea de comunicación de imagen puede haber, por supuesto, compresiones adicionales que podrían tener artefactos más graves).

En estas realizaciones de codificador, la unidad de interfaz de usuario 105 habitualmente permitirá que el graduador especifique áreas de imagen geométricas que, de acuerdo con este, son áreas particularmente problemáticas. Por ejemplo, este puede realizar un garabato en el cielo, y las unidades de análisis de histograma y de análisis de textura se centrarán entonces en esta parte de la imagen al realizar su análisis y determinación de curva de mapeo de tonos parcial de actualización técnica. Por ejemplo, estas pueden proponer sucesivamente una estrategia que añade al cielo algunos códigos de luma más de cada vez, hasta que el graduador ha quedado satisfecho. Por ejemplo, un algoritmo de una realización de la unidad de mapeo de tonos 106 puede multiplicar este rango del gradiente de objeto (sensible al efecto de banda) por  $k =$ , por ejemplo, 1,5, y seleccionar un rango vecino de una región de imagen con textura y comprimirlo hasta  $L_{uu} - 1,5 * L_u$ . Es decir, se puede usar cualquier redistribución lineal o curvilínea de los códigos en las dos regiones. El L<sub>uu</sub> se puede seleccionar para que sea al menos, por ejemplo,  $3 * L_u$ , valores que habitualmente son optimizados por un diseñador de aparatos en función de un conjunto de imágenes representativas. Si la proposición realizada por el aparato es conveniente, el graduador la acepta,

haciendo que el codificador almacene los parámetros correspondientes en  $S_{im}$  o, de lo contrario, se empieza una nueva iteración, por ejemplo, con  $k = 1,1*1,5$ .

La perturbación 301 conducirá a un mapeo de tonos final, con el que se corresponde una graduación técnica final  $LDR_i$ , que será la apariencia de LDR que se envía al sistema de comunicación después de un formateo adicional de acuerdo con nuestro sistema de codificación de HDR de modo ii, y que se corresponde esencialmente con lo que el graduador desea como apariencia de LDR. La ventaja de la implicación del graduador es que este puede indicar - al menos con un mínimo de implicación- qué regiones ocurren semánticamente más relevantes. El analizador de textura estadística puede determinar que existen realmente pocas lumas (es decir, pocos píxeles) en una región entre, por ejemplo, las lumas oscuras de una sala de interiores, y las lumas brillantes de la zona exterior soleada y, por lo tanto, decidir aplicar una estrategia de remapeo que aplica allí pocos códigos (en el caso de que el remapeador de descodificador 159 pueda reconstruir arbitrariamente la apariencia de LDR deseada, incluso podríamos usar una curva de deformación técnica fuerte que casi corta la totalidad del subrango, apenas usado, de entre la codificación de  $LDR_i$ , haciendo por lo tanto inmediatamente adyacentes en el valor de luma  $LDR_i$  los subrangos de interiores y de exterior). No obstante, si en esta región pequeña ocurre que hay un objeto importante como la cara de alguien o un objeto que de algún modo se resaltó como un objeto que está apareciendo, el graduador puede contrarrestar esto. Son posibles varias realizaciones prácticas, por ejemplo este puede garabatear en nuestro bosquejo un rectángulo en torno a esta región y, entonces, girar un selector lo que aumenta la cantidad de códigos de luma a usar para esa región. El lector experto entenderá que hay diversas otras formas en las que una interfaz de usuario puede seleccionar una región u objeto crítico en la imagen o toma, e indicar cómo la misma se debería codificar con lumas, incluso hasta llegar a que el graduador bosqueje o influya sobre la forma de la propia curva de modificación 301.

El resto de nuestro sistema de modo ii es tal como sigue:

Opcionalmente, la unidad de conversión de rango dinámico puede realizar un cierto procesamiento de saturación de color (por ejemplo, debido a que el colorido disminuye con el oscurecimiento y viceversa, el graduador puede querer compensar la saturación que se ha vuelto un tanto inapropiada debido al mapeo de tonos de luma). Una realización a modo de ejemplo conveniente y práctica funciona con una función de saturación general del tipo no destructivo para la información. Con esto, pretendemos indicar que también esta función de saturación no es en parte alguna demasiado plana, por lo tanto esta también se puede invertir. Pero, en algunas realizaciones, la función de saturación puede solo necesitar aplicarse en el aumento de grado de LDR a HDR y, entonces, esta puede ser más liberal. En la figura 3 hemos mostrado una saturación suave de  $s_{entrada}$  a  $s_{salida}$ , que se podría codificar con una serie de valores  $S_1, S_2, S_3$  en una LUT en la señal  $S_{im}$ . Estos pueden ser los valores de  $s_{salida}$  para valores de  $s_{entrada}$  equidistantes (una cantidad suficiente para la que se puede recuperar la curva deseada de una forma razonablemente suave en el descodificador), pero también podrían ser, por ejemplo, puntos de control de forma de función. Una función de desaturación se podría codificar, por ejemplo, como una línea con una pendiente más pequeña que 45 grados (en una representación gráfica de  $s_{entrada}$  frente a  $s_{salida}$ ). En un caso de desaturación de ese tipo, la señal de imagen podría simplemente tener un valor entero o de coma flotante para el multiplicador en los metadatos. Suponemos en el ejemplo explicativo que  $s_{salida}$  será la saturación de la imagen de HDR, y necesitamos reforzar la saturación de los colores más oscuros, ahora oscurecidos, de la escena para aumentar el colorido, pero el experto puede entender que puede haber diferentes variantes de procesamiento en la misma filosofía de codificación estructural. Por simplicidad de explicación, supondremos que la saturación se realiza en el espacio uv, por ejemplo independientemente de la luma podemos realizar la operación  $s_{salida} = s_{entrada} + MS(s_{entrada}) * s_{entrada}$ . La  $MS(s_{entrada})$  es entonces el valor multiplicativo recuperable de la función tal como se observa en la figura 2b y se codifica en la LUT 206, lo que estira el vector de saturación en una dirección de matiz en comparación con un cierto punto blanco. Suponemos por simplicidad que hemos definido nuestro espacio uv como uno cilíndrico con la saturación máxima en la periferia (y codificado como 1,0). Por supuesto, el experto entenderá que o bien podemos codificar nuestra estrategia de saturación en otra definición colorimétrica, o bien dado que la definición es, por ejemplo, en un espacio  $Y'uv$  cilíndrico, el diseñador del hardware o software de descodificador puede elegir realizar realmente la misma de forma equivalente en otro espacio de color, tal como el espacio  $YCrCb$  basado en RGB, etc. El graduador también puede determinar y codificar, en  $S_{im}$ , unas estrategias de saturación dependientes de la luma, es decir, funciones que cambian la saturación, multiplicador que varía con la luminancia del color procesado. Básicamente, una realización más avanzada de  $S_{im}$  tendrá una estructura de codificación de saturación. Esta puede ser, por ejemplo, una definición basada en web que tiene, para una serie de matices clave (por ejemplo, los 6: RGBCYM), una función multiplicadora definida a lo largo de luma:  $MS(Y')$ . A partir de esto, lo que se puede codificar como 6 LUT de valores similares a 206, en el extremo receptor, el descodificador puede determinar una estrategia de saturación para todos los colores en la gama por interpolación. Una estrategia más compleja puede incluso introducir una variabilidad de la saturación en la dirección radial. Esto se puede codificar fácilmente determinando estas funciones (de forma similar a lo que se ve en la figura 2b, pero entonces variable a lo largo de la altura de luma en la gama) simplemente de forma paramétrica, por ejemplo como funciones de desplazamiento, de gamma, de ganancia. En este caso, se tendría:  $s_{salida} = s_{entrada} + F(s_{entrada}, Y')$  para los matices clave, y en el caso de, por ejemplo, un control de forma de función de tres parámetros, se puede codificar esto en  $S_{im}$  o bien como 3x6 LUT que especifican el comportamiento de luma de, por ejemplo, el parámetro saturación\_gamma como que varía a lo largo de  $Y'$ , o bien como 6 LUT para los matices, pero en donde no se codifica un único valor multiplicativo en cada posición, sino una tríada [desplazamiento\_sat( $Y'_i$ ),

ganancia\_sat( $Y'_i$ ), gamma\_sat( $Y'_i$ )]\_LUT\_de\_amarillo, consecutivamente a lo largo de una serie de posiciones i que muestrean las lumas posibles en la gama.

5 Entonces, en algunas realizaciones de un codificador (y el descodificador correspondiente) existe una transformación opcional a  $u'v'$  para las características de color de los píxeles, que explicaremos a continuación (pero otras realizaciones pueden, como alternativa o adicionalmente, realizar una codificación en, por ejemplo, R'G'B' o YCrCb, etc. directamente, y ni siquiera tener la unidad opcional 107 en el interior; obsérvese también que un cierto procesamiento de  $Yu'v'$  se puede reescribir matemáticamente como un procesamiento de RGB lineal equivalente).

10 Habiendo aplicado una transformación de rango dinámico para crear la apariencia de LDR correcta (por ejemplo, en el espacio RGB, o XYZ etc.), suponiendo que no habíamos realizado ya el mapeo en el espacio  $Y'uv$ , la unidad de transformación de color 107 de la realización de explicación a modo de ejemplo realizará la conversión a nuestra representación  $u'v'$ , siendo determinadas las lumas  $Y'$  en esa representación de color por nuestra función de mapeo de tonos total (es decir, las lumas de la imagen de LDR intermedia LDR i), y  $u, v$  según las ecuaciones anteriores.

15 También podríamos realizar transformaciones colorimétricas en la unidad 107, que ya condicionan los colores cuando se prevé un espacio multiprimario o de RGB dependiente del dispositivo diferente. Por ejemplo, si nuestro M\_HDR se codificó con un triángulo de RGB más pequeño, pero la LDR es para un visualizador de gama amplia, el graduador puede ya predefinir una estrategia de refuerzo de saturación, aunque a menudo las cosas serán a la inversa, caso en el que la unidad 107 puede implementar un mapeo de gama cromática.

20 Por último, el LDR  $uv$  resultante se codifica con un compresor de imagen de LDR o de vídeo 108 clásico, es decir, habitualmente se transforma por medio de DCT o de ondícula, etc.

25 Esta imagen comprimida LDR\_c se envía a un formateador 116, que añade los metadatos en la función de mapeo aplicada de acuerdo con un formato normalizado, para que los mismos se encuentren adecuadamente disponibles en un lado de recepción. Es decir, este formateador añade el valor de sensibilidad (RHO o, como alternativa, SENS), el mapeo de tonos adicional para realizar un ajuste preciso de la apariencia de LDR según sea determinado habitualmente por el graduador humano (aunque, en un futuro más lejano, algunos codificadores pueden ser lo bastante inteligentes para realizar algo de ajuste preciso por sí mismos) con parámetros de definición de función 205 habitualmente como una LUT de valores ( $F_1, F_2, \dots$ ), la codificación de saturación 206, por ejemplo también un conjunto de parámetros que definen una función multilineal, etc.

30 El mapeo de tonos adicional se almacena habitualmente, por razones técnicas, por separado en la señal de imagen o de vídeo  $S_{im}$ , preferiblemente como un conjunto de valores enteros o reales 207, que se puede usar para almacenar, por ejemplo, una LUT de 256 puntos o de 1024 puntos.

35 El LDR\_c codificado se puede descodificar de nuevo a LDR\_d y, entonces, aumentarse su grado por la unidad de mapeo de color 118 de tal modo que el graduador puede ver, por medio de la salida de imagen 119, lo que parecería el HDR reconstruido Rec\_HDR en un extremo receptor. Si este así lo desea, incluso podría someter a prueba la influencia de algunos ajustes de compresión típicos hasta, por ejemplo, una compresión fuerte. El descodificador descrito en el presente documento también se podría usar en una estrategia de recodificación, en donde la apariencia de graduación puede ya haberse preparado previamente, pero entonces, por ejemplo, una versión de LDR de baja calidad y muy comprimida se vuelve a determinar para alguna aplicación particular de comunicación de imagen/vídeo. Ese graduador secundario incluso puede volver a afinar los parámetros. Dependiendo de si este tiene el M\_HDR original disponible, puede volver a determinar, por ejemplo, las funciones de descenso de grado para lograr una apariencia de LDR nueva y ajustada más apropiadamente (por ejemplo, atendiendo a espectadores de teléfonos móviles) y, de hecho, este incluso puede hacerlo cuando solo se tiene el Rec\_HDR conveniente disponible en lugar de M\_HDR. La división de una parte de graduación técnica para asignar más apropiadamente los códigos de luma es muy útil para tales escenarios. Debido a que las funciones que mapean con LDR o (y la reconstrucción próxima correspondiente LDR\_ul del mismo) determinan la apariencia de LDR artística real, y estas pueden haber sido determinadas de una vez por todas por el graduador primario en o cerca del momento de la producción inicial del contenido. Pero el codificador aún puede determinar, de forma automática o semiautomática con implicación del graduador secundario, el mapeo técnico con las modificaciones pequeñas como 301, y el LDR\_i (o LDR\_t) correspondiente, y los metadatos codificados  $Ff_1, Ff_2$ , en el conjunto de valores reales o enteros 207 en  $S_{im}$ , que pueden, por supuesto, ser diferentes para diferentes limitaciones tecnológicas, tales como la cantidad de bits (por ejemplo, solo 8 bits para el canal de luma).

40 El descodificador 150 puede ser un CI en, por ejemplo tal como en esta explicación, una unidad de adaptación multimedios o un ordenador conectable a un visualizador 160 o televisión (por lo tanto, cuando decimos descodificador, pretendemos cubrir tanto cualquier realización pequeña de este tal como una "unidad de adaptación multimedios en un lápiz USB" como cualquier aparato grande que realice y se aproveche de nuestra invención tal como una unidad de adaptación multimedios con disco duro y medios de lectura de discos ópticos, y codificador, puede ser cualquier cosa desde un dispositivo pequeño a un sistema de graduación grande, etc.) pero, por supuesto, la televisión puede no ser un monitor no inteligente sino comprender toda esta tecnología de descodificación en su propio CI. El visualizador 160 puede ser tanto un visualizador de LDR como un visualizador de HDR, o básicamente cualquier visualizador conectado por medio de cualquier tecnología de comunicación de



imagen por medio de la salida de imagen 157, tal como, por ejemplo, una transmisión por secuencias inalámbrica a un dispositivo multimedia portátil o un proyector de cine profesional.

5 El descodificador obtiene nuestro S\_im formateado por medio de la entrada de imagen 158, y un desformateador 151 lo dividirá entonces en una imagen LDR\_c (IMG en la figura 2) para su descompresión por un descompresor clásico de tipo JPEG o de tipo MPEG 152, y los parámetros P a partir de metadatos (por ejemplo, un ajuste de sensibilidad 1000, y algunos valores que se pueden usar para reconstruir un mapeo de tonos o forma funcional de mapeo de saturación). Opcionalmente, en el descodificador es la unidad de remapeo de tonos 159, debido a que, puesto que este remapeo técnico no es habitualmente una deformación grave de la apariencia de LDR LDR\_ul prevista por el graduador, algunos descodificadores pueden permitirse ignorarlo. No obstante, los descodificadores plenamente conformes con HDR deberían usar esta unidad 159 para aplicar una estrategia de corrección técnica según se codifica en los valores de Ff de 207, para alcanzar la apariencia de LDR correcta LDR\_ul (que es una aproximación cercana de LDR o). Esta imagen de LDR corregida (LDR ul) va a una unidad de afinación de color de visualizador 154 adicional. Esta unidad 154 puede aplicar la optimización necesaria para un visualizador de gama amplia particular, por ejemplo, de 1300 nit (afinabilidad). Aunque son posibles algunas variantes, hemos bosquejado un descodificador típico para nuestra filosofía de codificación de HDR, que tiene una trayectoria de procesamiento de imagen para recuperar LDR\_ul (o si 159 no se encuentra presente, su aproximación LDR\_t), pero también tiene una segunda trayectoria de procesamiento de imagen para determinar el Rec\_HDR. Esto se realiza en la unidad de conversión de rango dinámico 153, que habitualmente aplica los mapeos inversos aplicados en el codificador (realmente, en la señal, habitualmente se codificarán los parámetros de este mapeo inverso, es decir, un aumento de grado). La unidad de afinación de color de visualizador 154 habitualmente estará dispuesta para combinar la información en las dos graduaciones, lo que se podría realizar basándose en el uso de solo una imagen y los parámetros de mapeo de color P, pero suponemos en esta realización explicada que obtiene una imagen de Rec\_HDR y de LDR\_ul como entrada y entonces las interpola, de acuerdo con qué visualizador con qué brillo máximo esté conectado y se vaya a abastecer con las imágenes graduadas apropiadamente.

30 Aparte del mapeo de tonos para obtener la apariencia de brillo correcto, puede estar comprendida habitualmente una unidad de transformación de color 155 dispuesta para realizar adaptaciones cromáticas para realizar una optimización para una gama de color diferente de la gama de codificación (por ejemplo, Rec. 2020 a DCI-P3 o Rec. 709, etc.).

35 Lo que se emitirá por medio de la salida de imagen 157 y, por lo tanto, será calculado por la unidad 154 dependerá, por supuesto, del visualizador conectado. Si este es un visualizador de LDR, la unidad 154 puede enviar, por ejemplo, LDR\_ul, por supuesto después de un remapeo de color correcto (por la unidad 155) de codificación de Y'uv a una de R'G'B' dependiente del dispositivo particular, por ejemplo, Si el visualizador 160 conectado está próximo a un visualizador de brillo máximo de 5000 nit (véase también cómo el aparato de descodificación puede preguntar a una TV sus capacidades en el documento WO 2013/046096; un controlador 161 puede realizar tal comunicación con el visualizador e incluso con el espectador para obtener sus preferencias, y se puede disponer para configurar cómo debería comportarse la unidad de afinación de visualizador 154 y qué tipo de apariencia de imagen debería calcular y emitir la misma), la imagen de apariencia Rec\_HDR se puede emitir, de nuevo después de dar un formato conveniente de acuerdo con lo que la televisión desea recibir (es decir, esto aún puede ser una codificación de Y'uv, por ejemplo nuestro formato de S\_im con entonces una imagen de apariencia de HDR almacenada en 201/IMG, y algunos metadatos funcionales también se pueden transmitir de tal modo que la televisión puede realizar un cierto último ajuste preciso colorimétrico de apariencia basándose en la información acerca de cómo cambian las graduaciones a lo largo del espectro de posibilidades de representación como codificadas en estos metadatos, o esta puede ser ya una imagen de accionamiento de visualizador de HDR de R'G'B'). Para los visualizadores de brillo máximo intermedio, la unidad 154 puede emitir una imagen de accionamiento conveniente, de nuevo o bien en nuestro formato de Y'uv, o bien en otro formato.

50 Por último, el creador de contenidos puede indicar en la señal si desea que el mapeo de compensación de la unidad 159 no deba omitirse, por ejemplo debido a que el creador de contenidos cree que LDR\_t se desvía seriamente de LDR\_ul. Esto se puede realizar codificando un 209 Booleano en un campo de IGNORAR\_MAPEO\_TÉCNICO de los metadatos.

55 Debería ser evidente para el lector que, en donde hemos explicado solo el mínimo de un conjunto de parámetros, por supuesto siguiendo el mismo razonamiento, varios conjuntos de metadatos funcionales de mapeo de color se pueden codificar en S\_im, por ejemplo un conjunto para ir de la imagen única IMG (que es una imagen de LDR) a una imagen de referencia, por ejemplo, de apariencia de HDR de [0-5000] nit, y se puede añadir un segundo conjunto para ir a, por ejemplo, una apariencia de MDR de 1500 nit. Y aunque realizar una descomposición específica de una sensibilidad, gamma, ganancia, y forma de función de ajuste preciso adicional es ventajoso, y al menos conveniente para una explicación técnica, uno cualquiera de los mapeos, por ejemplo el mapeo de LDR a MDR se podría codificar en S\_im en una forma condensada, por ejemplo llenando solo la LUT de mapeo de tonos o conjunto de valores 205, que codifican la función de mapeo final (es decir, todo conjuntamente de la sensibilidad, el ajuste preciso y el mapeo técnico).

65

La figura 4 muestra esquemáticamente una realización típica de nuestra unidad de descodificador central 400 (en este ejemplo, la parte mínima de modo ii, sin regraduación técnica, o conversión de Yu'v', etc.). Después de que un descompresor 401 realice la descodificación de longitud de ejecución o aritmética, y una DCT inversa etc., obtenemos una imagen LDR\_t, que supondremos que se encuentra en una representación de gamma 2,2. (es decir, con lumas o componentes de R'G'B' definidas de acuerdo con Rec. 709) y se normaliza. Puede haber una primera unidad de control 420, que puede enviar directamente esta imagen a una TV de LDR 410 conectada (lo que significa directamente que puede estar involucrado, por supuesto, algo de formateo heredado; en principio LDR\_t también podría ser, por ejemplo, una imagen lineal, caso en el que existirá la necesidad de volver a realizar un mapeo de gamma-2,2 de la misma antes de enviarla al visualizador de LDR, pero puede ser ventajoso si ello no es necesario; las funciones de mapeo de tonos adicional habitualmente serán diferentes dependiendo de qué tipo es LDR\_t, lo que también se puede indicar con un indicador IND\_2 en S\_im). Entonces, una primera unidad de mapeo de tonos 402 realiza el mapeo inverso del mapeo de tonos arbitrario, recibándose los parámetros de definición de esa forma de función P\_CC en los metadatos MET(F). Entonces, una segunda unidad de mapeo de tonos 403 realiza un reoscurcimiento de mapeo de tonos de los colores más oscuros relativamente con los más brillantes, aplicando, por ejemplo, la ecuación de rho anterior, con un valor de RHO recibido. La unidad también podría calcular el valor de RHO a partir de un brillo máximo de visualización recibido PB\_HDR, recibido a partir del visualizador de HDR 411 conectado. Entonces, una tercera unidad de mapeo de tonos 404 realiza una función de potencia de gamma, siendo un valor de GAM recibido, por ejemplo, 2,4 preferiblemente. Entonces, un multiplicador 405 puede realizar una multiplicación con GAN que, por defecto, puede ser 1,0. Opcionalmente, un procesador de saturación de color 406 puede realizar un cierto procesamiento de saturación. Por último, la unidad de control 421 puede enviar la imagen al visualizador de HDR 411, y esta puede realizar algo de procesamiento adicional, por ejemplo para dar formato correctamente a la imagen de acuerdo con una norma que entienda el visualizador, por ejemplo a través de una conexión de HDMI.

La figura 6 muestra una realización de unidad de conversión de rango dinámico de codificador simple. Esta comprende una unidad de normalización 601 para normalizar todas las componentes de color a 1 (es decir, si, por ejemplo, R, G, y B se normalizan a 1,0, por lo tanto la luminancia máxima se normalizará a 1,0, y viceversa). Las luminancias normalizadas Yn\_HDR de los píxeles de imagen de HDR (o en realizaciones equivalentes, por ejemplo, las componentes de RGB lineales normalizados) van a un primer mapeador de tonos 602 que realiza una operación gamma, con una gamma según desee el graduador (o unidad de graduación automática), pero habitualmente fijada a 1/(2,4). Entonces, un segundo mapeador de tonos 603 realiza la transformación que da brillo apropiadamente a los colores oscuros de HDR, por ejemplo con  $v = \frac{\log(1+(RHO-1)*xg)}{\log(RHO)}$ , con un factor de RHO apropiado propuesto por el sistema de graduación dependiendo de la diferencia de rango dinámico entre (el brillo máximo de) M\_HDR y la LDR de habitualmente 100 nit, y que habitualmente es, en última instancia, aceptado por el graduador, quien puede, o no, cambiar este valor de RHO inicialmente propuesto. Entonces, usando un tercer mapeador de tonos 604, el graduador comienza a realizar un ajuste preciso contemplando diversos objetos en la imagen y, en última instancia, define una curva de mapeo de tonos personalizada CC, cambiando diversas lumas de aquellos objetos de imagen importantes de acuerdo con el graduador. Esto da las lumas Yn\_LDR de la imagen de LDR\_o, con todos los datos listos para ser codificados.

Las componentes algorítmicas divulgadas en este texto pueden realizarse en la práctica (en su totalidad o en parte) como hardware (por ejemplo, partes de un CI para aplicaciones específicas) o como software en ejecución en un procesador de señales digitales especial, o un procesador genérico, etc.

Debería ser entendible 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 las etapas (opcionales) de los métodos se corresponden con medios respectivos de aparatos, y viceversa. La palabra "aparato" en esta solicitud se usa en su sentido más amplio, en concreto un grupo de medios que permiten la realización de un objetivo particular, y puede ser, por ejemplo (una pequeña parte de) un CI, o un dispositivo especializado (tal como un dispositivo con una pantalla), o parte de un sistema en red, etc. También se tiene por objeto que "disposición" se use en el sentido más amplio, por lo que puede comprender, entre otros, un único aparato, una parte de un aparato, una colección de (partes de) aparatos cooperativos, etc.

Debería entenderse que una versión de producto de programa informático de las presentes realizaciones como indicación abarca cualquier realización física de una colección de comandos que posibilitan que un procesador genérico o de fin 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) introduzca los comandos en el procesador, y ejecute cualquiera 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 cinta, datos presentes en una memoria, datos que viajan mediante una conexión de red -alámbrica o inalámbrica-, o código de programa en papel. Aparte del código de programa, los datos característicos requeridos por el programa pueden realizarse también como un producto de programa informático. Debería ser evidente que, con ordenador, pretendemos indicar cualquier dispositivo capaz de realizar los cálculos de datos, es decir, este también puede ser, por ejemplo, un teléfono móvil. Asimismo, las reivindicaciones de aparato pueden cubrir versiones implementadas por ordenador de las realizaciones.

Algunas de las etapas requeridas para la operación del método, tales como etapas de entrada y de salida de datos, pueden encontrarse ya presentes en la funcionalidad del procesador en lugar de describirse en el producto de programa informático.

5 Debería observarse que las realizaciones anteriormente mencionadas ilustran en lugar de limitar la invención. Donde el experto en la materia pueda realizar fácilmente un mapeo de los ejemplos presentados a otras regiones de las reivindicaciones, no hemos mencionado por concisión todas estas opciones en profundidad. Aparte de las combinaciones de elementos de la invención según se combinan en las reivindicaciones, son posibles otras combinaciones de los elementos. Cualquier combinación de elementos puede realizarse en un único elemento  
10 especializado.

No se tiene por objeto que signo de referencia alguno entre paréntesis en la reivindicación limite la reivindicación. La expresión “comprendiendo/que comprende” no excluye la presencia de elementos o aspectos no enumerados en una reivindicación. La palabra “un” o “una” precediendo a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de  
15 tales elementos.

## REIVINDICACIONES

1. Un método de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR), que comprende las etapas de:

- 5 - convertir la imagen de rango dinámico alto en una imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o) aplicando: a) normalización de la imagen de rango dinámico alto a una escala del eje de luma que es [0, 1] dando una imagen de rango dinámico alto normalizada con colores normalizados que tienen luminancias normalizadas (Yn\_HDR), b) calcular una función gamma sobre las luminancias normalizadas dando luminancias convertidas con gamma (xg), c) aplicar un primer mapeo de tonos que da lumas (v) que se define como  $v = \frac{\log(+1(RHO-1)*xg)}{\log(RHO)}$ , teniendo RHO un valor predeterminado, y d) aplicar una función de mapeo de tonos arbitrario monótonamente creciente que mapea las lumas con lumas de salida (Yn\_LDR) de la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o); y
- 10 - emitir, en una señal de imagen (S\_im), una codificación de los colores de píxel de la imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o), y
- 15 - emitir, en la señal de imagen (S\_im), valores que codifican las formas de función de las conversiones de color anteriores b a d como metadatos, o valores para sus funciones inversas, metadatos que permiten que un receptor reconstruya una imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR) a partir de la imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o), en donde RHO o un valor que es una función de RHO se emite en los metadatos.

20 2. Un método de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR) según la reivindicación 1 en el que el cálculo de función gamma usa un valor de gamma igual a 1/(2,4).

25 3. Un método de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR) según la reivindicación 1 que comprende determinar un valor de ganancia (gan) para mapear la luma máxima de la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o) con un valor específico de los valores posibles en la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), y codificar ese valor de ganancia en la señal de imagen (S\_im).

30 4. Un método de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR) según una de las reivindicaciones anteriores que comprende: después de aplicar cualquiera de los mapeos de color anteriores para determinar la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o), aplicar un mapeo de tonos técnico adicional (301) para determinar una segunda imagen de rango dinámico inferior (LDR\_i) que se puede usar para accionar visualizadores de LDR como una imagen de accionamiento alternativa, alternativa a la imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o), mapeo de tonos técnico que se determina al: a) determinar una primera región geométrica de la imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o) para la cual la visibilidad de efecto de banda en la imagen de rango dinámico alto reconstruida correspondiente (Rec\_HDR) se encuentra por encima de un nivel aceptable, b) determinar un rango de lumas (L\_u) para esa región, c) determinar un segundo rango de lumas de píxel (L\_uu) adyacente en el eje de luma al rango de lumas (L\_u), en donde el segundo rango se identifica para satisfacer las condiciones de que este tiene una serie de lumas por encima de un número mínimo (MÍN), y se corresponde con

35 un número mínimo de códigos en una imagen de LDR (LDR\_i) sobre la cual aplicar las funciones dando una imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR) de una calidad visual suficiente para esa segunda región, y d) determinar una función de mapeo de redistribución que redistribuye las lumas del primer y el segundo rango de lumas, de tal modo que se encuentran disponibles códigos adicionales para el primer rango, y emitir, en la señal de

40 imagen (S\_im), valores que codifican la forma de función de la función de mapeo de redistribución o, preferiblemente, su inversa.

45 5. Un método de codificación de una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR) según la reivindicación 4, en el que la identificación de la primera región geométrica es realizada por un graduador humano por medio de una unidad de interfaz de usuario (105), y la cantidad de efecto de banda de la primera región geométrica en la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), y la calidad visual de reconstrucción de la segunda región geométrica en la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR) son evaluadas por el graduador humano como aceptables o inaceptables, en donde, en el caso de la evaluación de aceptable, los valores que codifican la forma de función de la función de mapeo de redistribución o su inversa se codifican en la señal de imagen o, en el caso de la evaluación de inaceptable, las etapas se realizan de nuevo con diferentes parámetros para llegar a una función de mapeo de redistribución alternativa.

50 6. Un codificador de imagen (100) dispuesto para codificar una imagen de rango dinámico alto (M\_HDR), que comprende:

- 60 - una unidad de conversión de rango dinámico (104) dispuesta para convertir la imagen de rango dinámico alto en una imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o), comprendiendo la unidad de conversión de rango dinámico (104): a) un normalizador (601) dispuesto para normalizar la imagen de rango dinámico alto a un eje de luma que varía a lo largo de [0, 1] y para emitir luminancias normalizadas (Yn\_HDR), b) una unidad de conversión de gamma (602) dispuesta para aplicar una función gamma a las luminancias normalizadas y para
- 65

emitir luminancias convertidas con gamma (xg), c) una primera unidad de mapeo de tonos (603) dispuesta para aplicar un primer mapeo de tonos que da lumas (v) que se define como  $v = \frac{\log(+1(RHO-1)*xg)}{\log(RHO)}$ , teniendo RHO un valor predeterminado, d) una unidad de mapeo de tonos arbitrario (604) dispuesta para aplicar una función arbitraria monótonamente creciente que mapea las lumas (v) con lumas de salida (Yn\_LDR) de la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o); y comprendiendo adicionalmente el codificador de imagen (100):

- un compresor de imagen (108) dispuesto para aplicar una transformación de reducción de datos a los colores de la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_o), colores que se organizan en imágenes de componente, transformación de reducción que implica al menos aplicar una transformada DCT a bloques de valores de componente de color adyacentes, dando una codificación comprimida (LDR\_c) de los colores de píxel de la imagen de rango dinámico de luminancia inferior; y

- un formateador (110) dispuesto para emitir, en una señal de imagen (S\_im), la codificación comprimida (LDR\_c), y dispuesto para, además, emitir, en la señal de imagen (S\_im), valores que codifican la forma de función de las conversiones de color como metadatos, o valores para sus funciones inversas, metadatos que permiten que un receptor reconstruya una imagen de rango dinámico alto (Rec\_HDR) basándose en la imagen de rango dinámico de luminancia inferior (LDR\_o), comprendiendo los valores RHO o un valor que es una función de RHO.

7. Un descodificador de imagen (150) dispuesto para recibir una señal de imagen de rango dinámico alto (S\_im) y que comprende:

- un desformateador (151) dispuesto para obtener una imagen de rango dinámico inferior pixelizada comprimida (LDR\_c) y datos de parámetro (P) a partir de la señal de imagen (S\_im); y

- un descompresor (152) dispuesto para aplicar al menos una transformada DCT inversa a la imagen de rango dinámico inferior pixelizada comprimida (LDR\_c) para obtener una imagen de rango dinámico inferior pixelizada (LDR\_t); y una unidad de conversión de rango dinámico (153) dispuesta para transformar la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_t) en una imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), en donde la unidad de conversión de rango dinámico (153) comprende: a) una unidad de mapeo de tonos arbitrario (402) dispuesta para aplicar un mapeo de tonos arbitrario monótonamente creciente, recibiendo los parámetros que lo definen (P\_CC) en los datos de parámetro (P), b) una primera unidad de mapeo de tonos (403) dispuesta para aplicar un mapeo según se define por una función de la forma  $xg = \frac{(\text{potencia}(RHO,v)-1)}{(RHO-1)}$ , , recibiendo RHO, que es constante,

en los datos de parámetro (P) y c) una unidad de conversión de gamma (404) dispuesta para aplicar un mapeo de gamma con un valor de gamma recibido (GAM).

8. Un descodificador de imagen (150) según la reivindicación 7 que comprende una unidad de remapeo de tonos (159) dispuesta para aplicar un mapeo de tonos adicional (Ff1, Ff2, ...) recibido en la señal de imagen (S\_im) a la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_t) para obtener una segunda imagen de rango dinámico inferior (LDR\_ul) que invierte una acción de redistribución de código previamente aplicada por el codificador de la imagen de rango dinámico inferior para obtener un efecto de banda reducido en al menos una región de la imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR).

9. Un método de descodificación de una señal de imagen de rango dinámico alto (S\_im) que comprende:

- obtener una imagen de rango dinámico inferior pixelizada comprimida (LDR\_c) y datos de parámetro (P) a partir de la señal de imagen (S\_im); descomprimir la imagen de rango dinámico inferior pixelizada comprimida (LDR\_c) aplicando al menos una transformada DCT inversa a la imagen de rango dinámico inferior pixelizada comprimida (LDR\_c) para obtener una imagen de rango dinámico inferior pixelizada (LDR\_t); y transformar la imagen de rango dinámico inferior (LDR\_t) en una imagen de rango dinámico alto reconstruida (Rec\_HDR), al: a) aplicar un mapeo de tonos arbitrario monótonamente creciente, recibiendo los parámetros que lo definen (P\_CC) en los datos de parámetro (P), b) aplicar un mapeo según se define por al menos un parámetro recibido (RHO)

definiéndose el mapeo por una función de la forma:  $xg = \frac{(\text{potencia}(RHO,v)-1)}{(RHO-1)}$ , y c) aplicar un mapeo de gamma con un valor de gamma recibido (GAM), que preferiblemente es igual a 2,4.

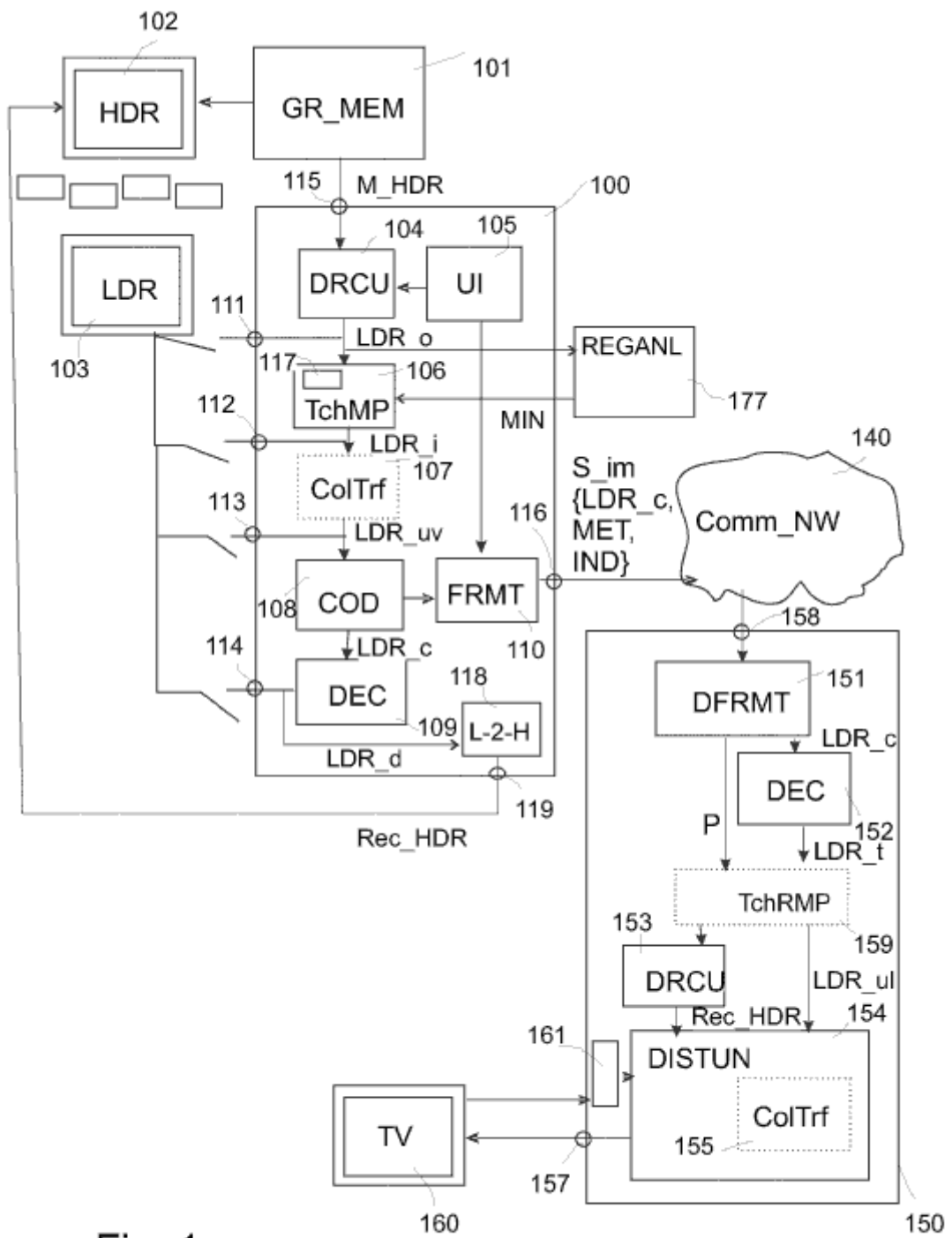


Fig. 1

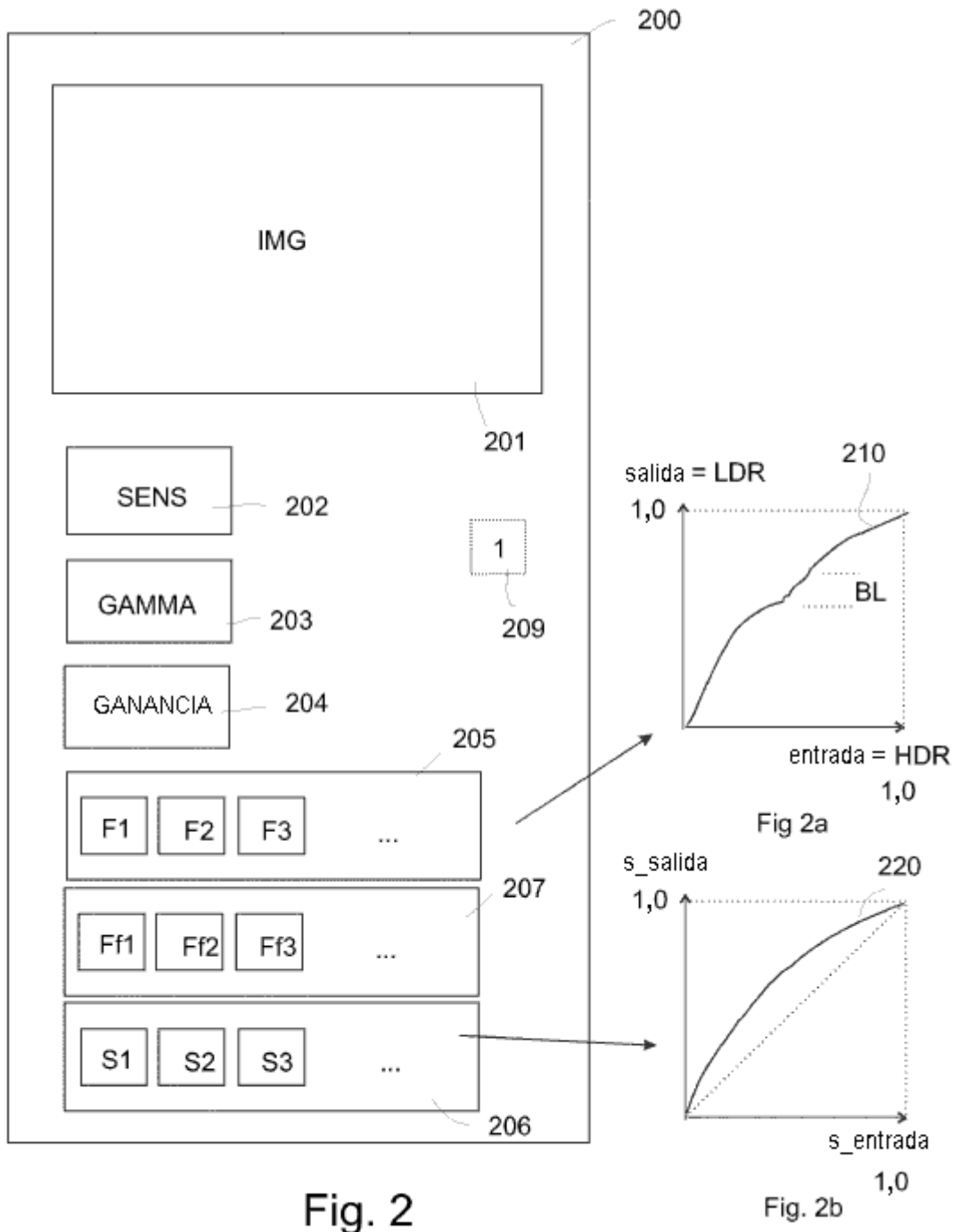


Fig. 2

Fig. 2b

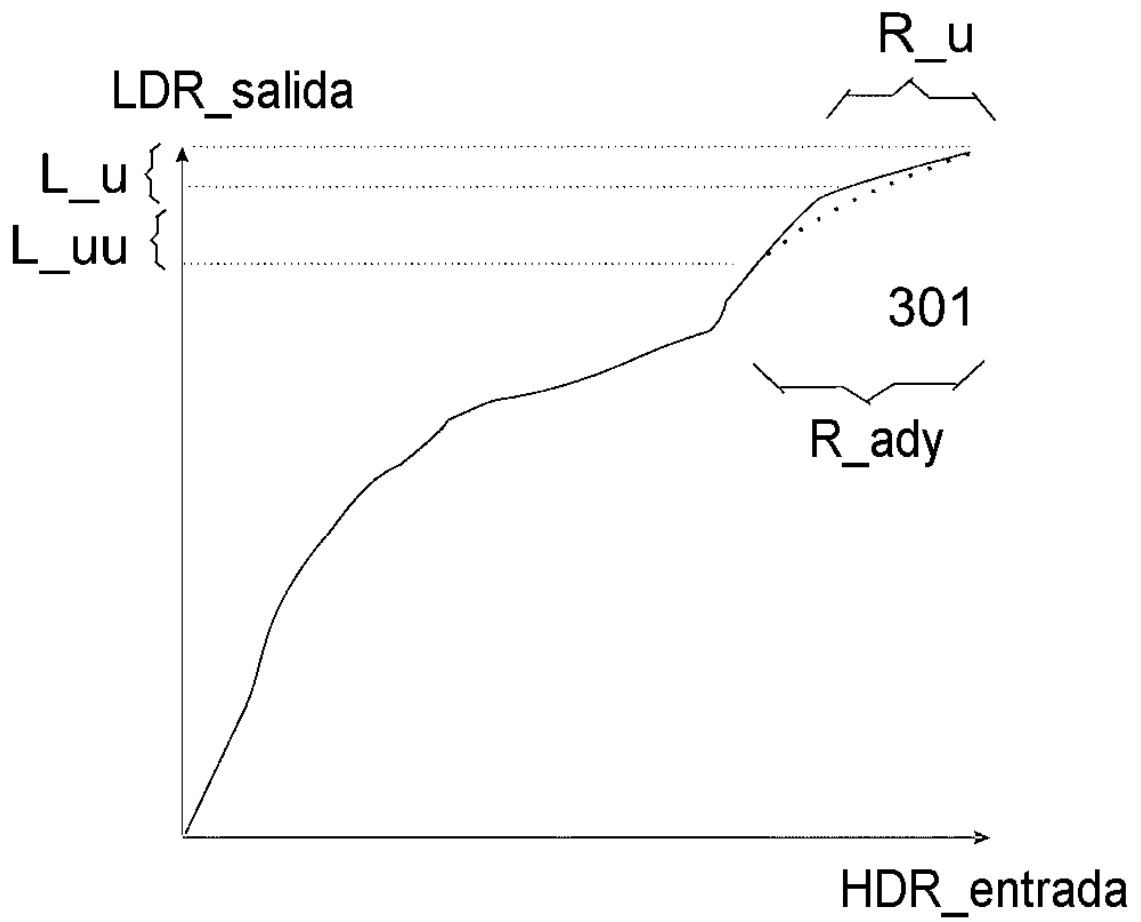


Fig. 3



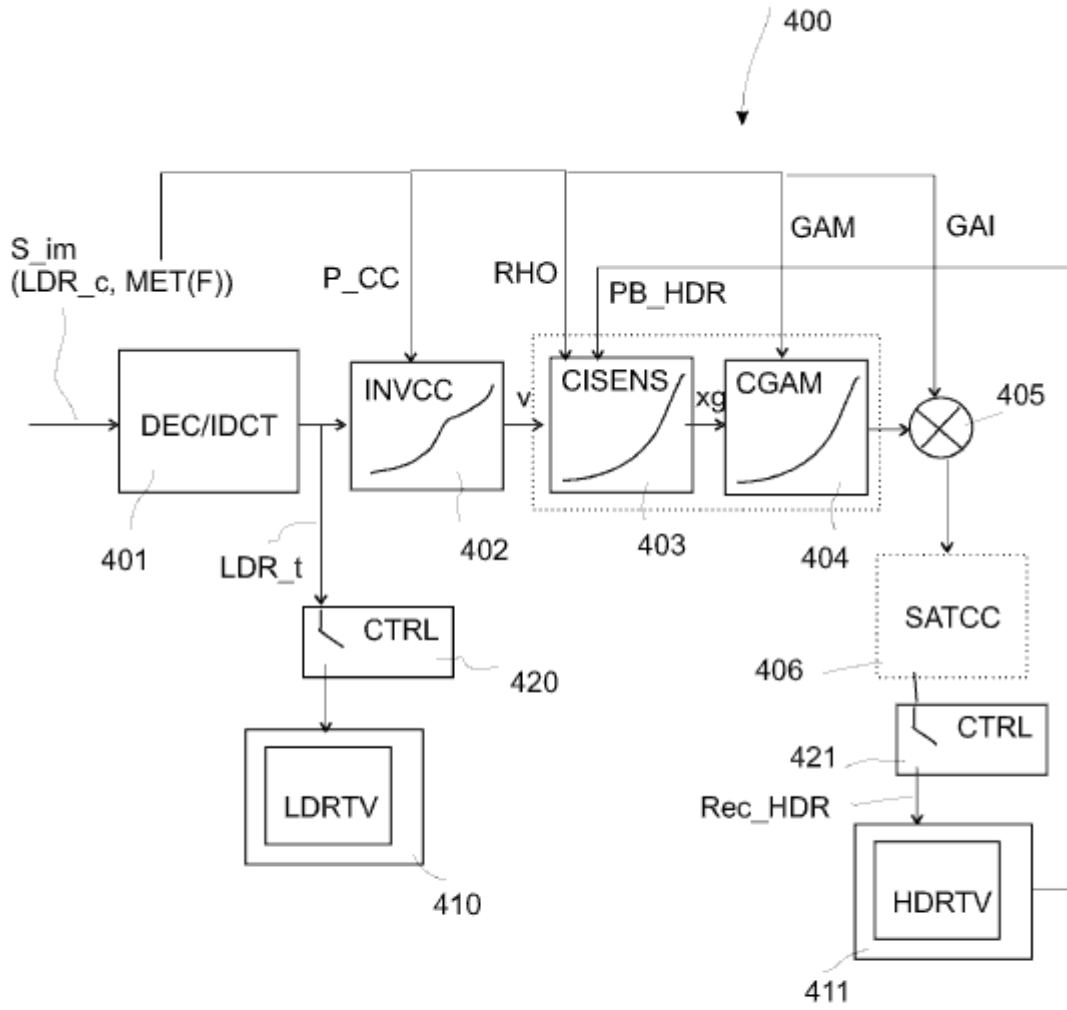


Fig. 4

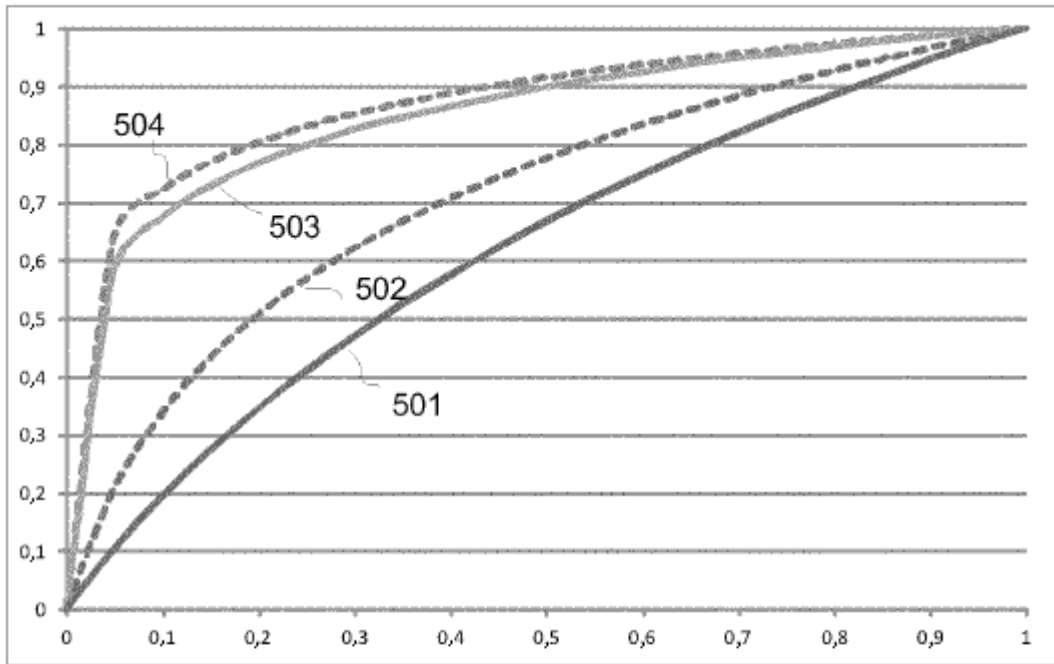


Fig. 5

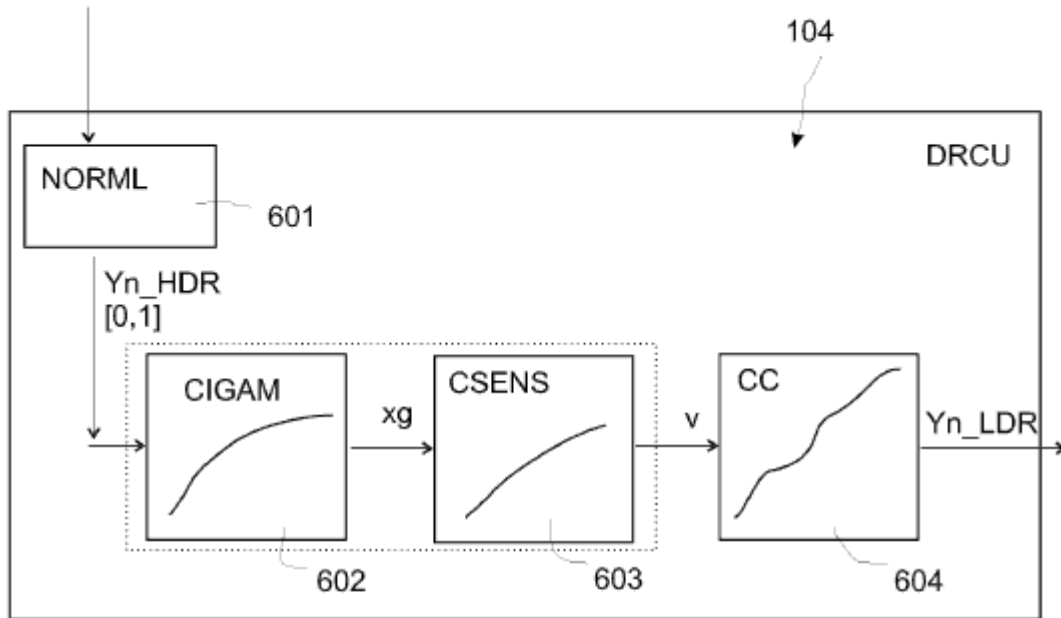


Fig. 6