

CODIFICACIÓN DE VIDEO HDR MULTIRRANGO

CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 La invención se relaciona con métodos y aparatos para codificar imágenes de alto rango dinámico, y en particular videos que son secuencias de tiempos de imágenes, que se comprimen de acuerdo con técnicas de compresión como MPEG-HEVC (p. ej., transmisiones de televisión), en particular mediante el uso de una(s) imagen(es) de un segundo rango dinámico (para comunicación a un
10 decodificador) para representar una(s) imagen(es) (maestra(s)) de un primer rango dinámico, tal el cambio de rango dinámico involucra cambiar las luminancias de píxeles de la imagen (p. ej., de un primer valor normalizado a 1,0 a un segundo valor normalizado a 1,0) al aplicar funciones para que se comunican conjuntamente con la(s) segunda(s) imagen(es) de rango dinámico típicamente como metadatos.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Aproximadamente hace 5 años, se introdujeron al mundo las nuevas técnicas de codificación de videos de alto rango dinámico (p. ej., derivando a discos
20 Blu-ray HDR especiales, que pueden verse en televisores UltraHD Premium de 1000 nits).

Este nuevo modo de manejar técnicamente imágenes contrasta técnicamente en muchos modos con la codificación de videos heredada de acuerdo con la cual se codificaron todos los videos durante los 50 años anteriores hasta entonces, que
25 hoy en día se llama codificación de videos de rango dinámico estándar (SDR, por sus siglas en inglés) (también conocida como codificación de video de bajo rango dinámico; LDR, por sus siglas en inglés). Para representar una imagen, las representaciones codificadas digitalmente de colores de píxeles son necesarias, y la definición de código

de luma (también conocida como función de transferencia optoelectrónica (OETF, por sus siglas en inglés) de Rec. 709 logró codificar (con lumas de 8 o 10 bits) un rango dinámico de luminancia de solo aproximadamente 1000:1 debido a su forma de función aproximadamente de raíz cuadrada (luma: $Y = \sqrt{\text{Luminancia } L}$). Sin embargo, esto se
5 adapta perfectamente para codificar imágenes que se visualizarán en las pantallas de esos momentos que tienen capacidades de renderizado de luminancia típicas (de todas las pantallas en ese momento) aproximadamente entre 0,1 y 100 nits, siendo este último valor el llamado brillo máximo (PB, por sus siglas en inglés), también conocido como luminancia máxima.

10 Viendo que la función de definición de código de luma Rec. 709, no puede representar matemáticamente el amplio rango de luminancias de imagen de la escena HDR (p. ej., imagen deseada de entre 0,001 nits y 10.000 nits que codifica el brillo máximo PB_C), los investigadores de HDR inicialmente resolvieron este problema al diseñar una nueva asignación de código de HDR que fue mucho más logarítmica en forma, de tal
15 manera que podrían codificarse más luminancias (puesto que el sistema visual necesita menos precisión, es decir, menos valores de código para regiones más brillantes que más oscuras, por consiguiente, puede entenderse que asignar, p. ej., 50 códigos de $2^8=256$ (donde ^ denota la función de energía) para cada década de luminancia puede codificarse un rango dinámico de 100.000:1). Esta es la manera simple y “natural” para codificar
20 colores de imagen HDR mediante el uso de la función de cuantificador perceptual (PQ, por sus siglas) estandarizada por SMPTE 2084.

Ingenuamente puede pensarse que esta es todo lo que hay para codificar y decodificar imágenes HDR, pero las cosas no son tan simples, por consiguiente, surgieron enfoques de codificación adicionales, en particular el enfoque desarrollado
25 previamente para manejar y codificar video HDR del presente solicitante.

Para obtener una comprensión decente de lo que se involucra y necesita en la codificación de video HDR, la Figura 1 resume algunos aspectos importantes.

Supongamos que tenemos en el lado izquierdo el rango de luminancia de todas las luminancias HDR posibles (decodificadas por PQ), hasta $PB_C=5000$ nits. Supongamos por un momento que para hacer que esta imagen se vea perfectamente como se desea, todos los píxeles de objeto de esta, lo que llamaremos imagen HDR maestra, se crean en una computadora (cómo comenzar desde, p. ej., una cámara de transmisión se explica a continuación con la Figura 2). Un problema con el códec HDR natural (que simplemente ofrece una tecnología para codificar luminancias de hasta 10.000 nits, es decir, también hasta 5000 nits como se prefiere en este ejemplo), es que si el consumidor también tiene una pantalla de brillo máximo de pantalla (PB_D) pantalla de 5000 nits (y si ve la imagen en condiciones ambientales de visualización estandarizadas), puede ver el video perfectamente como el creador (p. ej., el director de película) pretendía, pero si tiene una pantalla diferente (p. ej., $PB_D=750$ nits, o $PB_D=100$ nits) hay un problema no resuelto que no es sencillo: ¿cómo se visualiza una imagen PB_C de 5000 nits en una pantalla PB_D de 750 nits?

No parece haber una solución elegante y sencilla para esto. Aplicar una visualización de luminancia precisa mostrará perfectamente todos los objetos con una luminancia de hasta 750 nits, pero recortará todos los píxeles del objeto más brillantes a la misma $PB_D=750$ nits, haciendo que muchos de los objetos de la imagen desaparezcan en un área de mancha blanca, que ciertamente no se ve bien. Puede pensarse que la escala lineal del contenido es una solución (dividir todas las luminancias HDR entre $5000/750$, lo que se llama enfoque de contenido de enfoque-blanco-sobre-pantalla-en blanco), pero después los objetos más oscuros como el hombre en el área oscura de la cueva en la imagen de la escena ilustrativa ImSCN3 que tiene luminancias HDR (0,05 nits), que ya pueden ser demasiado bajas para pantallas de rango dinámico menor, obtiene una luminancia oscura imperceptible en la pantalla de 750 nits ($0,05 \cdot 750 / 5000 = 0,0075$ nits).

La Figura 1 también enseña que diferentes imágenes HDR, de diferentes escenas HDR arquetípicas, pueden tener requisitos muy diferentes con

respecto a cómo contraer las diversas (potencialmente en posiciones de luminancia “arbitrarias” a lo largo del rango de luminancia HDR DR_2) luminancias HDR en mucho más pequeñas, p. ej., rango dinámico de luminancia LDR DR_1.

Las luminancias del mundo real pueden variar, p. ej., cuando tanto los
5 objetos interiores como exteriores están a la vista simultáneamente sobre
 $\text{illumination_contrast} * \text{object_reflection_contrast} = (1:100) * (1:100)$, y aunque las
luminancias en una imagen que representan una escena no necesitan ni serán
típicamente idénticas a las luminancias de la escena original, para una buena imagen de
representación HDR, se esperaría luminancias de píxeles que posiblemente varían hasta
10 al menos 1000 nits, y comiencen con un mínimo de al menos 0,1 nits o menos (por
consiguiente, $\text{DR}_{\text{im}} \geq 10.000:1$). Además, las buenas imágenes HDR pueden tener
mucho más que ver con la asignación inteligente de las diversas luminancias del objeto a
lo largo del rango de luminancia que con el rango dinámico físico en sí (por no hablar del
malentendido que es la cantidad de bits lo que está guiando, lo cual no es cierto para
15 definiciones de código de luma no lineal, y una imagen de luma de 10 bits puede ser tanto
una imagen HDR como una imagen SDR).

La Figura 1 muestra un par de ejemplos ilustrativos arquetipos de las
muchas escenas HDR posibles que un sistema HDR del futuro (p. ej., conectado a una
pantalla de PB_D de 1000 nits) puede ser capaz de manejar correctamente, es decir,
20 mediante la visualización de las luminancias apropiadas para todos los objetos/píxeles en
la imagen.

P. ej., ImSCN1 es una imagen en exteriores soleados de una película del
viejo oeste (que tiene principalmente áreas brillantes, más brillante que el promedio, lo
que sería una imagen de día opaca, que áreas deberían renderizarse idealmente más
25 brillantes que en una pantalla de 100 nits para ofrecer más una apariencia soleada que
una apariencia de día lluvioso, p. ej., con una luminancia promedio, digamos, de 400 nits).
Por otro lado, ImSCN2 es un tipo de imagen muy diferente, concretamente una imagen
nocturna, en la que dominan las regiones oscuras (y, p. ej., su buena visibilidad), sin

embargo, lo que hace que esta sea una imagen HDR en lugar de simplemente una imagen SDR oscura es que también hay píxeles brillantes en las zonas bajo las luces de la calle, y quizás en las ventanas iluminadas de las casas, e incluso píxeles muy brillantes (p. ej., 3000 nits) en las superficies de las luces de la calle.

5 ¿Qué hace que una imagen ImSCN1 sea soleada en comparación con la ImSCN2 oscura? No necesariamente las luminancias relativas, al menos no en el paradigma SDR (habrá luminancias de píxeles en todo el rango entre 0,1 y 100 nits posiblemente para ambas imágenes, aunque la distribución espacial de tales luminancias y en particular el histograma puede ser diferente). Lo que hace que el
10 renderizado de imágenes HDR sea diferente a lo que siempre fue en la era de SDR que terminó hace solo un par de años, es que el SDR tenía un rango dinámico limitado de este tipo (aproximadamente $PB=100$ nits, y un nivel de negros mínimo MB de aproximadamente 0,1 a 1 nits) que mayormente podían mostrarse en SDR solamente las reflectividades intrínsecas de los objetos (las cuales se encontraban entre 90 %
15 para un blanco adecuado y 1 % para un negro adecuado). Eso sería adecuado para reconocer objetos (que tengan una cierta cantidad de brillo de su reflejo, y, por supuesto, su cromaticidad) con iluminación uniforme controlada técnicamente, pero no tanto como las bellas variaciones en la iluminación en sí que podemos tener en las escenas naturales, y el impacto que puede tener en los espectadores (un rayo de sol
20 que sale de una ventana, o el plasma que irradia de una bruja) Si la pantalla lo permite y, por lo tanto, también la tecnología de codificación y manejo de imágenes, en una caminata por el bosque podríamos ver realmente el sol brillar a través de los árboles, es decir, más que solo una impresión algo más amarillenta como en una pantalla SDR, desearíamos ver las ropas llenas de color y brillo iluminadas por el sol cuando la
25 persona camina de la sombra al sol. Y el fuego y las explosiones también deberían tener un impacto visual óptimo, al menos tanto como lo permita el PB_D .

En SDR, podría hacerse que la imagen nocturna sea algo más oscura que una imagen normalmente iluminada, como se percibe en el histograma de lumas, pero no

demasiado o solo representaría una imagen demasiado oscura y fea (posiblemente en gran parte invisible incluso) (esta es la razón por qué se introdujo la convención para hacer que las imágenes nocturnas sean relativamente brillantes, pero azules). Y también en un TV de 100 nits o en una codificación de 100 nits simplemente no hay espacio disponible para nada que sea demasiado brillante. De manera que había que mostrar los objetos independientemente de su iluminación, y no se podía mostrar a la vez fidedignamente todas las iluminaciones de la escena que podrían ocurrir, a veces con mucho contraste. En la práctica, esto significó que la escena soleada muy brillante debía renderizarse con aproximadamente las mismas luminancias de la pantalla (0-100 nits), como una escena opaca de un día lluvioso, e incluso una escena nocturna.

En la realidad, la visión humana también se adaptaría a la cantidad de luz disponible, aunque no tanto (la mayoría de las personas en la vida real no reconocen que está oscureciendo o que están en un entorno más oscuro o poco brillante). Y no debe olvidarse que un televisor que muestra imágenes no es una simulación de un ojo adaptado, sino más bien una simulación de entornos de la vida real, en la medida de lo posible dado el entorno de visualización y otras limitaciones técnicas. De manera que deseábamos visualizar las imágenes con todos los efectos espectaculares de iluminación local y también temporal que puedan diseñarse artísticamente en las imágenes para obtener imágenes renderizadas mucho más realistas, al menos si el espectador final tiene una pantalla HDR disponible. ¿Cuál sería exactamente una luminancia apropiada para un sable de luz en una habitación oscura? Dejaremos que el graduador de color que crea la(s) graduación(es) maestra(s) decida (asumimos por simplicidad de enseñanza en esta patente que las diversas imágenes de rango dinámico, al menos las dos de rango dinámico más extremos, las crea un graduador humano, pero similarmente, las imágenes pueden crearse con software automático), y esta aplicación se enfocará en los componentes técnicos necesarios para crear y manejar tales imágenes para diversos actores del mercado con necesidades potencialmente diferentes.

En el eje izquierdo de la Figura 1 hay luminancias de objetos tal como querría verse en una (p. ej.,) graduación HDR maestra de PB_C de 5000 nits, como visualizable directamente en una pantalla de PB_D (referencia) de 5000 nits (es decir, el graduador de imagen hace una imagen asumiendo que el típico TV HDR de alta
5 calidad en el hogar tendrá un PB_D de 5000 nits, y él en realidad puede estar sentado en una representación de una sala de estar del hogar de este tipo y graduar una pantalla de graduación de este tipo). Si quiere transmitirse no solo una ilusión aproximada de la escena HDR original que se capturó, sino una sensación real de que el vaquero se encuentra en un entorno iluminado por el sol debe especificarse y
10 renderizarse esas luminancias de píxeles para que sean lo suficientemente brillantes, p. ej., 500 nits en promedio.

Para la escena nocturna, se desean luminancias mayormente oscuras, pero el personaje principal en la motocicleta debe ser bien reconocible, es decir, no demasiado oscuro (p. ej., aproximadamente 5 nits), y a la vez puede haber píxeles de
15 luminancia muy alta, p. ej., de las luces de la calle, p. ej., aproximadamente 3000 nits en una pantalla de 5000 nits, o aproximadamente el brillo máximo en cualquier otra pantalla HDR (p. ej., PB_D de 1000 nits). El tercer ejemplo ImSCN3 muestra lo que ahora también es posible en las pantallas HDR: pueden renderizarse simultáneamente muchos píxeles (semánticamente más relevantes que una mera lámpara, es decir, con muchos detalles
20 dentro de la región, como árboles iluminados por el sol) muy brillantes y muchos píxeles muy oscuros importantes. ImSCN3 muestra lo que puede verse como una imagen de escena HDR arquetípica y relativamente difícil de manejar: una cueva oscura con una abertura a través de la cual puede verse el exterior soleado. Para esta escena, puede desearse que los objetos iluminados por el sol, como el árbol, sean un tanto menos
25 brillantes que en una escena en la cual se desea proporcionar la impresión solo de un paisaje soleado brillante, p. ej., aproximadamente 400 nits, que debe estar más coordinada con el carácter esencialmente oscuro del interior de la cueva. Un graduador de color puede desear coordinar óptimamente las luminancias de todos los objetos (ya en

la imagen HDR maestra de PB_HDR=5000 nits), de tal manera que nada parezca inapropiadamente oscuro o brillante y que el contraste sea bueno, p. ej., la persona de pie en la oscuridad en esta cueva puede codificarse en la imagen HDR maestra graduada con aproximadamente 0,05 nits.

5 Habiendo creado esta imagen HDR maestra, una pregunta artística (incluso antes de formularla en la tecnología de habilitación) es cómo esta imagen debe ser RE_graded (RE-graduada) a imágenes de diferente rango dinámico, p. ej., al menos una imagen SDR heredada de PB_C de 100 nits.

 Ayuda a la inteligibilidad cuando se dan relaciones entre las luminancias; por consiguiente, lo haremos en esta patente cuando sea posible. De hecho, técnicamente, las luminancias se codificarán como lumas a través de una función de asignación de código luma, también conocida como función de transferencia optoelectrónica (OETF) y, por lo tanto, también pueden formularse todas las relaciones entre luminancias, p. ej., una función para calcular una luminancia de salida L_{out} a partir de una entrada L_{in} , también como relaciones entre lumas equivalentes.

10

15

 Quizás algo confuso, también pueden formularse luminancias de manera normalizada (es decir, con luminancia normalizada máxima igual a 1,0), y definir todas las acciones sobre tales luminancias normalizadas. Esto tiene la ventaja de que (siempre que ambos colores de píxeles de la imagen se definan en el mismo conjunto de primarios RGB) la gama de colores HDR normalizada se superpone exactamente a la gama de colores LDR y, por lo tanto, pueden mostrarse cambios de luminancia en esta única gama de colores normalizada. Obviamente, la posición relativa de una luminancia LDR normalizada que debería visualizarse exactamente con la misma luminancia absoluta que una luminancia HDR que se define en un rango de luminancia HDR con PB_C = 5000, tendrá una altura relativa diferente (es decir, puede mostrarse en una representación de gama de este tipo, un mapeo de luminancia para una luminancia de píxeles HDR particular necesaria cuando se crea una luminancia de píxeles de imagen LDR correspondiente como un cambio de altura relativo/normalizado

20

25

en esta gama normalizada). La relación entre luminancias absolutas y relativas es simple: $L_{norm}=L_{abs}/PB_C$, con PB_C , cualquier luminancia máxima de una codificación, p. ej., 5000 nits para una codificación HDR y, por acuerdo estándar, 100 nits para SDR.

5 Una última cosa que es importante aprender de la Figura 1 (porque toda la tecnología debe comportarse en consecuencia), es que dependiendo de qué tipo de objeto (es decir, sus luminancias de píxeles) en qué tipo de escena HDR se está tratando, puede haber diferentes enfoques de alto nivel sobre cómo regraduar, es decir, transformar la luminancia de dicha(s) luminancia(s) de píxeles.

10 P. ej., un objeto en la oscuridad como el motociclista puede renderizarse equiparando la luminancia absoluta (que implica un cambio de escala correspondiente para la luminancia normalizada) para todas las imágenes regradas, en particular la imagen HDR maestra inicial a la izquierda, la imagen SDR correspondiente a la derecha y cualquier imagen de rango dinámico medio (MDR, por sus siglas en inglés) en el medio, p. ej., el que se muestra con $PB_C=P B_MDR=800$ nits que está optimizado (con las luminancias de objeto correctas) para la visualización directa en una pantalla de PB_D de 800 nits (p. ej., para un consumidor que ha comprado una pantalla de este tipo y obtiene imágenes HDR de PB_C de 5000 nits de, p. ej., su proveedor de cable, o a través de un receptor de televisión por satélite, o desde internet, etc.). Esto tiene sentido, porque el

15 creador del contenido quiere transmitir una atmósfera oscura en la que la motocicleta es solo visible, y sería malo renderizarla como más brillante en una pantalla más brillante, simplemente por la razón de que una pantalla de este tipo puede hacerlo porque tiene un rango de luminancia más grande que termina en un PB_D superior para visualizar todas las luminancias de los objetos en la escena.

20 Un objeto como el sol probablemente seguirá una filosofía completamente diferente, concretamente el método del mapa blanco sobre blanco, en el que siempre se le da el valor más alto posible en cualquier representación de imagen, es decir, PB_C . Obviamente, otros tipos de objetos pueden seguir otros tipos de reglas, y podríamos

continuar por más tiempo (p. ej., el vaquero seguirá una filosofía de escala gris media), pero es suficiente para que el lector aprecie que debe tenerse una tecnología que permita una asignación “arbitraria” de todas las luminancias de píxeles, y no, p. ej., una fija como la que prescriben las tecnologías simples.

5 Mientras que la Figura 1 resume de manera simplista los deseos de la creación de imágenes HDR versátiles (que abarcan tales aplicaciones con limitaciones técnicas diferentes como películas, transmisiones deportivas en la vida real, etc.), la pregunta para los reveladores de la tecnología HDR sigue siendo cómo codificar imágenes HDR, y también cómo transformar las imágenes HDR para poder visualizarlas
10 óptimamente en cualquier pantalla con un PB_D menor que el PB_C codificado (es decir, el píxel más brillante que posiblemente pueda aparecer en el video al menos una vez). La captura de imágenes de escenas HDR y, lo que es más importante, también la dirección de arte e iluminación de una escena HDR también es una habilidad técnica, pero la presente aplicación no necesita enfocarse en ese aspecto.

15 Lo más simple de concebir es simplemente codificar las luminancias de píxeles HDR (ignorando la complejidad de la adaptación de la pantalla (DA, por sus siglas en inglés)), es decir, cómo mapear una imagen PB_C1 a una imagen para una pantalla menos capaz). El problema fue que la Rec. 709 OETF solo podía codificar un rango dinámico de luminancia de 1000:1, es decir, se tuvo que inventar un nuevo
20 OETF de HDR (o de hecho su inverso, el EOTF). Un primer códec HDR se introdujo en el mercado, llamado HDR10 que, p. ej., se usa para crear los nuevos Blu-ray HDR de cinta negra, y usa como OETF una función de forma más logarítmica llamada de función cuantificador perceptual (PQ, por sus siglas en inglés) que se estandariza en SMPTE 2084, y esto permitió definir luma para luminancias de 1/10.000 nits y 10.000
25 nits, suficientes para la producción práctica de video HDR. Además, tiene como una buena propiedad que los códigos de luma que produce están en sintonía con la forma en que funciona la visión humana (una especie de valores de gris perceptual que el cerebro usa para caracterizar diferentes luminancias en una escena, lo cual es una

propiedad agradable tanto para regladar eficientemente ciertos objetos de valor gris, y para representar eficientemente luminancias, como lo hace el cerebro). Después de calcular los luma, solo se tenía un plano de píxeles de 10 bits (o más bien también con los dos planos de 3 bits de crominancia, Cb y Cr), que podría ser clásicamente
5 tratado en el futuro “como si” fueran una imagen SDR matemáticamente, p. ej., comprimida MPEG (esta es una restricción importante, ya que evita el rediseño y la redistribución de varias tecnologías preexistentes en la estructura de video total).

Una dificultad técnica significativa con imágenes HDR10 sigue siendo cómo visualizarlas adecuadamente en pantallas de menor capacidad (p. ej., menos
10 capaces que 2000 PB_C para el que se creó el contenido HDR). Si, p. ej., simplemente se mapeará linealmente blanco sobre blanco (imagen codificada máx. blanco, también conocida como codificación de brillo máximo PB_C a, p. ej., brillo máximo de pantalla SDR PB_D), las partes más interesantes (más oscuras) de una imagen con PB_C=1000 nits típicamente se verían 10 veces demasiado oscuras, lo
15 que significaría que la escena nocturna ImSCN2 se volvería imposible de ver. Debido a la naturaleza logarítmica del OETF de PQ, las imágenes HDR10 pueden verse (cuando se renderizan como luma, es decir, decodificadas con el EOTF incorrecto), pero tienen un contraste deteriorado desagradable, lo que hace que parezcan, entre otras cosas, descoloridas y con un brillo incorrecto.

20 Un sistema simple para crear contenido de video HDR, p. ej., en un escenario de transmisión, se explica en la **Figura 2**. Nuevamente, los detalles de la asignación de códigos de color de píxeles de luma no lineal o R'G'B' todavía no se consideran para mantener la aclaración simple (el llamado enfoque óptico: OOTF (por sus siglas en inglés), con luminancias normales (absolutas) en toda la cadena). Con la
25 exposición (EXP) de la cámara (201) puede seleccionarse qué luminancias del objeto se registran fielmente y en qué valor relativo (ya que una cámara funciona como un medidor de luminancia relativo para todas las posiciones espaciales, o más bien como un colorímetro relativo que produce tripletes RGB). Dado que tanto un sensor de cámara

como una representación matemática de N bits de un componente de color tienen prácticamente una extensión final que comienza con un valor mínimo y que termina en un valor máximo, tiene sentido exponer no para los detalles del sol, que es un mil millones de nits, pero recortar al menos esas luminancias o valores RGB al máximo. En un rango

5 sustancialmente infinito, las opciones de exposición pueden “corregirse” mediante un remapeo de luminancia posterior, pero en cualquier caso, este hecho ilustra al lector que no existe una asociación obvia “natural” de las luminancias de la escena con las luminancias que se visualizarán (la última referencia a las luminancias que se conoce como una colorimetría relacionada con la visualización, y la que de hecho es lo que en

10 última instancia importa). La imagen de luminancia lineal LIN_HDR típicamente se somete primero a un mapeo OOTF (202). Esto ya existía hasta cierto punto en la era SDR, y corrige el hecho de que la visión humana en el entorno de visualización típicamente más oscuro de la sala de estar nocturna en la que se ve la televisión necesita un mayor contraste para una experiencia visual similar, por consiguiente, el OOTF es típicamente

15 un función de gamma suave. Sin embargo, especialmente al mapear una escena de rango dinámico considerable en una pantalla típica (205) de rango dinámico menor (incluso cuando se trata de un monitor de referencia de 4000 nits de alta calidad), es posible que sea necesario realizar alguna optimización artística de la luminancia de píxeles de diversos objetos mediante la aplicación de una curva potencialmente arbitraria, que en

20 este texto llamaremos graduación, mediante la unidad de graduación 203. Especialmente para producciones fuera de la línea de alta calidad, el esfuerzo de graduación puede ser considerable para poner una llamada visión creativa o mirar la imagen HDR maestra MAST_HDR (que, de acuerdo con la presente invención, todavía tiene que manejarse técnicamente, p. ej., codificada ventajosamente). Después, la imagen resultante se ve

25 óptimamente y puede enviarse a través de alguna conexión de comunicación de imagen 204 a la pantalla 205, en la que el graduador humano puede verificar si la imagen ya es la deseada, o continuar ajustando la al menos una función de mapeo de luminancia a través de una unidad de control de interfaz de usuario 206 (p. ej., una consola de

graduación). Esta graduación arbitraria forma la apariencia maestra, que no debe confundirse con la recalificación arbitraria (apariencia secundaria) para obtener, p. ej., una imagen SDR correspondiente lo más óptimamente posible, que puede denominarse imagen SDR maestra (p. ej., cuando forma parte de una filosofía de codificación de video como se describe a continuación). Aunque aclaramos para el lector solo una topología simple adicional, el lector puede comprender que en la práctica puede haber diferentes modalidades reales dependiendo de, p. ej., si hay una transmisión en la vida real con una única cámara HDR, o varias cámaras SDR y HDR mezcladas, o una imagen HDR previamente determinada y la imagen maestra SDR regrada correspondiente, que ahora debe codificarse conjuntamente de acuerdo con los principios de codificación (p. ej., principios ETSI1 o ETSI2, ver a continuación), etc.

El solicitante se dio cuenta, lo que ya se ha aclarado con la Figura 1, que dado que existe una relación de regrada matemática entre las diversas imágenes HDR regradas posibles a partir del HDR maestro, siempre que puedan capturarse técnicamente de manera pragmática esas funciones, de hecho puede codificarse un espectro completo de diferentes funciones de rango dinámico al enviar solo una de ellas, y la al menos una función de mapeo de luminancia para crear otra imagen a partir de la realmente enviada. La primera introducción de esta posibilidad y el consiguiente concepto de codificación técnica se realizó en la patente núm. WO2011107905.

Se encontró que tenía sentido definir la función de mapeo de luminancia F_L para transformar las luminancias de la imagen HDR maestra (p. ej., PB_C de 5000 nits) en luminancias de imagen SDR, es decir, hacer que el graduador defina el comportamiento de regrada necesario entre las representaciones de imágenes más extremas, y después, que recalcule las funciones de mapeo de luminancia adaptadas a la visualización F_L_{DA} para calcular una luminancia de píxeles de imagen HDR intermedia correspondiente a cualquier luminancia de imagen $PB_C M_{HDR}$ de 5000 nits posible.

Como el solicitante estandarizó posteriormente, hay dos opciones lógicas para que en realidad la imagen se transmita (como imagen única para todo el espectro de imágenes regradas de diferente rango dinámico, en particular el punto final PB_C, ya que frecuentemente puede asumirse que el punto final inferior MB se fija
5 aproximadamente, p. ej., 0,01 nits) a cualquier receptor: la imagen HDR maestra, o la imagen SDR correspondiente (debería detenerse por un segundo para comprender que en esa situación se transmiten imágenes SDR simples en lugar de imágenes HDR, y de hecho por la función F_L también se comunican imágenes HDR porque $L_{HDR_reconstructed}=F_L^{-1}[L_{SDR}]$).

10 La segunda opción de codificación, que es muy útil cuando la restricción técnica es que muchas pantallas heredadas deben servir sin interrupciones (de hecho, una pantalla SDR antigua solo obtiene una imagen SDR, y sin necesidad de saber que esto codifica también una HDR imagen, puede visualizar directamente la imagen SDR e inmediatamente obtener un renderizado SDR muy agradable de una escena HDR, de
15 hecho, tan bien como la pantalla puede mostrar una escena HDR de este tipo), se estandarizó primero bajo ETSI TS 103 433-1 (téngase en cuenta el **-1; lo abreviaremos como ETSI1**). Téngase en cuenta que se tiene limitaciones técnicas como la necesidad de reversibilidad de los colores de la imagen SDR para poder reconstruir con suficiente precisión la imagen HDR maestra original en cualquier lado receptor, lo cual fue parte de
20 la contemplación técnica que derivó a ese enfoque de (des)codificación estándar tal como está definido.

El TS de ETSI 103 433-2 (**ETSI2**) es la alternativa de codificación en la que en realidad la imagen HDR maestra se comunica a los receptores, y en la que la(s) función(es) F_L (en realidad como se mostrará a continuación, aunque para aclaración
25 puede contemplarse el sistema como si hubiera una única función global F_L para todas las luminancias de píxeles en la imagen comunicada, por razones técnicas, se usa un conjunto de funciones de mapeo aplicadas posteriormente) sirven para calcular imágenes para una visualización óptima en pantallas con $PB_D < PB_{C_master}$ (es

decir, para la llamada adaptación de visualización). Diversos clientes pueden elegir qué sistema desean usar, p. ej., un operador de cable que comunica ETSI2 HDR, desplegará a sus usuarios un STB que decodificará y optimizará para cualquier pantalla que el usuario tenga en casa.

5 Primero, la **Figura 3** muestra a nivel de vista de pájaro los componentes de un sistema típico de comunicación de video HDR de imagen-única-más-funciones (codificador+decodificador), sin limitar un sistema típico del tipo de comunicación SDR con el fin de explicar los conceptos básicos.

El transformador de color 302 obtiene como entrada imágenes
10 MAST_HDR (p. ej., cuando fueron capturadas por la cámara y graduadas por el sistema aclarado con la Figura 2, y después comunicadas a través de algún sistema de comunicación de video profesional a un codificador del lado de la emisora 321, que, p. ej., transmitirá programas de televisión al aire o a través de una red de televisión por cable) desde una fuente de imágenes 301. Después, se aplica un conjunto de funciones de
15 transformación de color F_{ct} (en este ejemplo, p. ej., determinadas mediante un software de autómata de graduación, tales como la tecnología de conversión automática de HDR a SDR del solicitante, que define las funciones F_{ct} basadas en las características de la imagen, tales como el histograma, etc.; los detalles particulares pueden dejarse de lado para la aclaración de esta aplicación ya que simplemente requiere la presencia de tales
20 funciones optimizadas para cualquier imagen o conjunto de imágenes temporalmente sucesivas), que comprenden al menos la función de mapeo de luminancia F_L para obtener las luminancias SDR correspondientes para las luminancias de los píxeles de la imagen HDR maestra (MAST_HDR). Para facilitar la comprensión, el lector puede suponer, por simplicidad, que F_L es una función de mapeo de luminancia de 4.^a potencia
25 ($L_{out_SDR} = \text{power}(L_{in_HDR}; 1/4)$) para derivar las luminancias de salida normalizadas a 1,0 SDR de los píxeles en la imagen de salida Im_LDR de PB_C SDR de 100 nits (es decir, el rango de luminancia del lado derecho de la Figura 1).

Después, dado que ahora hay una imagen SDR “normal”, puede comprimirse con una técnica de compresión de video estándar, p. ej., un estándar MPEG como HEVC o MPEG2, o un estándar similar como AV1, cuya compresión se realiza mediante el compresor de video 303.

5 Dado que los receptores deben poder reconstruir la imagen HDR maestra a partir de la imagen SDR comprimida correspondiente Im_COD recibida, además de las imágenes pixeladas reales que van a transmitirse, también las funciones de mapeo de color F_ct deben ingresar al compresor de video. Sin limitación, podemos suponer que las funciones se almacenan en metadatos, p. ej., por medio del mecanismo SEI (información
10 complementaria de mejora) o una técnica similar. Finalmente, un formateador 304 hace lo que sea necesario para formatear (poner en bloques de datos, etc.) el flujo de video para cualquier medio de comunicación técnica 305, p. ej., hacer un formateo para almacenamiento en un disco Blu-ray, o para comunicación DVB por satélite, etc. (los detalles de esto puede encontrarlos el experto en los campos técnicos respectivos, y son
15 irrelevantes para comprender los presentes conceptos inventivos).

Después de la descompresión MPEG en un receptor de video 320 realizada por el descompresor de video 307 (después de pasar por el desformateador 306), la imagen SDR puede interpretarse mediante el receptor aplicando el estándar Rec. 709 EOTF (para obtener la imagen para una pantalla
20 SDR), pero un receptor también puede decodificar la imagen Im_COD recibida de manera diferente para obtener la imagen HDR reconstruida Im_RHDR.

Esto se realiza mediante un transformador de color 308, que se dispone para transformar la imagen SDR como Im_RLDR descomprimido en una imagen de cualquier rango dinámico no SDR (es decir, de PB_C superior a 100 nits, y típicamente al
25 menos 6 veces superior). P. ej., la imagen maestra original de 5000 nits Im_RHDR puede reconstruirse mediante la aplicación de las transformaciones de color inversas IF_ct de las transformaciones de color F_ct usadas en el lado de codificación para hacer la Im_LDR a partir de la MAST_HDR (y que se recibieron en metadatos y pasaron al transformador

de color 308). O puede comprender una unidad de adaptación de visualización 309 que transforma la imagen SDR Im_RLDR a un rango dinámico diferente, p. ej., Im3000 nits graduado óptimamente en caso de que la pantalla 310 sea una pantalla de PB de 3000 nits, o una imagen de PB de 1500 nits o 1000 nits para pantallas de PB_D inferior, etc.

5 Hemos asumido sin limitación que el decodificador de video y transformador del color están en un único receptor de video 320. El lector experto puede comprender que pueden diseñarse similarmente muchas topologías diferentes con, p. ej., la funcionalidad de decodificación separada en un decodificador para conectarse a una pantalla que simplemente funciona como una pantalla no inteligente para las imágenes optimizadas

10 previamente tal como se reciben, o que hace más transformaciones de color de la imagen, etc.

La **Figura 4** resume brevemente los principios de la tecnología de mapeo de luminancia y color estandarizada en ETSI2 del solicitante (de hecho, detalla el transformador de color 302 que se introdujo genéricamente en la Figura 3 de acuerdo con

15 la filosofía de decodificación ETSI2 (o similarmente la filosofía de codificación ETSI1)), porque debe entenderse para comprender algunas de las técnicas de modalidad más específicas de la presente solicitud.

Se supone que la entrada son colores de píxel YCbCr definidos por PQ (es decir, luma Y y componentes de color de crominancia Cb y Cr por píxel). Primero, el

20 luma se linealiza a luminancias lineales normales L_{in} en la unidad de aplicación EOTF 401, que debe usar el OTF de PQ de SMPTE 2084. Todo el proceso de regraduación para obtener un color de píxel de salida SDR a partir de un color de píxel HDR de entrada puede definirse nuevamente con luminancias normales (SI físicas y CIE definidas universalmente). Después de esto, el procesamiento de luminancia puede realizarse

25 mediante el procesador de luminancia 401, que realiza el mapeo F_L total como se desee, pero mediante subunidades elegidas cuidadosamente (estas unidades 402, 403, etc., se diseñaron técnicamente para ser ventajosas para las necesidades de diversas

aplicaciones HDR, tales como graduación automática, facilidad de graduación humana, complejidad del diseño de IC, etc.).

En primer lugar, un uniformador de luminancia aplica una transformación de curva fija cuya forma depende solo del brillo máximo PB_C_H de la imagen HDR de entrada (PB_C_H= p. ej., 5000 nits) al aplicar un PB dependiente de una familia de curvas definida como:

$$Y'HP = \log(1 + (RHO - 1) * \text{power}(L_{in}/PB_C_H; 1/(2,4))) / \log(RHO) \quad [\text{Ec. 1}]$$

Con

$$RHO = 1 + 32 * \text{power}(PB_C_H/10000; 1/2,4) \quad [\text{Ec. 2}]$$

Esto mapea todas las luminancias a luma grises perceptualmente uniformes Y'HP. Si PB_C_HDR=10000 nits, después esta curva corresponde estrechamente a la curva SMPTE 2084 PQ, que se sabía que era perceptualmente uniforme. Para imágenes de entrada PB_C_HDR inferiores, la curva se escala muy bien (de hecho, representa una subcurva que termina en, p. ej., 3000 nits en la curva de 10000 nits en sentido absoluto), lo que deriva a una curva loggamma menos pronunciada para los colores más oscuros en la representación del eje de luminancia de entrada/salida [0-1,0]/[0-1,0] normalizada. Es decir, el resto del procesamiento ya comienza muy bien normalizado previamente.

Posteriormente, un difusor de nivel de blanco y negro 403 puede, cuando se desee, aplicar algo de WLO de compensación de nivel de blanco aditivo y algo de BLO de compensación de nivel de negro.

La utilidad de la compensación del nivel de blanco puede entenderse de la siguiente manera. Supongamos que el creador de contenido está graduando sus imágenes en un sistema configurado en PB_C=4000 nits (es decir, su monitor

de graduación de referencia tiene un PB_D de 4000 nits); sin embargo, en todo el video nunca hace en realidad una imagen con un brillo máximo de píxeles superior que, p. ej., 1500 nits (el máximo de video es algo diferente al máximo codificable PB_D). Después, dado que el rango dinámico de luminancia SDR es lo
5 suficientemente pequeño como tal, tiene sentido reescalar el HDR de entrada eliminando aquellos valores no usados 1500-4000 nits (ya que estamos usando mapeos de luminancia ajustables dinámicamente, que pueden optimizarse por imagen/tiempo de video instantáneo de todas maneras). 1500/4000 corresponde a una luminancia HDR normalizada (de entrada) de 0,375, de manera que podemos
10 mapear este valor al máximo del luma de HDR escalada Y'HPS al dividir entre 2,6.

Para ser precisos, de acuerdo con la norma ETSI2 se realiza el siguiente cálculo:

$$Y'HPS=(Y'HP-BLO)/(1-WLO-BLO) \quad [Ec. 3]$$

15

Con WLO y BLO comunicados en los metadatos, comunicados conjuntamente o asociables con las imágenes de video recibidas.

La compensación del nivel de negro es útil para obtener una apariencia más contrastada para las imágenes regradas correspondientes de SDR, pero
20 debería tenerse en cuenta que las imágenes recibidas de ESTI1 deben seguir mapeándose en sentido inverso a la imagen HDR, es decir, no deben perderse demasiados detalles de píxeles negros (razón por la cual también hay un limitador de ganancia paralelo, no se muestra en la Figura 4).

Básicamente, puede entenderse de manera simplista la compensación
25 del nivel de negro como poner un color “negro” HDR en 0,0 en el SDR, o más precisamente a través de la unidad 403 que se prepara para el mapeo de luminancia HDR a SDR (es decir, con luminancias normalizadas todavía en HDR, quiere decir,

con una distribución relativa usable para obtener una buena apariencia en una pantalla HDR y una mala apariencia todavía no optimizada en una pantalla SDR).

Posteriormente, un transformador de rango dinámico aproximado 404 aplica la transformación de luminancia primaria para obtener luminancias SDR (es decir, con una buena primera redistribución de luminancias de objetos para obtener una apariencia razonable en pantallas SDR). Para esto, el ETSI2 usa una curva que consiste en un segmento lineal controlable por pendiente para las luminancias normalizadas HDR más oscuras (la pendiente de este segmento se llama ganancia de sombra), otra parte de compresión lineal para las luminancias de entrada HDR normalizadas más brillantes Y'HPS (con un parámetro de control de pendiente ganancia de iluminación), y una parte parabólica controlable suavizándola al ofrecer una buena apariencia SDR para los tonos medios (con un parámetro de control de ancho de tono medio, y las matemáticas son legibles en el estándar, y en esta aplicación solo explicado nuevamente (de la manera más simple y digerible según sea apropiado) en la medida necesaria para comprender las nuevas modalidades inventivas de acuerdo con los presentes conocimientos). De manera que los luma de salida Y'CL de este transformador de rango dinámico aproximado 404 se definen por primera vez en el rango SDR, o en las estadísticas de distribución de luma relativas SDR.

La oferta técnica (y artística) para el creador de contenido de esta unidad 404 es que el graduador puede optimizar muy bien el brillo que necesita para hacer los píxeles más oscuros, a expensas (debido al rango de luminancia SDR limitado) del contraste dentro del objeto de otros objetos que contienen píxeles más brillantes, pero puede ajustar conjuntamente, p. ej., la ganancia de iluminación. La ganancia de sombra puede entenderse, p. ej., para la persona de pie de luminancia de 0,05 nits en las áreas oscuras de la cueva. Si tuviéramos que mostrarlo en una pantalla SDR con un criterio de blanco sobre blanco, es decir, una función de mapeo normalizada que es una función de identidad con una pendiente de 45 grados siendo la diagonal de la gráfica de la función

de luminancia normalizada, encontraríamos que su luminancia normalizada en HDR es 0,05/5000, que permanece con una luminancia normalizada igual debido al mapeo de identidad para las luminancias SDR de mapa aproximado, es decir, después de convertirlos en absolutos, esos píxeles deben visualizarse en la pantalla SDR con

5 $(1/100000)*100$, es decir, negro mínimo (señal de conducción "0") en esa pantalla e invisible. Por consiguiente, debemos intensificar considerablemente tales luminancias, incluso en la representación de luma o valores de gris relativos HDR y SDR uniformes más logarítmicos para obtener luminancias SDR que sean suficientemente visibles y que derivan a la discriminabilidad de la textura del objeto dentro del objeto de persona (p. ej.,

10 luminancias de píxeles de persona que abarcan 0,3-1,2 nits visualizados en la pantalla SDR). Por lo tanto, dependiendo de qué tan profundo se encontraba la persona en el rango de luminancia HDR (que, como se enseñó anteriormente, dependerá de cómo la combinación de tales factores como la construcción de la escena HDR, iluminación de la escena, exposición de la cámara y graduación HDR maestra artística fue elegida por el

15 creador de contenido), el codificador (p. ej., el graduador humano que hace una parte F_L adecuada es esta primera elección de mapeo de luminancia aproximado para regraduar la entrada HDR maestra a las luminancias de píxeles SDR correspondientes óptimas o adecuadas) seleccionará una ganancia de sombra adecuada para procesar dichos píxeles más oscuros de esta imagen particular (es decir, contenido de imagen

20 optimizado). Téngase en cuenta que, en realidad, en ETSI, la ganancia de sombra SG se define como una corrección para una escala automática basada en la relación de los brillos máximos de la imagen de entrada y salida, al menos las representaciones de luma de esta. Tiene sentido, bajo una filosofía de equiluma, que deberían intensificarse las luminancias representadas en un rango de luma normalizado que corresponde a, p. ej.,

25 solo PB_C de 200 nits (o más bien el valor de acuerdo con las ecuaciones 1 y 2 anteriores: $Y'_{HP}=Y'_{200}=v(PB_C_H/200;RHO(200))$, v es la ecuación pseudologarítmica anterior de la Ec. 1), al comenzar de las luminancias HDR normalizadas como: $L_{200}=Y'_{200}*L_HDR$. Sin embargo, esto típicamente da una imagen demasiado brillante y de bajo contraste, de

manera que el graduador puede usar una corrección de ganancia de exposición:
 $SG = \text{expgain} * Y'_{200}$, que será un factor de atenuación que moverá la SG hacia el valor diagonal 1,0 y traerá algo de oscuridad a la imagen SDR (típicamente no seleccionará $\text{expgain} = 1/Y'_{200}$ porque después los lumas normalizados de SDR serán iguales a los lumas normalizados de HDR y volverán a ser demasiado oscuros; SG, p. ej., se encuentran entre 1,0 y 1,8).

Este tipo de curva implementa un “resorte” de compresión de luminancia no lineal para contraer la gran cantidad de luminancias HDR en un rango dinámico de luminancia potencialmente mucho mayor en un DR de SDR mucho más pequeño. Dado que no se usa una curva fija que “nunca debería ser demasiado irrazonable en promedio”, pero el codificador puede aplicar una curva ya optimizada, la imagen SDR resultante no será mala para muchas escenas HDR (no todas las escenas HDR son igualmente complejas, p. ej., a veces solo hay un área de sombra débil junto a un área uniformemente iluminada por el sol, y después, aunque los sistemas más simples crearán problemas como recortar al blanco, un mapeo inteligente de HDR a SDR no demasiado complejo, como la curva de tres partes de la unidad 404, muchas veces ya hará un buen trabajo en la creación de una imagen regrada SDR adecuada de la imagen maestra HDR (p. ej., la que sale de la cámara HDR de un creador de contenido de captura de eventos de la vida real).

Sin embargo, varias otras escenas pueden ser más complejas, y algunos creadores de contenido también pueden tener un mayor nivel de deseo profesional al graduar finamente su contenido artístico (p. ej., un director de cine de Hollywood o un DOP).

Por lo tanto, la siguiente unidad, el aplicador de curva personalizable 405, permite al creador de contenido (nuevamente, un humano o un autómatas inteligente con diversas reglas codificadas en su algoritmo) aplicar una función de mapeo de luminancia de graduación fina F_L_CU personalizable y potencialmente de forma arbitraria a los lumas pregraduados Y'_{CL} , lo que produce lumas LDR Y'_{GL} escalonados (los únicos

requisitos para la función es que no disminuya y, típicamente, aumenten de forma monótona, y, típicamente, al menos como se eligió en ETSI2, mapeen la entrada de 1,0 a la salida de 1,0). En la práctica, la forma de esta función F_L_{CU} puede comunicarse a los decodificadores como un conjunto de parámetros que definen la forma, p. ej.,
5 coeficientes de un polinomio, o como un LUT, etc.

Puede necesitarse una graduación final de este tipo porque el sistema visual tiene una forma compleja para determinar las impresiones del valor de gris del objeto de la imagen percibida y/o porque la contracción de un gran tramo de luminancias HDR en el DR de SDR limitado a veces puede requerir muy buen
10 conocimiento, y/o porque el creador de contenido desea explícitamente colocar un toque artístico adicional en esta curva personalizada F_L_{CU} (qué forma será determinada típicamente por otro hardware de computadora de interfaz de usuario de color y software conectado en el lado de codificación -no se muestra). De hecho, por un lado, podría decirse que todas las imágenes HDR deberían ser una representación
15 comprimida de toda la información (simplemente) en la imagen HDR maestra, pero, por otro lado, (dado que eso puede proporcionar imágenes de impresión muy débiles, p. ej., con muy poco contraste como si se vieran a través de una niebla) el otro requisito importante para la creación de contenido puede ser hacer que todas las imágenes hasta la imagen SDR se vean, dada su capacidad DR más limitada, tan realistas como
20 sea posible como la escena HDR o al menos tan hermosas como sea posible. La visión humana es muy no lineal e inteligente, y puede percibir rápidamente si se ha usado una función demasiado simple. Por lo tanto, el creador de contenido puede usar el conocimiento de la función personalizable F_L_{CU} además de la función de contracción de luminancia gruesa F_C para hacer un mejor trabajo en lo casi imposible
25 de hacer: una imagen SDR que todavía se ve tan bien como sea posible y preferentemente como una escena HDR (p. ej., reducir el brillo de un subrango de píxeles de luminancia para hacer un poco más de contraste entre objetos, p. ej., para el brillo de una vidriera de colores vs. el interior de la iglesia, o un contraste visual

interior-exterior en la imagen SDR, u optimizar el colorido frente a la luminancia para algunos objetos en la escena al seleccionar a través de una forma local especial de la curva F_{L_CU} , etc.).

Podemos explicar al lector y proporcionarle la comprensión mínima
5 necesaria de la función de mapeo de luminancia personalizable con el ejemplo simple y único de una imagen de “hombre sombra”, que se muestra en la **Figura 6**.

La Figura 6A muestra geométricamente lo que puede verse en la imagen, y la Figura 6B muestra la relación funcional entre las luminancias L_{HDR} y L_{SDR} . La imagen muestra una estación espacial oscura (DRKSPST) a través de la
10 cual se mueve un robot 602. En un determinado momento de presentación de la imagen, se topa con el hombre sombra 601, que se define colorimétricamente como un conjunto de píxeles HDR muy brillantes con poca diferencia de luminancia entre los diversos píxeles que componen el cuerpo del hombre sombra. Esto ocurre porque está parado detrás de una ventana en un ambiente fuertemente iluminado lleno de una
15 atmósfera de niebla. La niebla adiciona un componente a las luminancias que se originan en el cuerpo del hombre sombra (p. ej., su ropa) proporcionando luminancias finales hacia el espectador en la imagen HDR de, p. ej., $L_{pants} = 20 \text{ nits} + L_{mist} = 4500 \text{ nits} = 4520 \text{ nits}$, $L_{shirt} = 50 \text{ nits} + L_{mist} = 4800 \text{ nits} = 4850 \text{ nits}$, etc. El problema cuando se usa una función de mapeo de luminancia gruesa con una pendiente
20 demasiado pequeña para los píxeles más brillantes, es que el hombre sombra puede volverse insuficientemente contrastado y poco visible en imágenes de menor rango dinámico, tal como la imagen SDR. Una solución es definir la función F_{L_CU} , de tal manera que localmente tenga una pendiente más grande en la región de luminancia HDR de entrada de 4500-5000 nits, lo que deriva a un subrango de luminancia RS de
25 SDR más grande para el hombre sombra, haciéndolo a él y sus detalles, p. ej., la corbata que lleva, más visible en la niebla, incluso en la imagen SDR. Puede entenderse que hay muchas más situaciones donde puede resultar ventajoso tener

algo más de control de reg graduación adicional que simplemente la función de mapeo aproximado F_C .

Volviendo a la Figura 4, después de haber definido los lumas de SDR apropiados (representación visual uniforme), el linealizador 406 los convierte en lumas
5 Ls de SDR (normalizadas). Por lo tanto, aplica el inverso de la ecuación 1 anterior, pero dado que la luminancia SDR debe hacerse esta vez con un RHO correspondiente a $PB_C_S=100$ nits (que se ingresa en la unidad 406) en lugar de los 5000 nits que se usaron para la uniformización perceptual al inicio de la cadena de procesamiento de luminancia.

10 Los colores, por supuesto, no son unidimensionales (a menos que se trabaje solo con imágenes acromáticas de valor gris), lo que hace que la conversión y codificación del rango dinámico sean mucho más complejas, pero en cualquier caso necesita una pista de procesamiento paralelo para las crominancias Cb y Cr de los píxeles para obtener crominancias SDR correspondientes más adecuadas, o de hecho, como se
15 muestra en la Figura 4, colores RGB de SDR finalmente adecuados, como componentes de color de salida R_s , G_s y B_s .

La pista de procesamiento cromático 450 de ETSI2 realiza lo siguiente (explicado brevemente nuevamente en la medida necesaria). Las crominancia de píxeles de entrada Cb y Cr se multiplican similarmente por un valor $F_C[Y]$ por el multiplicador
20 452, lo que produce las crominancias de salida Cb^* , Cr^* . La dificultad es obtener siempre las crominancias de salida apropiadas, sabiendo que hay muchas dificultades: una gama de colores formada irregularmente de colores realizables (ver explicación en la Figura 5), no linealidades de las matemáticas, y de cualquier otra manera el sistema visual humano de los espectadores, etc. Además, como se mostrará a continuación en las modalidades
25 de la presente solicitud, el mercado tiene cada vez más deseo, lo que deriva en sistemas de manejo de HDR cada vez más complicados.

ETSI2 usa un determinante de procesamiento de saturación 451, que puede cargar, p. ej., una LUT que define los valores de salida que se enviarán al

multiplicador dependiendo del valor de luma Y que tenga el píxel de entrada. Una vez más, el creador de contenido puede definir/optimizar libremente la forma de esta función de definición del multiplicador de saturación dependiente del luma. Al menos eso es, en la medida necesaria, porque, como veremos a continuación, a veces se
5 necesitan matemáticas de color inventivas para definir este $F_C[Y]$ LUT.

La unidad de aplicación de matriz 453 simplemente convierte de la especificación de color Cb, Cr a una representación RGB normalizada correspondiente (la matemática de esto no es interesante para la presente solicitud, y el lector interesado puede encontrarla en ETSI2 junto con ETSI1).

10 Puede definirse un triplete RGB verdadero al multiplicar los valores R/Lh normalizados “no-HDR-luminanciados” por el valor Ls normalizado calculado en la pista de procesamiento de luminancia 401. Téngase en cuenta que los valores de RN, GN y BN resultantes son, de hecho, luminancias normalizadas en lugar de luminancias SDR absolutas (Rs, etc.), pero son luminancias normalizadas “SDR-
15 correctas” porque ahora tienen en cuenta la luminancia de los colores SDR (Ls).

Para que el lector se ponga al día más rápido con ese posible concepto inicialmente un poco difícil para alguien que no es un experto en tecnología de colorimetría, aclaramos lo que sucede en la gama de colores YCbCr normalizada (universal, es decir, las gamas SDR y HDR se superponen muy bien cuando se
20 normalizan como se explicó anteriormente), pero, por supuesto, debemos modificar los colores HDR para convertirlos en colores SDR adecuados, incluso si la transformación no fue muy inteligente y optimizada para las necesidades de la imagen de la escena HDR presente, sino simplemente al ecualizar la luminancia SDR absoluta con la luminancia HDR absoluta de entrada) en la **Figura 5**.

25 Ocurrirá una transformación de luminancia pura en la dirección vertical, por lo que típicamente se mueve una luminancia HDR o su luma Y correspondiente (es decir, de ColHDR) ascendentemente a una nueva posición óptima (ColSDR) porque para un mapeo de luminancia HDR a SDR, la curva F_L en el gráfico de ejes

normalizados siempre se encontrará por encima de la diagonal (es decir, las luminancias o luma normalizados HDR de entrada con una determinada coordenada x , también tienen como coordenada y la altura de la diagonal en la posición de la coordenada x , y la luminancia de salida SDR normalizada de una función que siempre se encuentra por encima de esa diagonal siempre producirá un valor de salida normalizado superior). La luminancia SDR real (absoluta) que corresponde a este valor de luma normalizado Y se encuentra primero al aplicar EOTF a una luminancia normalizada (qué unidad 406 lo realizó, porque los luma de procesamiento Y'_{HP} hasta Y'_{GL} se definieron mediante la aplicación del correspondiente EOTF de la Ec. 1), y aquellas luminancias normalizadas simplemente fueron multiplicadas por 100 por el multiplicador 455 (p. ej., $0,7 \cdot 100 = 70$ nits). Es decir, el lector ahora ve que con este marco todo lo necesario puede definirse desde un color de imagen HDR de entrada, en particular su luma Y definido por PQ (p. ej., almacenado en un disco Blu-ray HDR) hasta la luminancia SDR absoluta del píxel correspondiente que se visualizará en la pantalla SDR para mostrar una imagen SDR correspondiente óptima a la imagen de entrada HDR (y la decodificación resultante de la imagen SDR de la imagen HDR recibida).

Hasta aquí, el lector comprende el punto de partida básico de la codificación HDR, al menos de acuerdo con la filosofía de codificación estandarizada de ETSI del solicitante. Para la mayoría de clientes, una selección de ETSI1 o ETSI2 (y después todo lo que técnicamente sucede) sería suficiente para sus propósitos, es decir, el suministro de su mercado con hermosas imágenes HDR (por supuesto, todavía necesitarían hacer esas hermosas imágenes HDR, incluso determinar una buena forma para al menos la función F_C y preferentemente también la función F_{L_CU} , o al menos cuando no optimiza manualmente aquellas funciones de acuerdo con sus propios deseos artísticos específicos, comprar y usar el autómata del solicitante que genera automáticamente una apariencia muy agradable para cada tipo de imagen HDR y las formas de función de códec subsiguientes). P. ej., los clientes que optarían por una

renovación completa para obtener HDR versátil de alta calidad a prueba de futuro podrían implementar el sistema ETSI2, y los actores de mercado que valoran más sus imágenes SDR o los clientes de SDR podrían implementar su sistema HDR como un sistema ETSI1 (esto también puede involucrar diversas discusiones dependiendo de dónde se encuentre en la cadena de manejo de video HDR, p. ej., un creador de contenido versus un operador de sistema de comunicación de televisión por cable, y puede involucrarse la transcodificación, etc.).

Sin embargo, existe otra necesidad en el mercado u oferta para el mercado para los clientes a los que no les gusta implementar ETSI1 o ETSI2 exactamente como se estandarizan. Tendría sentido que si elige comunicarse imágenes HDR como las únicas imágenes que representan el espectro completo de imágenes necesarias para todas las pantallas PB_D, que se comunique imágenes HDR maestras (p. ej., PB_C de 5000 nits) en sí mismas, no solo porque aquellas imágenes ya están disponibles, sino también la mejor calidad de representación de la escena HDR de imágenes (son los creadores de contenido “dorado”, de hecho, las imágenes que él ha creado y aprobado específicamente, y frecuentemente el punto de partida de la película de visión creativa, ya no es lo único que creó activamente si el resto de la regraducción funciona automáticamente mediante la tecnología elegida). Sin embargo, especialmente en los próximos años, existe una situación de mercado que puede beneficiarse de otro enfoque adicional. Lamentablemente, no todos los televisores (o en general, los dispositivos de decodificación o manejo de video) en el mercado que son pantallas SDR heredadas inteligentes (es decir, incapaces de hacer todas las matemáticas involucradas en la decodificación HDR, adaptación de visualización, etc.) siempre serán televisores compatibles con ETSI2 (o ETSI1). Hay un número de televisores en el mercado que aplican un enfoque muy diferente a la codificación y visualización HDR, como, p. ej., de acuerdo con el enfoque Hybrid Loggamma recientemente estandarizado. O tal vez algunos televisores solo pueden decodificar imágenes HDR codificadas con luma PQ, pero nada más. Quizás algunos televisores solo usen ese enfoque, de manera que

probablemente lo mejor que pueden hacer es no procesar un video ETSI2 HDR entrante. Similarmente, puede haber algunos televisores en el mercado que no sigan ninguna filosofía estándar, al menos no en lo que respecta a la adaptación de visualización, es decir, la regraduación de, p. ej., la imagen de 2000 nits como se recibió en, p. ej., la imagen

5 de 900 nits para una pantalla PB_D de 900 nits. Un televisor de este tipo necesitaría la capacidad de decodificación para proporcionar sentido a los colores de píxeles y, en particular, a las luminancias que contiene la imagen como se recibió, pero podrían usar sus propias heurísticas (mapeo de tonos) sobre cómo hacer la imagen de 900 nits. Una desventaja, al menos desde el punto de vista de un creador de contenido al que le gustaría

10 que cada consumidor pudiera ver su película tan bien como la creó originalmente, es que una variabilidad de este tipo creará un alto grado de incertidumbre sobre lo que cualquier marca de televisión en particular hará de cualquier imagen HDR recibida. P. ej., una reinterpretación de visualización simple de las imágenes HDR que se realizó en el pasado reciente es el renderizado absoluto de las luminancias de imagen HDR. Esto significa que

15 todas las luminancias de imagen HDR hasta 900 nits se visualizan exactamente con la luminancia codificada en la imagen, pero todas las luminancias más altas recortadas al blanco más blanco posible de la pantalla (es decir, PB_D). Con una imagen ilustrativa como la de la estación espacial de la Figura 7, eso podría significar que algunas partes de la tierra se recortan a un parche blanco desagradable (allí donde el sol brilla demasiado

20 sobre la tierra a su derecha). Mientras que este televisor seguirá siendo un hermoso televisor HDR hasta cierto punto, porque mostrará los azules muy brillantes de la mayor parte de la tierra vista a través del portal de vista superior de la estación espacial, contrastando con el interior oscuro, al menos una parte de la imagen será desagradable (y algunas otras escenas pueden mostrar errores mucho más graves al menos en algunos

25 televisores, como, p. ej., recortar cada detalle de la imagen fuera de la cueva de la Figura 1, o un zoco, etc.). Realizar otra reinterpretación simplista del mapeo de tonos como, p. ej., una compresión lineal de las luminancias como una estrategia de blanco sobre blanco puede crear varios otros problemas. De manera que aunque un sistema de este tipo

podría funcionar y producir algún tipo de imagen HDR para el espectador final (p. ej., en nuestro sistema ETSI2, tal televisor de este tipo solo podría usar la función PQ de 401, pero ignorar todos los otros metadatos de la función de mapeo de luminancia y los mapeos de luminancia secuenciales consecuentes 402, 403, etc. que en ETSI2 realizan la
5 funcionalidad de adaptación de visualización), pero los resultados no serán de mejor calidad visual ni predecible, lo que probablemente sea peor.

Esto derivó a una nueva topología de codificación basada en un segundo tipo de imagen HDR además de la imagen HDR maestra, la llamada imagen de **rango dinámico intermedio (IDR, por sus siglas en inglés)**, que se introdujo
10 por primera vez en la patente núm. WO2016020189. Después, la ventaja es que puede definirse tal imagen HDR secundaria (la imagen codificada IDR, que se comunicará a los receptores en lugar de la imagen HDR maestra en la filosofía del códec ETSI2 clásica) con un PB_C que se encuentra en el rango de muchos televisores en el campo (p. ej., 1000 nits o 750 nits; aunque también podría elegirse
15 usar 500 nits con la misma técnica, o incluso PB_IDR de 400 nits). Pero todavía puede hacerse cualquier HDR maestro PB_MHDR como se desee de manera artística o práctica en cuanto a limitaciones técnicas (p. ej., el monitor de graduación disponible). La idea es que sea cual sea la técnica de reinterpretación de visualización (que incluye el mapeo de tonos) que use cualquier televisor, debe ser
20 suave, en ese sentido, que el procesamiento no debe desviarse demasiado de la imagen recibida si PB_D está cerca de PB_IDR, el brillo máximo de la imagen IDR como se recibió. P. ej., incluso un televisor que es no es inteligente que simplemente recorta todas las luminancias de píxeles por encima de PB_D, no debería recortar demasiado (p. ej., no toda la tierra o el sol fuera de la imagen de la cueva). Y el
25 creador de contenido recupera algo de control porque incluso si por un lado desea crear hermosas regiones de imagen ultrabrillantes, p. ej., alrededor de un promedio de 4000 nits en una PB_C_H maestra de 5000 nits, puede controlar la forma en que regredúa aquellas regiones en la imagen IDR, de tal manera que se encuentra, p.

ej., suficientemente por debajo de 1000 nits para que incluso un televisor no inteligente de 800 nits solo recorte los píxeles más brillantes y visualmente menos destructivos, p. ej., solo los rayos del sol en el ejemplo de la estación espacial de la Figura 7. Se necesita alguna nueva tecnología para adaptarse a ese nuevo enfoque.

5 La **Figura 7** muestra cómo la filosofía de códec de la patente núm. WO2016020189 se adaptó al enfoque de adaptación de canal (la imagen comunicada por canal es la imagen IDR, por lo que podría decirse que un canal de comunicación particular se configura para enviar, p. ej., imágenes PB_CH de 1000 nits). El ejemplo se elige nuevamente por ser interesante para la aclaración de algunos conceptos
10 principales. Una cosa que debería entenderse es que, aunque puede ser útil si todas las diferentes imágenes PB_C a lo largo del rango son exactamente o al menos muy cercanas a lo que haría el creador de contenido si graduara cada una de ellas por separado y sin restricciones en ningún sistema técnico, pero esto no tiene por qué ser necesariamente siempre así, en particular para la imagen IDR. Puede haber cierta
15 relajación involucrada (por otro lado, también puede haber cierto debate sobre cuándo y por qué alguna graduación de imagen particular de la categoría X de escena HDR versus Y es óptima, y para qué desviación parece haber una desviación suficiente; p. ej., puede imaginarse que la luminancia de píxeles de la luz de la calle es menos crítica que la de un rostro, específicamente si se supone que se la ve medio escondida en la
20 oscuridad, también porque en la vida real cualquier luz de la calle bien podría ser un poco más brillante o menos brillante de todos modos).

 La patente núm. WO2016020189 proporcionó un medio para definir funciones (funciones diferentes) de la imagen IDR como punto medio, es decir, ascendente hacia el HDR maestro para ser reconstruida a partir de la imagen IDR
25 como se recibió mediante los receptores, y descendente para hacer la adaptación de visualización para cualquier visualización MDR de $PB_D < PB_{IDR}$. Con una tecnología de este tipo, el rango HDR maestro bien podría elegirse para que se fije

siempre como el rango PB_C de 10000 nits, que es el rango vinculado a la función de PQ.

Vemos que nuevamente puede haber diferentes consideraciones involucradas sobre cómo transformar diversas luminancias posibles, y estas podrían ser
5 ventajosamente muy diferentes a la izquierda de la imagen IDR elegida que a la derecha. Porque de hecho, conceptualmente, podemos estar haciendo algo diferente. A la izquierda, estamos haciendo una imagen HDR secundaria (“más pequeña”) a partir de la imagen HDR maestra. De manera que una consideración puede ser que esta imagen IDR debe ser “tan buena” (a pesar del PB_IDR inferior) como la imagen HDR maestra (¿y
10 cómo resolver elegantemente esa aparente contradicción?). A la derecha, estamos comprimiendo hacia una PB_MDR cada vez más pequeña (que puede ser considerable para algunos objetos de alta complejidad, lo que significa, entre otras cosas, muchos objetos críticos repartidos por todo el rango de luminancia e imágenes de PB_C_H altos), es decir, parece que tenemos una tarea diferente de generación de imágenes adaptada
15 para visualización. Por lo tanto, puede imaginarse que esto podría derivar a un manejo técnico (muy) diferente, en particular en nuestra imagen + funciones de mapeo de luminancia designadas/visión de mapeo de luminancia formada diferente.

En este ejemplo, las luminancias de la estación espacial oscura pueden visualizarse en todos los televisores razonables (al menos en principio) ya que son más
20 oscuras que 60 nits. Pero los píxeles más brillantes primero deben comprimirse con muy suavidad en la imagen IDR, y después, cuanto menos compresión se realizó en la primera parte, más debe hacerse hacia la imagen SDR. Y podría haber criterios diferentes nuevamente para los dos objetos brillantes ilustrativos, la tierra azul brillante, versus el sol y sus rayos mucho más brillantes pero casi incoloros. Como indican los
25 subrangos de luminancia respectivamente en el rango de luminancia de la imagen HDR maestra (BE) y el rango de luminancia IDR (Be2) para el objeto tierra brillante, idealmente este creador de contenido puede desear que el brillo máximo de la tierra nunca supere, p. ej., 750 nits, cualquiera que sea la capacidad PB_C de cualquier

imagen o pantalla (porque de cualquier otra manera, la tierra puede comenzar a brillar demasiado y parecer poco realista). Sin embargo, lo que deben hacer las luminancias del sol se convierte en una función de varios factores, no solo los deseos artísticos, sino también la cantidad de luminancias que quedan para codificar el objeto del sol por encima de 750 nits en la imagen IDR elegida (PB_IDR de 800 nits) (por supuesto, en algunas situaciones el comunicador de contenido puede elegir otro valor de PB_IDR superior, pero hemos asumido aquí que cualquier aparato conectado al extremo receptor del canal de comunicación siempre espera un PB_IDR de 800 nits para cualquier contenido de video, ya sea una película de Hollywood o un programa de noticias). La función de mapeo de luminancia F_{H2h} finalmente seleccionada para crear las luminancias de la imagen IDR a partir de las luminancias de la imagen HDR maestra para todos aquellos píxeles más brillantes como un subconjunto se muestra con las dos flechas: se eligió una solución para definir una acción de compresión total para los dos objetos juntos, lo que también reduce algo las luminancias más bajas de los objetos de la tierra brillantes. Este es un ejemplo de una situación donde el deseo de regraduación ideal del creador de contenido no se cumple a 100 % a la perfección (porque tal vez eso corresponda a algunas otras dificultades técnicas), pero la imagen IDR es lo suficientemente cercana para la mayoría de las personas. Realmente no importa mucho si los píxeles de la tierra son solo un poco más oscuros en la imagen IDR, y tal vez se esperaría incluso para una imagen HDR de menor calidad. Pero el punto importante es que esta imagen IDR todavía puede cumplir con todos los requisitos de la filosofía ETSI2 original (mientras que con esta etapa de códec adicional también cumple el requisito de que las pantallas no inteligentes de PB_D de casi 800 nits no pueden deteriorar demasiado la imagen IDR recibida antes de visualizarla): todas las imágenes MDR hasta la imagen maestra SDR, según lo desee el creador de contenido, todavía pueden generarse mediante los receptores empleando las funciones de transformación de luminancia del lado derecho, y (incluso con los píxeles del objeto tierra brillante oscurecidos) el PB_C de HDR maestro de 2000 nits o la imagen de PB_C de 10.000

nits todavía puede reconstruirse invirtiendo la función F_{H2h} (que por sí sola también podría optimizarse para cada imagen, o conjunto consecutivo de imágenes que codifiquen una toma particular de una película, de acuerdo con sus necesidades técnicas y/o artísticas).

5 Los dos documentos merecen describirse en cuanto a su irrelevancia (porque no deben confundirse diferentes aspectos técnicos) más que por su importancia (pero debido a una posible confusión, merecen describirse): las patentes núms. US20160307602 y EP2689392 (también conocidas como la patente WO2012127401), que se refieren a la denominada “optimización de visualización” más
10 que a un diseño de marco de codificación de imágenes de video. Esta gran diferencia, para los expertos, se aclara con la Figura 23, que muestra un ejemplo típico de cadena total de manejo de video. En el lado de la creación de contenido 2301, asumimos que hay una captura en vivo (o previamente grabada) de una escena HDR por medio de la cámara 2302. Un graduador (o sombreador) humano determina, p. ej., entre otras
15 cosas, la graduación maestra de la captura (es decir, la posición relativa de las diversas luminancias de píxeles del objeto de imagen en el rango dinámico de luminancia de la imagen HDR maestra, que termina en un valor máximo representable de, p. ej., $PB_C_H50 = 5000$ nits; y comienza con un pequeño valor de negro, p. ej., $MB_C_H50=0,001$ nits, que para nuestra presente descripción puede suponerse que
20 se ecualizará con cero: p. ej., para la estación espacial, él cambia mediante el procesamiento de imágenes, la captura de la cámara original de manera que los píxeles del sol se conviertan en 4500 nits, el azul brillante de la tierra se vuelve, p. ej., 200 nits, etc.). En segundo lugar, el graduador en nuestro enfoque típicamente quiere indicar con al menos una función de mapeo de luminancia (en la práctica, una función
25 de mapeo de luminancia de este tipo puede formarse de manera diferente para imágenes consecutivas del video HDR, e incluso explicamos en nuestros estándares ETSI cómo técnicamente puede ser muy conveniente para definir varias funciones, incluso para una única imagen de video instantánea, pero esas complejidades

adicionales no son necesarias para aclarar la contribución innovadora presente al campo), que típicamente será una función que especifica cómo las luminancias HDR maestras normalizadas de PB_C_H50 de 5000 nits deben regraduarse a luminancias normalizadas LDR de 100 nits: FL_50t1.

5 Después, un tercer aspecto importante es la técnica de codificación para la codificación de la imagen HDR maestra que se comunicará a uno o más receptores (a través de al menos una técnica de codificación). Al comienzo de la investigación de video HDR, y correspondientemente en las versiones más simples estandarizadas por el solicitante, esta sería una codificación relativamente simple, tal
10 como, p. ej., la imagen LDR de 100 nits, que después es muy compatible con versiones anteriores, de tal manera que puede mostrarse directamente con una buena apariencia visual en televisores LDR antiguos, que no cuentan con HDR ni capacidad de procesamiento. El enfoque de codificación de la patente núm. WO2016020189 y las presentes enseñanzas son un ejemplo de un enfoque de segunda generación más
15 avanzado, que es más complejo pero puede atender deseos adicionales en algunas comunicaciones de video HDR específicas o ecosistemas técnicos de manejo. La graduación realizada por, p. ej., el graduador humano 2304 (en caso de que esto no esté automatizado, tal como ocurre frecuentemente en la programación de transmisión de la vida real) se realiza en un aparato de graduación 2303 (que típicamente
20 contendría diversas herramientas para cambiar las luminancias de píxeles, pero para la presente aclaración puede suponerse que consiste en los elementos para proporcionar una interfaz de usuario para especificar la forma FL_50t1, y comunicar una forma de función de este tipo (p. ej., como metadatos que comprenden unos pocos parámetros que definen la forma de la función)).

25 Aunque el codificador de video 2305 (que funcionará, asumiendo de manera no limitada que su imagen HDR maestra de entrada es un conjunto de luminancias para todos los píxeles, todas las técnicas para producir una codificación real de la imagen HDR maestra, es decir, p. ej., y una matriz pixelada de 8 bits, 10

bits o 12 bits de tripletes de colores de píxeles típicamente YCbCr junto con metadatos que describen toda la información adicional, tal como las funciones de mapeo de luminancia, dada la técnica de codificación que se eligió), en principio puede incluirse en el aparato de graduación 2303, lo hemos mostrado típicamente

5 como un aparato adicional conectable. Esto representa una simplificación suficiente para el lector para aclarar la presente invención, donde resumió diversas variantes prácticas de, p. ej., la captura (y tal vez la graduación) que ocurre en un camión de transmisión exterior, y la codificación quizás ocurre en alguna estación de retransmisión de comunicación intermedia, p. ej., después de que se hayan insertado

10 anuncios publicitarios locales en la señal, etc. (en ese sentido, también puede involucrarse la armonización de los diversos contenidos de la imagen, pero ese es un detalle que no necesita elaborarse). Lo que es importante entender es lo que sucede en el lado de la creación (ver, p. ej., la diferencia entre contribución y distribución), que podemos definir como formalmente final cuando la señal de video

15 finalmente codificada se comunica a algún consumidor, p. ej., por medio de antena de satélite 2306 y el satélite de comunicación 2340 (o cualquier canal de comunicación de video equivalente, p. ej., a través de internet, etc.).

En el lado receptor, típicamente nos enfrentamos a aparatos de consumo en el hogar del consumidor final, tal como, p. ej., un receptor de televisión

20 por satélite, o cualquier aparato de decodificación y procesamiento final equivalente 2352, conectado en el lado de entrada a una antena satelital local 2351, y en el lado de salida a una pantalla HDR 2353, que puede tener diversas capacidades de visualización, p. ej., un PB_D de 1000 nits, o 700 nits o 2500 nits. Si bien puede ser que sea suficiente que el receptor de televisión realice solo una decodificación

25 nuevamente de los valores de luminancia que necesitan visualizarse mediante el decodificador 2381 que después realiza las operaciones inversas del codificador, esto típicamente solo será útil en una cantidad limitada de situaciones. Usualmente, habrá un proceso de optimización de visualización mediante el optimizador de

visualización 2382, que nuevamente cambia la distribución de luminancia absoluta respectivamente normalizada (ya sea, p. ej., de la imagen LDR como se recibió, o el HDR maestro decodificado, p. ej., imagen de 5000 nits), porque la imagen maestra puede haberse codificado para, p. ej., PB_C_H50 de 5000 nits, es decir, que
5 potencialmente contiene píxeles de luminancia de 2000 nits, pero la pantalla HDR de un consumidor en particular puede, p. ej., mostrar solo hasta 700 nits (su blanco más blanco visible).

Por un lado, existen importantes diferencias técnicas entre los electrodomésticos (y su filosofía de diseño tecnológico, etc.) en ambos lados, p. ej., que
10 el lado de creación/codificación/transmisión solo tendrá un codificador de video 2370 para codificar el video HDR maestro (MsterHDR) como una imagen de rango dinámico intermedio codificado por canal IDR, mientras que el lado receptor también puede mostrar optimizar la imagen HDR reconstruida de 5000 nits (RecHDR) en una pantalla optimizada, p. ej., ImDA de imagen de PB_C de 700 nits, ideal para una pantalla PB_D de 700 nits
15 conectada. La diferencia técnica entre los dos puede verse en que puede hacerse la optimización de la pantalla como un procesamiento posterior (opcional), mientras que la codificación/decodificación es solo una tecnología de reconstrucción de imágenes, típicamente no se necesita ninguna enseñanza sobre la optimización de la pantalla. Los aparatos de ambos lados (y los procedimientos de operación, etc.) típicamente también
20 son manejados por expertos calificados muy diferentes. Los aparatos de creación de contenido pueden diseñarse mediante productores de equipos de video profesionales y operados por ingenieros de radiodifusión, etc. Los receptores de televisión y televisores típicamente son fabricados por fabricantes de aparatos electrónicos de consumo, p. ej., de origen asiático.

25 La patente de los EE. UU. núm. 20160307602 es una primera patente de optimización de visualización del solicitante. En resumen, la idea en esto es que el creador de contenido pueda proporcionar reglas y algoritmos de comportamiento de regraduación orientativos para los diversos (al menos dos) regímenes que pueden

existir en una imagen (un régimen es un concepto que es a la vez un conjunto de píxeles en una imagen, y un comportamiento de regraduación necesario para esos píxeles cuando se tienen disponibles diversas pantallas de diversos rangos dinámicos). Aunque esto primero permitió una conexión entre los deseos de los creadores de contenido y la visualización real en un sitio de consumo final, en realidad es en este sitio final donde tiene que ocurrir el comportamiento controlado de la adaptación de visualización. Idealmente, un fabricante de un receptor de televisión, o un televisor en caso de que al menos la adaptación de visualización ocurra en ese televisor, seguirá en gran medida lo que el creador del contenido especificó como buen comportamiento para los diversos objetos del régimen en las imágenes de video (p. ej., alguien que se desvanece desde un región oscura que no se vuelve demasiado visible ni demasiado invisible en ninguna capacidad de visualización, incluso en las pantallas de PB_D LDR de 100 nits), porque es lo que necesita este contenido, en lugar de hacer algo a ciegas por sí mismo. Pero este es claramente un comportamiento FINAL que sucederá en el lado del consumo, y es totalmente ortogonal a cómo un proveedor de tecnología de comunicación por video desea desarrollar, respectivamente, cualquier implementador desea implementar, cualquier filosofía de códec de video en particular. Tampoco debe confundirse ninguna tecnología de mapeo de tonos ad hoc, ya que, de hecho, un mapeo de este tipo típicamente no será invertible, una propiedad que debería tener una codificación a través de una imagen IDR de rango dinámico inferior.

La patente núm. WO2012127401 también es una de las primeras tecnologías de la era HDR para especificar el comportamiento de optimización de la pantalla, lo que puede realizarse mediante diversas modalidades de una estructura DATGRAD, que especifica cómo deben volverse a graduar los distintos contenidos de imagen para diferentes capacidades de rango dinámico de luminancia. Esta estructura DATGRAD se usará para generar la imagen de rango dinámico medio (MDR) necesaria para una pantalla de MDR PB_D entre el brillo máximo codificable HDR maestro PB_C

(es decir, PB_C_H50 en la presente notación) y el LDR de 100 nits PB_C de la especificación regraduación más baja necesaria (p. 16). La derivación de la imagen MDR se realiza óptimamente no solo al usar las necesidades de regraduación de la imagen codificada en la estructura de datos DATGRAD, sino también los aspectos específicos de visualización del lado de la pantalla, como, p. ej., el brillo del entorno de visualización o las configuraciones finales de las preferencias del espectador final (ver la página 5).

Debe quedar claro que desde el principio, cuando no se tienen más conocimientos específicos, tales enseñanzas no aportan nada al experto en el rediseño del códec.

Además de las diferencias en la generación de funciones particulares comparadas con lo que ya puede encontrarse en la técnica anterior, pero lo que es más importante, la estructura/marco de códec innovador en sí, también debemos mencionar que la comunicación real de un segundo valor de PB_C (el más alto, del contenido maestro, además del inferior de la imagen IDR realmente comunicada) también es diferente de un caracterizador de tipo (opcional) que puede usarse en la patente núm. WO2016020189. Además del hecho de que los dos no son literalmente lo mismo, un enumerador puede tener un papel diferente, y particularmente si se mira los detalles de ese marco comparado con las enseñanzas actuales. Un caracterizador de este tipo de '189 puede ser útil en caso de que existan, p. ej., dos funciones de mapeo de luminancia de regraduación ascendente. Entonces, puede ser útil para seleccionar cuál obtener, algo como una reconstrucción cercana de la imagen HDR maestra del lado de la creación. Pero tal información no es estrictamente necesaria ni debe aplicarse necesariamente en el estado de la técnica. Puede usarse la función de actualización que proviene de una imagen HDR maestra para obtener, en lugar de una imagen reconstruida de 5000 nits, una imagen reconstruida de 4000 o 6000 nits. Al haber dos lados de la imagen intermedia, la función de degradación es usualmente la que tiene el contenido de imagen crítico (especialmente el contenido que debe mostrarse lo suficientemente brillante y fiel en todas las pantallas PB_D), pero la función de

actualización será específicamente diferente de tal manera que especifique el comportamiento de reg graduación para los objetos más brillantes (como las luces de los automóviles, los reflejos del sol, etc.). Esos son los típicos objetos/efectos de impacto HDR, que, sin embargo, tampoco pueden reproducirse correctamente de todas
5 maneras, ya que es en la región superior del rango de luminancia donde las distintas pantallas de capacidad varían más. Por consiguiente, hacer una imagen reconstruida de PB_C de 4000 nits a partir de, p. ej., la imagen IDR de 600 nits puede tener algunas luces de automóvil que son un poco demasiado oscuras en comparación con un valor de luminancia ideal de este tipo (incluso si tal valor pudiera representarse en el rango
10 de luminancia de 4000 nits), pero seguirá siendo una imagen HDR muy agradable si solo se aplica, p. ej., la función de reg graduación normalizada multilínea en el sistema de ejes [0-1]/[0-1] donde el eje horizontal representa las luminancias normalizadas PB_C de la imagen IDR y el eje vertical corresponde a lo que se eligió para calcular la imagen HDR reconstruida PB_C que no está demasiado lejos del (posiblemente no conocido
15 pero solo asumido) HDR PB_C maestro. En nuestra tecnología actual comunicamos activamente en metadatos un valor de luminancia PB_C_H50 en sí porque también se usa en el algoritmo del decodificador.

Los inventores de la presente solicitud de patente querían restringir el enfoque IDR genérico de varias formas específicamente en torno a la filosofía y los
20 sistemas de codificación ETSI2 ya implementados en la actualidad (circuitos integrados, televisores, receptores de televisión).

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

25 Los inventores hicieron una serie de consideraciones técnicas. Por un lado, les gustaría que su sistema fuera compatible con los decodificadores ETSI2 ya instalados. Por consiguiente, si, p. ej., se comunicó una imagen IDR de 1500 nits (el decodificador ETSI2 no sabía nada sobre los principios de construcción de IDR, por

consiguiente, asume solo una imagen maestra HDR original de la escena HDR), después, una función de mapeo de luminancia F_{L_IDR} (y toda la otra información de mapeo de color de acuerdo con ETSI2) debe comunicarse conjuntamente, que es la función F_{I2s} de la Figura 7, que hace la adaptación correcta de la pantalla.

5 Por consiguiente, ya sea que se haya usado una tecnología adicional IDR o no, el decodificador ETSI2 también conocido como SLHDR2 debería poder crear normalmente todas las imágenes MDR hasta la imagen SDR, y deberían (idealmente) verse como el creador de contenido lo deseó. Idealmente, cualquier decodificador nuevo de acuerdo con los principios actuales, que llamaremos un

10 **decodificador SLHDR2PLUS**, también debería rendir exactamente o al menos aproximadamente el mismo aspecto para todas las imágenes entre IDR y SDR (es decir, al menos una de las imágenes IDR y SDR debería no desviarse demasiado, preferentemente, de la imagen MDR que resultaría en cómo al graduador de color o en general al creador de contenido le hubiera gustado o al menos aceptado verla).

15 Por otro lado, un criterio muy importante es que el HDR maestro puede reconstruirse casi a la perfección (pero tal vez para algunos errores de redondeo menores que se introducen, p. ej., cuando se usa DCT en la imagen IDR en la fase de compresión MPEG para la transmisión, dan lugar a errores de reconstrucción inobjetables muy menores del HDR maestro en el lado receptor). Por supuesto, puede haber algunos

20 sistemas con cierta relajación en la calidad de la reconstrucción del HDR maestro (algunos proveedores de contenido pueden ver la imagen IDR como más importante, al menos en caso de que se involucre algún aspecto temporal, como en la transmisión o incluso en una sola transmisión a una audiencia limitada en lugar de, p. ej., para el almacenamiento, p. ej., en discos Blu-ray), pero en general, al menos

25 una parte importante involucrada en la cadena de manejo de video encontrará importante la perfecta reconstrucción de la imagen HDR maestra (que se distingue de los intentos ciegos de crear un aspecto de rango dinámico superior a partir de IDR).

Por último, aunque vemos que para servir sin necesidad de rediseñar y redistribuir los decodificadores ETSI2, debe comunicarse conjuntamente la función F_I2s (es decir, preferentemente se reusa el circuito de (de)codificación del sistema SLHDR2 tanto como sea posible, pero al menos las señales de video, incluidas sus

5 funciones de mapeo de luminancia y color, deben seguir la definición estandarizada, de tal manera que, entre otras cosas, los sistemas SLHDR2 heredados sepan lo que obtienen, además de algunos metadatos que no necesitan y pueden ignorar), el graduador de contenido típicamente puede querer especificar sus funciones de mapeo de luminancia (y color) entre el HDR maestro que ha creado y alguna versión SDR correspondiente (es decir, PB_C de 100 nits) de este (que, p. ej., puede haber creado

10 con un sistema como se muestra en la Figura 4). De tal manera que la función F_Mt1 (ver Figura 10) no es ni la función F_H2h ni la F_I2s de la Figura 7, sino más bien una función que abarca la totalidad del esfuerzo de la regraduación entre el HDR maestro y el SDR maestro (es decir, este F_Mt1 define la regraduación de una imagen de

15 escena HDR entre las representaciones de rango dinámico más diferentes de dicha escena HDR). Por lo tanto, se necesita una técnica para relacionar elegantemente estas dos situaciones, en particular en o alrededor de la filosofía del marco ETSI2 (p. ej., el método de decodificación SLHDR2PLUS produce el mismo aspecto de imagen MDR que una pantalla del receptor ETSI2 adaptándose con las imágenes IDR

20 recibidas y las funciones D_I2s; para cada momento en el tiempo, una o más funciones realizan parcialmente la regraduación entre la imagen de rango dinámico de entrada de ese instante y la imagen de rango dinámico de salida deseada para ese instante).

Como se verá a continuación, eso puede hacerse de varias maneras de acuerdo con los diferentes conocimientos de los diversos inventores, dependiendo de

25 qué tipo de sistema se desee exactamente, y qué condición de restricción deseable se relaja más y cuál se relaja menos (también teniendo en cuenta tales factores técnicos prácticos específicos como, p. ej., cuántos ciclos o transistores se necesitarían para varias opciones, lo que puede hacer que algunas opciones sean

más deseables que otras, pero no necesitamos profundizar en esos detalles para esta solicitud de patente).

Sin embargo, existen algunos principios básicos subyacentes que usan todos los enfoques. En la **Figura 8** pueden resumirse al menos dos formas de resolución. Los receptores reciben la imagen IDR (que debería ser de alguna manera reconstruible en la imagen Master HDR, en este ejemplo de $PB_C = 4000$ nits), y también tienen la función F_{l2s} . Pero deben encontrar para cada luminancia IDR de alguna manera la función $F_{??}$ para calcular la luminancia HDR maestra normalizada correspondiente y, por lo tanto, absoluta necesaria (que reconstruirá exactamente esa HDR maestra como estaba originalmente, pero qué imágenes nunca se comunicaron). Puede construirse un nuevo sistema de transformación de color del decodificador SLHDR2PLUS que puede determinar la función necesaria (pero que al menos de acuerdo con su procesador IC o núcleo de software sigue siendo como se muestra en la Figura 4 con la pista de procesamiento de luminancia con sus detalles (al menos algunas de las subunidades que se están usando), y la pista de procesamiento cromático), o también podría intentarse poner toda la inteligencia en el codificador, de tal manera que pueda usarse un enfoque de transformación de color de codificación ETSI2 estándar tal como está (excepto por su novedad es su nueva programación para reconstruir el HDR original de 4000 nits al recibir los metadatos de este segundo brillo máximo deseado PB_C_H50 , que típicamente implica la carga de los LUT de procesamiento de crominancia y luminancia total o parcial apropiados), ya sea que se establezca para extrapolar en lugar de mostrar-adaptar imágenes para un valor de PB_D menor que el de PB_IDR . Ambos enfoques y sus modalidades necesitarán algunos componentes técnicos nuevos genéricos y, sin embargo, se encontrarán en la nueva filosofía de codificación SLHDR2PLUS genérica.

A partir de la construcción básica de las especies del codificador SLHDR2PLUS 900 del codificador IDR genérico como se muestra en la **Figura 9** (que se explicará en mayor detalle a continuación), se ve la diferencia con la codificación HDR

normal, en particular la codificación de video ETSI2 HDR: hay ahora **dos brillos máximos** codificados conjuntamente en los metadatos, concretamente, en primer lugar, el brillo máximo “normal” (que se denominará brillo máximo del canal PB_CH, es decir, el brillo máximo de la imagen IDR tal como se recibió, independientemente de la tecnología que se haya usado para ello, es decir, cualquier nivel de brillo máximo parecía óptimo para el creador del contenido, el propietario o el transcodificador, y cualquier método matemático técnico que se usó para calcular las luminancias de píxeles IDR) indicando cuál es la luminancia codificable máxima del video comunicado y recibido posteriormente, es decir, de la imagen(es) IDR [esto es lo que vería un decodificador ETSI2 normal, ignorando todos los demás enfoques novedosos]. Pero en segundo lugar, ahora también está el brillo máximo de las imágenes HDR maestras **originales**, es decir, el brillo máximo del contenido PB_C_H50 (p. ej., 5000 nits). El segundo PB_C_H50 puede haberse especificado en algunas modalidades muchos meses antes de la creación de la imagen IDR, cuando se crearon las imágenes HDR maestras (p. ej., basadas en la captura de acciones de la cámara, en la computadora, etc.), y el PB_CH puede establecerse como una entrada externa en el codificador 900, por muchos medios diferentes posibles en el momento de la codificación del canal (p. ej., un operador de cable puede tener un valor fijo establecido en la memoria, que puede actualizarse anualmente para reflejar el estado promedio actual de las pantallas HDR de su cliente, o un PB_CH optimizado pueden calcularse teniendo también en cuenta la luminancia u otros detalles específicos de la imagen de al menos una imagen del video, o sus metadatos asociados, incluso potencialmente metadatos incluidos específicamente para guiar la codificación IDR posterior, etc.). Tener un (único) brillo máximo comunicado conjuntamente es útil para la codificación HDR, al menos para el sistema de ETSI2 (que solo tenía lo que en ese momento se veía como lo único que necesitaban, es decir, “el” brillo máximo de las imágenes como se recibió), pero en vista de la usabilidad totalmente transparente para los decodificadores ETSI2 heredados que, como se dijo, deberían ser PB_CH (de cualquier otra manera, no pueden hacer sus cálculos normales de adaptación de

visualización). Por otro lado, PB_C_H50 es necesario para poder calcular la función $F_{??}$ de la Figura 8, y con esta función, en última instancia, la imagen reconstruida HDR maestra deseada a partir de la imagen IDR recibida.

De manera que eso muestra inmediatamente la diferencia entre un flujo de
5 datos de codificación de video ETSI2 heredado, y los decodificadores ETSI2 heredados no conocerán estos metadatos adicionales y simplemente los ignorarán porque los decodificadores ETSI2 no necesitan determinar ninguna imagen con PB_C superior que el PB_C_H que reciben en los metadatos que indican la luminancia más brillante posible en la imagen que recibieron (porque de acuerdo con una filosofía pura ETSI2, la imagen
10 como se recibió es siempre la imagen de mejor calidad, de hecho fue la imagen HDR maestra de mayor calidad creada por el creador del contenido). Pero como se muestra en la Figura 11, un decodificador SLHDR2PLUS genérico no solo recibirá y leerá el valor PB_C_H50, sino que también lo usará para reconstruir la imagen REC_M_HDR, que es una reconstrucción casi perfecta de la imagen HDR maestra creada por el creador de
15 contenido (de hecho, un decodificador de este tipo usará el valor PB_C_H50 para calcular la(s) función(es) $F_{??}$ necesaria(s) a partir de la(s) función(es) F_{I2sCI} recibida(s)). Este decodificador también puede generar ventajosamente imágenes PB_C inferiores como una p. ej., imagen MDR_300 de PB_C de 400 nits, pero podría elegirse usar un núcleo de cálculo ETSI2 estándar para tales imágenes de PB_C inferior que PB_CH, o podría
20 hacerse el cálculo en una modalidad del nuevo núcleo de cálculo SLHDR2PLUS (pero para una reconstrucción precisa de imágenes con mayor PB que PB_CH, definitivamente se necesitan nuevos conocimientos, ya que eso no puede hacerse trivialmente con la tecnología ETSI2).

Por lo tanto, las tareas establecidas para resolverse mediante la nueva
25 tecnología se realizan mediante un codificador de video de alto rango dinámico (900) dispuesto para recibir a través de una entrada de imagen (920) una imagen de alto rango dinámico de entrada (MsterHDR) que tiene una primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50) para el cual el codificador tiene una primera entrada de metadatos (922) y

se dispone para recibir a través de una segunda entrada de metadatos (921) una función de mapeo de luma maestra (FL_50t1), cuya función de mapeo de luma define la relación entre luma normalizados de la imagen de alto rango dinámico de entrada y luma normalizados de una imagen de bajo rango dinámico correspondiente (Im_LDR) que tiene

5 una luminancia máxima de píxel LDR preferentemente igual a 100 nits, caracterizada porque el codificador comprende además una tercera entrada de metadatos (923) para recibir una segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH), y el codificador se caracteriza además porque comprende:

- una unidad de generación de función HDR (901) dispuesta para
- 10 aplicar un algoritmo estandarizado para transformar la función de mapeo de luma maestra (FL_50t1) en una función de mapeo de luma adaptada (F_H2hCI), que se relaciona con luma normalizados de la imagen de alto rango dinámico de entrada con las luminancias normalizadas de una imagen de rango dinámico
- 15 intermedio (IDR) que se caracteriza por tener una luminancia máxima posible que es igual a la segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH);
- una unidad de cálculo de imagen IDR (902) dispuesta para aplicar la función de mapeo de luma adaptada (F_H2hCI) a luma de
- 20 píxeles de la imagen de alto rango dinámico de entrada (MsterHDR) para obtener luma de píxeles de la imagen de rango dinámico intermedio (IDR) que es salida de esta unidad; y
- un generador de función de mapeo IDR (903) dispuesto para derivar sobre la base de la función de mapeo de luma maestra
- 25 (FL_50t1) y la función de mapeo de luma adaptada (F_H2hCI), una función de mapeo de luma de canal (F_I2sCI), que define como salida los luma normalizados respectivos de la imagen de bajo rango dinámico (Im_LDR) cuando se proporcionan como

5 entrada los lumas normalizados respectivos de la imagen de rango dinámico intermedio (IDR), que a su vez corresponden a lumas respectivos de la imagen de alto rango dinámico de entrada (MsterHDR); el codificador se caracteriza además por tener:

- una salida de imagen (930) para generar la imagen de rango dinámico intermedio (IDR);
- una primera salida de metadatos (932) para generar la segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH);
- 10 - una segunda salida de metadatos (931) para generar la función de mapeo de lumas de canal (F_I2sCI); y
- una tercera salida de metadatos (933) para generar la primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50).

En primer lugar, téngase en cuenta que, aunque conceptualmente

15 mostramos una entrada separada para cada elemento de datos necesario del codificador actual, en la práctica, el lector experto se da cuenta de que una o más de estas entradas (y similarmente para las salidas) pueden ser iguales, dependiendo de qué tecnología de entrada de video puede manejar (p. ej., algunas entradas de imagen HDMI anteriores no pueden manejar la variación dinámicamente, es decir, siendo potencialmente diferente

20 para cada función de mapeo de lumas maestra de imagen de video temporalmente sucesiva (FL_50t1), en cuyo caso esos datos pueden comunicarse de una manera sincronizable a través de, p. ej., una conexión Wi-Fi, etc.). La forma en que se ingresan los diversos datos de entrada también puede depender de dónde se generan, es decir, en o a qué otro sistema se conecta el codificador (que puede depender de si se desea

25 codificar en tiempo real al mismo tiempo que la cámara captura un evento, o una codificación posterior para algún sistema de comunicación de video como, p. ej., un sistema de distribución de cable que en cualquier momento posterior recibe todos los

datos de un creador de contenido original para distribuirlo óptimamente dadas las limitaciones o desiderata de este sistema de cable en particular, etc.).

Puede suponerse, sin las limitaciones previstas, que la imagen MsterHDR acaba de graduarse por un graduador de color humano mediante el uso de un software de graduación de color en una computadora, y que ha definido las funciones FL_50t1 que definen una imagen de rango dinámico inferior correspondiente, típicamente una imagen SDR de 100 nits (aunque actualmente el extremo inferior del espectro de imágenes regradas es por acuerdo estándar una imagen PB_C de 100 nits, por lo que parece poco probable que cambie, tal imagen más baja del trío, es decir, la imagen LDR puede tener una luminancia máxima LDR en modalidades futuras que no son exactamente de 100 nits, pero tal vez un número de veces k de 100 nits, p. ej., preferentemente k hasta 3 veces, es decir, la luminancia máxima de LDR en la realización de esa modalidad del sistema actual es 300 nits), correspondiente a la imagen MsterHDR (cuya imagen SDR preferentemente se ve lo más similar posible a la imagen MsterHDR teniendo en cuenta el rango dinámico de luminancia considerablemente inferior), que típicamente transmite al menos razonablemente el aspecto deseado para describir visualmente de manera óptima, p. ej., la historia de la película según sea necesario (también diferentes aplicaciones de video pueden tener diferentes deseos tales como diferentes criterios de color, posiblemente implicando diferentes limitaciones técnicas en las funciones de FI_50t1).

El valor de PB_CH es algo diferente de los otros metadatos, ya que de hecho es una configuración para la codificación de rango dinámico intermedio. Así que puede o no provenir de un graduador. Puede, p. ej., ser un valor fijo para un sistema de codificación de video particular (p. ej., un sistema de transmisión por satélite), que puede, p. ej., alcanzarse de una memoria fija adjunta o en el codificador. En la entrega basada en internet, puede ser que este valor PB_CH sea comunicado como un deseo por un cliente final para el cual se generan las imágenes IDR. P. ej., un cliente con una pantalla

móvil de mala calidad puede solicitar simplemente una imagen PB_IDR de 500 nits para calcularse mediante un servidor en el otro lado de la internet, p. ej., el servidor de una empresa de video en demanda, mientras que algún otro cliente puede solicitar una versión PB_IDR de 1000 nits, y en un caso de este tipo, el valor $PB_{CH} = PB_{IDR}$ solicitado se
5 ingresará en el codificador.

De manera que mientras que en el lado de codificación había una imagen MsterHDR de la más alta calidad (de hecho, la más alta PB_C), esta no es la imagen que recibirán los receptores (decodificadores complementarios), sino la imagen IDR (y necesitarán reconstruir de cerca la imagen MsterHDR calculando una imagen
10 REC_M_HDR). Las tecnologías se realizan mejor formulando todo como normalizado en 0,0-1,0 lumas. De hecho, cuando hablamos de una función de mapeo de lumas, esto es de hecho equivalente también a una función de mapeo de luminancia (debido a la relación entre lumas y sus luminancias correspondientes, p. ej., las luminancias que se mostrarán típicamente), pero técnicamente hablando, nuestros cálculos funcionan
15 preferentemente con funciones de mapeo de luma, y preferentemente en una definición de luma uniforme psicovisualmente, como puede calcularse con la función v de Philips (ver las Ec. 1 conjuntamente con 2).

Como se explicó anteriormente, nuestro enfoque para manejar video HDR, en particular no solo codificar una o dos imágenes regradas de manera
20 diferente de diferente rango dinámico en un brillo máximo particular, sino un espectro completo de regradas DR diferentes correspondientes, se trata de relacionar las diversas lumas normalizados posibles que pueden tener los píxeles de al menos dos imágenes identificables, p. ej., 0,2 en image_1 correspondiente a 0,4 en image_2, etc. Esto es lo que definen las funciones de mapeo de luma entre una
25 situación, es decir, una regrada de especies y cualquier otra situación diferente seleccionada.

Con algoritmo estandarizado queremos decir que debe haber alguna manera fija de relacionar un primer conjunto de funciones posibles (que pueden tener

muchas formas y definiciones diferentes) con un segundo conjunto de funciones correspondientes. Es decir, esto solo significa que en alguna tecnología de comunicación (o incluso en todas), el diseñador del codificador y el decodificador han definido un método que especifica de manera única cómo transformar la forma
5 (típicamente en ejes que se normalizan a 1,0) de cualquier función de entrada en la forma de la función de salida. Puede haber diversos algoritmos, por consiguiente, en principio, el diseñador del códec podría decidir si desea comunicar el número de orden de tal algoritmo, p. ej., el algoritmo número 3 acordado para el decodificador, etc., pero normalmente no hay necesidad de tal complejidad, ya que nuestro método
10 funcionará perfectamente y de la manera más simple acordando previamente un algoritmo de transformación de función estandarizada fijada, p. ej., el de las matemáticas de apoyo aquí a continuación.

Para una rápida comprensión del lector, el siguiente sería un ejemplo simple de un algoritmo de este tipo. Supóngase que las funciones de entrada son
15 funciones de energía: $\text{power}(x_{\text{in}}; P)$, después el algoritmo podría derivar las funciones correspondientes $\text{power}(x_{\text{in}}; P-1)$. Por inversión, las funciones originales también podrían rederivarse nuevamente cuando recibe las funciones correspondientes (mediante el algoritmo +1).

No debe malinterpretarse que el algoritmo estandarizado en sí mismo
20 no suele comunicarse a los receptores, solo lo hacen las funciones correspondientes de salida resultantes. Esta es la razón por la que está estandarizado, o acordado previamente, es decir, debe fijarse de tal manera que el decodificador pueda saber qué ha sucedido en el lado de codificación. La forma en que se acordó esto no es tan relevante para entender la tecnología tal como ha sido patentada. P. ej., puede haber
25 5 algoritmos fijos diferentes, y un operador de cable puede decidir codificar con el algoritmo 3, y suministrar a sus clientes receptores de televisión configurados correspondientemente para decodificar el algoritmo fijo 3 (incluso si el STB pudiera restablecerse en algunas ocasiones para otras comunicaciones de video a, p. ej., el

algoritmo 4; pero los cambios de algoritmo generalmente no serán necesarios, aunque los cambios en PB_CH para diferentes canales de cable, p. ej., pueden ser interesantes).

También debe tenerse en cuenta el hecho de que típicamente no se
5 comunica a los receptores la función de mapeo de lumas adaptada correspondiente F_H2hCI, sino que se comunica otra función de mapeo de lumas de canal derivable adicional (F_I2sCI), y el decodificador también necesita revertir de alguna manera esta doble derivación. De hecho, el mapeo de reg graduación total se divide en dos partes, por lo que si la primera parte está estandarizada, la segunda parte también
10 se define, por lo que la inversión de esta codificación IDR por los decodificadores podría verse (aunque difícil) como probablemente posible (haciendo posible una construcción y correcto funcionamiento del nuevo códec SLHDR2PLUS).

Hemos aclarado un poco más este concepto de algoritmo de cambio de función codificable de máximo brillo dependiente estandarizado con la **Figura 24**.
15 Así que a la izquierda vemos que puede haber diversas apariciones de la función FL_50t1 diseñada por el graduador o el autómata de determinación de la función de reg graduación del lado de creación de contenido. P. ej., es posible que FL_50t1_1 se haya determinado para una escena HDR en la que hay negros muy profundos con acciones importantes que deben iluminarse considerablemente para que sean
20 todavía suficientemente visibles en pantallas de rango dinámico inferior, pero las partes más brillantes no son tan críticas, como, p. ej., luces de la calle, y pueden representarse con una única luminancia blanca casi máxima en cualquier pantalla (o la imagen calculada, por lo tanto, es decir, que contiene exactamente esas luminancias absolutas tal como van a representarse en esa pantalla, o más
25 precisamente, usualmente los códigos de luma que codifican esas luminancias). En contraposición, FL_50t1_2 se creó para una imagen o toma de imágenes sucesivas que contienen otro tipo de escena HDR, en la que hay un objeto importante de brillo inferior (o más precisamente régimen) y uno de mayor brillo, lo que resulta en un

formas de curva de regraduación de ajuste específicamente en el lado “del medio”. FL_50t1_3 es otra posible función de entrada en el algoritmo estandarizado aplicado por la unidad de generación de funciones HDR 901, que puede, p. ej., ocurrir para una escena diurna con contenido muy brillante (y una maestra de PB_C no demasiado alto) y algunas regiones locales más oscuras, como, p. ej., los ingresos de un templo en una escena al aire libre de la India.

Para cualquiera de esas tres situaciones, y millones de otras, la unidad 901 determinará una función de salida. La propiedad de este algoritmo es que esta función se formará similarmente, pero más cercana a la diagonal (porque si la función original representa una regraduación entre, p. ej., una imagen PB_C de X nits y una imagen PC_C2 correspondiente de Y nits, con una apariencia razonablemente similar en la medida en que las capacidades lo permitan, digamos una imagen de 100 nits, después, regraduar a partir de la imagen PB_C de X a Z nits con Z, p. ej., a medio camino entre X e Y implicará una nueva regraduación similar, pero en menor medida; si se mapeara de X a X, se tendría una transformación de identidad correspondiente a la diagonal).

Hay varias formas en las que puede definirse un algoritmo estandarizado de este tipo para obtener únicamente las funciones de mapeo de luminancia F_H2hCI_1, F_H2hCI_2 y F_H2hCI_3 correspondientes a las funciones de entrada respectivas, y los detalles de esto no forman realmente un elemento esencial de esta invención, además del hecho de que debe disponerse de algún algoritmo estandarizado que se comporte como tal. P. ej., típicamente puede definirse alguna métrica (cuantificando la dependencia PB_C_CH de la luminancia máxima codificable de la imagen PB_C_CH IDR elegida), que puede usarse para modificar los puntos $y(x)$ de la función de entrada para cualquier luminancia de entrada normalizada hacia la diagonal de alguna manera (p. ej., a un ritmo mayoritariamente equitativo o no uniforme, etc.). Aunque también puede modificarse verticalmente, una modalidad preferible que funciona muy bien, como se detalla a continuación, modifica tales puntos de función en trayectorias ortogonales a la diagonal de [0,0] a [1,1].

Una modalidad ventajosa del codificador de video de alto rango dinámico (900) se caracteriza porque el algoritmo estandarizado de la unidad de generación de función HDR (901) aplica una compresión hacia la diagonal de la función de mapeo de luma maestra (FL_50t1) para obtener la función de mapeo de luma adaptada (F_H2hCI), cuya compresión implica escalar todos los valores de luma de salida de la función con un factor de escala que depende de la primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50) y la segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH).

Puede haber funciones F_L50t1 definidas de diversas maneras (la definición para a continuación es un ejemplo) y pueden escalarse de diversas maneras mediante el algoritmo estandarizado, pero típicamente habrá una escala involucrada, y esta escala depende del PB_C_H50 inicial y del valor objetivo PB_CH = PB_IDR. Esto puede hacerse mediante diferentes métricas, pero el solicitante ha descubierto a lo largo de los años que es útil definir el factor de escala basado en valores psicovisualmente uniformes y relaciones de los brillos máximos enviándolos a través de la función v , es decir, definiendo un factor de escala basado en las salidas de luma de función v correspondientes a los dos brillos máximos (y posiblemente el tercer PB_C de la imagen SDR).

Una modalidad ventajosa del codificador de video de alto rango dinámico (900) comprende un limitador (1804) dispuesto para redeterminar una pendiente de la función de mapeo de luma de canal (F_I2sCI) para un subrango de los luma normalizados que comprenden el luma normalizado más brillante igual a 1,0. Esto no es necesario para muchas modalidades, pero en particular es una manera útil de manejar una elección particular de la codificación HG_COD de las ganancias de iluminación de paras que se estandarizó en ETSI2, por lo que para ser totalmente compatible con todo eso, esta modalidad particular es útil.

Una tecnología de espejo correspondiente al codificador, que de hecho deshace todo el procesamiento de codificación al poder rederivar toda la información

necesaria (incluso si dicha información no se comunicó realmente) es un decodificador de video de alto rango dinámico (1100) que tiene una entrada de imagen (1110) para recibir una imagen de rango dinámico intermedio (IDR), que tiene una segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH) que es menor en un factor multiplicativo que es preferentemente

5 0,8 o menos que una primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50) de una imagen maestra de alto rango dinámico (MsterHDR), cuya segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH) se recibe a través de una segunda entrada de metadatos (1112), el decodificador tiene una primera entrada de metadatos (1111) para recibir una función de mapeo de luma (F_I2sCI) que define la transformación de todos los luma posibles

10 normalizados de la imagen de rango dinámico intermedio (IDR) a luma normalizados correspondientes de una imagen de bajo rango dinámico de luminancia de píxeles máxima LDR (Im_LDR), el decodificador se caracteriza porque tiene una tercera entrada de metadatos (1113) para recibir la primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50), y el decodificador comprende:

15 - una unidad de determinación de función de luminancia (1104) dispuesta para aplicar un algoritmo estandarizado para transformar la función de mapeo de luma (F_I2sCI) en una función de mapeo de luma de decodificación (F_ENCINV_H2I) que especifica como salida para cualquier posible luma

20 normalizada de entrada de un píxel de la imagen de rango dinámico intermedio (IDR) un luma de HDR normalizado correspondiente de la imagen maestra de alto rango dinámico (MsterHDR), cuyo algoritmo estandarizado usa los valores de la primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50) y la

25 segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH); y

 - un transformador de color (1102) dispuesto para aplicar sucesivamente a luma normalizados ingresados de la imagen de rango dinámico intermedio (IDR) la función de mapeo de luma de

5 decodificación (F_ENCINV_H2I) para obtener lumas reconstruidos
normalizados (L_RHDR) de píxeles de una imagen HDR maestra
reconstruida (REC_M_HDR); el decodificador tiene además una
salida de imagen (1120) para generar la imagen HDR maestra
reconstruida (REC_M_HDR). Nuevamente, la luminancia máx. LDR
es preferentemente la luminancia estandarizada SDR de 100 nits,
aunque podría concebirse las variantes futuras de trabajo
similarmemente que se despliegan en lo que la imagen de bajo rango
dinámico (es decir, la más baja) (es decir, luminancia máxima) del
10 espectro de imagen regreado y su comunicación es, p. ej., una
imagen de 200 nits.

Por lo tanto, la imagen MsterHDR no se recibe realmente como una
imagen, pero todavía así se define de manera única por los datos que se reciben
(por lo que, aunque formalmente esta imagen MsterHDR es la imagen maestra
15 correspondiente que existía en el sitio del codificador coincidente correspondiente, y
el decodificador reconstruye solo casi idénticamente una imagen REC_M_HDR a
partir de la imagen IDR que se recibe, diversas funciones definen las propiedades
de la imagen MsterHDR incluso en cualquier sitio de decodificación). Diferentes
clientes pueden elegir diversos valores de PB_C_H50 y PB_IDR. El primero puede
20 elegirse mediante el creador de contenido por diversas razones, tales como, p. ej.,
porque compró un monitor de graduación de 4000 nits, o porque le gusta
proporcionar a su contenido maestro una cierta mejor calidad (p. ej., crear/definir
todo en PB_C no menos de 10.000 nits), o porque ciertos tipos de imágenes exigen
una cierta calidad, es decir, PB_C_H50, al menos de acuerdo con el creador (p. ej.,
25 un espectáculo de fuegos artificiales, un espectáculo de luces o un concierto pop
espectacular puede merecer un PB_C_H50 superior que, p. ej., un partido de tenis
con una iluminación razonablemente uniforme o una lectura de noticias).

El valor de PB_IDR puede seleccionarse basado en diferentes consideraciones técnicas, p. ej., una valoración del cliente típico de una empresa de comunicación por video y, como se ha dicho, la empresa de comunicación frecuentemente puede no ser la misma que la empresa creadora.

5 Típicamente, no tiene mucho sentido hacer un contenido de IDR regrado que difiera menos que al menos 20 % en PB_C (es decir, el factor 0,8, aunque en principio los valores de los PB_C podrían estar más cerca, p. ej., 0,9), pero muchas veces más típicamente habrá un factor multiplicativo 2 o más entre los PB_C (p. ej., material maestro de 2000 nits enviado a algunos PB_CH por debajo de 1000 nits, p. ej.,
10 800, 700 o 600 nits, y típicamente por encima de 500 nits). El PB_C_H50 en el sitio de decodificación es típicamente similar a los otros metadatos y en particular al valor PB_CH, por lo que típicamente se recibe como metadatos asociados con los datos de video, p. ej., mensajes SEI no limitantes, o paquetes especiales en un protocolo de comunicación de video, etc. (ya sea en una estructura de datos lógica o en varias estructuras, de acuerdo
15 con lo que mejor se adapte a cada protocolo de comunicación de video estandarizado o no estándar, siendo este un detalle menor de la nueva tecnología presentada). Dado que el decodificador usó un algoritmo estandarizado para llegar finalmente a la imagen IDR y sus metadatos compatibles con ETSI2, puede diseñarse un algoritmo estandarizado correspondiente para y en el decodificador que finalmente determina la función de mapeo
20 de luma F_ENCINV_H2I necesaria para la reconstrucción de luma de píxeles de imagen REC_M_HDR (todo lo que se haga después con esta imagen, que la muestra como una aplicación típica, pero, p. ej., almacenar en una grabadora de disco duro es otra).

Una modalidad interesante del decodificador de video de alto rango
25 dinámico (1100) se caracteriza porque el algoritmo estandarizado de la unidad de determinación de la función de luminancia (1104) calcula un factor de escala que depende de la primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50) y la segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH). Como se mencionó, esto puede hacerse de diversas maneras,

pero los factores de escala psicovisualmente uniformes basados en la función v son muy útiles en la práctica para el manejo de imágenes HDR bien controlado y para cumplir con las diversas necesidades artísticas incluso críticas mientras se mantiene la complejidad tecnológica bajo control simultáneamente.

5 Una modalidad útil del decodificador de video de alto rango dinámico (1100) tiene la función de mapeo de lumas (F_{I2sCI}) definida por un mapeo de lumas que consiste en un primer segmento lineal que tiene una primera pendiente (SG_{gr}) para un rango de lumas oscuros normalizados, un segunda segmento lineal que tiene una segunda pendiente (HG_{gr}) para un rango de lumas normalizados brillantes, y un
10 segmento parabólico para lumas entre dichos dos rangos. La matemática correspondiente implica, entre otras cosas, resolver una ecuación de segundo orden para obtener la ganancia de iluminación adaptada al canal necesaria para realizar la reconstrucción. Este es un enfoque útil de regraduación HDR de primer orden que es adecuado para mercados que no tienen las mayores necesidades de control de color
15 de píxeles, tales como, p. ej., transmisión de televisión en la vida real (en contraste con, p. ej., el control de color detallado que a veces se incluye en, p. ej., películas de gran éxito). Como se menciona a continuación, esto podría ser en algunas modalidades divididas adicionales, el único componente que define completamente la función F_{L50t1} y todas las funciones derivables (p. ej., las funciones comunicadas
20 junto con la imagen IDR: F_{I2S}), pero también podría ser una definición parcial de esa función de regraduación, p. ej., que define la regraduación total junto con una función personalizable como se aclara con la Figura 4.

 Una modalidad útil del decodificador de video de alto rango dinámico (1100) tiene su transformador de color (1102) dispuesto para calcular la lumas de
25 píxeles de una imagen de rango dinámico medio (MDR_{300}) que tiene una luminancia de píxeles máxima (PB_{MDR}) que no es igual a los valores de 100 nits, la primera luminancia de píxeles máxima (PB_{C_H50}) y la segunda luminancia de píxeles máxima (PB_{CH}), y el decodificador tiene una salida de imagen (1122) para generar

la imagen de rango dinámico medio (MDR_300). Aunque una reconstrucción de la imagen REC_M_HDR puede ser todo lo que se necesita para algunos aparatos en algunos submercados (posiblemente se estén aplicando todo tipo de otras transformaciones en la imagen reconstruida), es ventajoso si algunas modalidades de nuestro decodificador SLHDR2PLUS pueden además de simplemente reconstruir la imagen HDR maestra, calcular también las imágenes correspondientes con otras PB_C, p. ej., una imagen MDR visualizable directamente en alguna pantalla con cualquiera PB_D. Esto también usará los principios matemáticos de la presente invención, p. ej., de la manera aclarada en la Figura 16, o de cualquier manera equivalente.

Otra modalidad útil del decodificador de video de alto rango dinámico (1100) tiene una salida de metadatos (1121) para generar una función de mapeo de lumas (F_L_subsq) que define para todos los lumas normalizados de la imagen HDR maestra reconstruida (REC_M_HDR) o alternativamente los lumas correspondientes de la imagen de rango dinámico medio (MDR_300) de una imagen que tiene otra luminancia de píxeles máxima, siendo esta otra luminancia de píxeles máxima preferentemente de 100 nits, o un valor superior o inferior al valor máximo de luminancia de la imagen HDR maestra reconstruida respectivamente (REC_M_HDR) o alternativamente la imagen de rango dinámico medio (MDR_300). Puede ser que la imagen IDR recibida se reconstruya en una imagen REC_M_HDR que no se muestra directamente en una pantalla de monitor no inteligente, sino que se envíe a algún sistema que realice cálculos colorimétricos adicionales. Después, es útil que la modalidad del decodificador también pueda generar una función de mapeo de lumas adecuada, es decir, típicamente significa una función de mapeo de lumas que se asocia con la imagen que se está generando, p. ej., la imagen REC_M_HDR (asociada típicamente con el significado de que los lumas normalizados de entrada de esa función como se define son los lumas normalizados de la imagen que se genera conjuntamente, y las salidas de la función son los lumas normalizados de alguna imagen de referencia, que suele ser la imagen SDR, ya que está estandarizada para tener

PB_C=100 nits, que típicamente es la calidad más baja que se desearía en la era HDR, esto sin excluir que alguien pueda querer aplicar la enseñanza actual con una PB_C para la ordenada de salida que define la función comunicada conjuntamente es, p. ej., 80 o 50 nits).

5 Todo lo que se formule para aparatos (o partes o agregaciones de aparatos) puede formularse de manera equivalente como señales, productos de memoria que comprenden imágenes tales como discos Blu-ray, métodos, etc., p. ej.:

Un método de codificación de video de alto rango dinámico de una imagen de alto rango dinámico de entrada recibida (MsterHDR) que tiene una primera
10 luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50), que comprende recibir una función de mapeo de lumas maestra (FL_50t1), cuya función de mapeo de lumas define una relación entre lumas normalizados de la imagen de alto rango dinámico de entrada y lumas normalizados de una imagen de bajo rango dinámico correspondiente (Im_LDR) que tiene una luminancia de píxeles máxima de LDR que tiene preferentemente un
15 valor igual a 100 nits, caracterizada porque la codificación comprende además recibir una segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH), y la codificación que comprende:

- aplicar un algoritmo estandarizado para transformar la función de mapeo de lumas maestra (FL_50t1) en una función de mapeo de lumas adaptada (F_H2hCI), que relaciona los lumas normalizados de la imagen de alto rango dinámico de entrada con las luminancias normalizadas de una imagen de rango dinámico intermedio (IDR) que se caracteriza por tener una luminancia máxima posible que es igual a la segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH);
20
- aplicar la función de mapeo de lumas adaptada (F_H2hCI) a lumas de píxeles de la imagen de alto rango dinámico de entrada
25

(MsterHDR) para obtener lumas de píxeles de la imagen de rango dinámico intermedio (IDR);

- derivar sobre la base de la función de mapeo de lumas maestra (FL_50t1) y la función de mapeo de lumas adaptada (F_H2hCI) una función de mapeo de lumas de canal (F_I2sCI), que define como salida los lumas normalizados respectivos de la imagen de bajo rango dinámico (Im_LDR) cuando se proporcionan como entrada los lumas normalizados respectivos de la imagen de rango dinámico intermedio (IDR), cuyos lumas a su vez corresponden a los lumas respectivos de la imagen de alto rango dinámico de entrada (MsterHDR);
- generar la imagen de rango dinámico intermedio (IDR); y
- generar la segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH), la función de mapeo de lumas de canal (F_I2sCI) y la primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50).

O, un método de decodificación de video de alto rango dinámico de una imagen de rango dinámico intermedio (IDR) recibida, cuya imagen tiene una segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH) que es inferior por un factor multiplicativo que es preferentemente 0,8 o menor que una primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50) de una imagen maestra de alto rango dinámico (MsterHDR), cuya segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH) se recibe como metadatos de la imagen de rango dinámico intermedio, el método de decodificación también recibe en metadatos una función de mapeo de lumas (F_I2sCI), que define la transformación de todos los posibles lumas normalizados de la imagen de rango dinámico intermedio (IDR) en lumas normalizados correspondientes de una imagen de bajo rango dinámico de luminancia de píxeles máxima LDR (Im_LDR), y el método de decodificación se caracteriza porque recibe la primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50), y el método de decodificación se caracteriza porque comprende:

- aplicar un algoritmo estandarizado para transformar la función de mapeo de luma (F_{I2sCI}) en una función de mapeo de luma de decodificación (F_{ENCINV_H2I}) que especifica como salida para cualquier posible luma normalizado de entrada de un píxel de la imagen de rango dinámico intermedio (IDR) un luma de HDR normalizado correspondiente de la imagen maestra de alto rango dinámico (MsterHDR), cuyo algoritmo estandarizado usa los valores de la primera luminancia de píxeles máxima (PB_C_H50) y la segunda luminancia de píxeles máxima (PB_CH);
- aplicar sucesivamente a luma normalizados de la imagen de rango dinámico intermedio (IDR) la función de mapeo de luma de decodificación (F_{ENCINV_H2I}) para obtener luma reconstruidos normalizados (L_RHDR) de píxeles de una imagen HDR maestra reconstruida (REC_M_HDR); y
- generar la imagen HDR maestra reconstruida (REC_M_HDR).

La Figura 25 ilustra muy bien la presente señal de imagen HDR codificada por SLHDR2PLUS (2501), es decir, p. ej., una matriz de 4kx2k de colores de píxeles 2502 (YCbCr, o cualquier representación de color que pueda calcularse en la representación YCbCr necesaria mediante ecuaciones colorimétricas conocidas mediante un procesador previo [no se muestra]), y los metadatos necesarios: una función de mapeo de luminancia F_{I2sCI} , y los dos valores PB_C . En caso de que esta señal de imagen HDR se comunique y se recibe mediante un decodificador SLHDR2 estándar 2510, dado que F_{I2sCI} es la función normal, este decodificador esperaría regresar su brillo máximo de imagen recibida (PB_CH , en el ejemplo es 800 nits, a cualquier máximo brillo inferior, puede visualizar la optimización, p. ej., para una pantalla de rango dinámico medio de 350 nits al calcular $Im350$ mediante la optimización de la pantalla (que, como se dijo, no es el aspecto clave de esta solicitud, solo es posible como uno de los criterios de diseño iniciales para llegar al marco del

nuevo códec, y puede usarse para la optimización de la pantalla, p. ej., un método como se describe en la patente de los EE. UU. núm. 20160307602, o uno similar). Pero lo que ahora también es posible es que cualquiera que tenga un decodificador SLHDR2PLUS 2520, p. ej., recientemente desplegado por un operador de cable que decide introducir este servicio, y lo similar, puede hacer otras imágenes, de PB_C por encima del valor PB_CH, p. ej., una reconstrucción de la imagen HDR maestra ilustrativa de 5000 nits (es decir, imagen de salida Im5000) o cualquier imagen adaptada de visualización entre PB_C_H50 y PB_CH, o potencialmente incluso por encima de PB_C_H50, como la imagen adaptada de visualización Im1250, etc.

10 Las modalidades interesantes de decodificadores con respecto al procesamiento de crominancia son, entre otras:

Un codificador de video de alto rango dinámico (900) en el que la unidad de determinación de la función de luminancia (1104) se dispone además para determinar una curva de especificación de intensificación de saturación original (2801) dependiendo de una curva de especificación de intensificación de saturación de canal (2804) y la función de mapeo de lumas de canal (F_I2sCI).

Un codificador de video de alto rango dinámico (900) en el que la curva de especificación de intensificación de saturación original (2804) depende además de una función de corrección de posición de saturación (FSNL) que corresponde a una ecuación que involucra una función de energía del valor de los lumas normalizados. Los lumas normalizados que se usan mejor para esto son los definidos con respecto a, es decir, por división por el brillo máximo de la imagen HDR maestra PB_C_MHDR, p. ej., 5000 nits.

Lo mismo corresponde en un lado del codificador con, entre otros, un codificador de video de alto rango dinámico (900) en el que la unidad de generación de función HDR (901) se dispone para determinar una curva de especificación de intensificación de saturación dependiendo en una curva de especificación de intensificación de saturación original (2801) y la función de mapeo de lumas adaptada (F_H2hCI). O lo mismo que los métodos de procesamiento del color que

se realizan en cualquier aparato técnico, p. ej., un circuito integrado de decodificación en un receptor de televisión de consumidor o lo similar, o en un teléfono móvil, o un codificador IC en un aparato de producción en un camión de transmisión exterior, o un codificador o transcodificador final en las instalaciones de un operador de cable, o que se ejecuta en el servidor de un proveedor de contenido de primera, o proveedor de salas de cine, etc.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Estos y otros aspectos del método y el aparato de acuerdo con la invención resultarán evidentes a partir de las implementaciones y modalidades que se describen de aquí en adelante en la presente descripción, y se dilucidarán con referencia a estas, y con referencia a las figuras adjuntas, las cuales sirven simplemente como ilustraciones específicas no limitantes que ejemplifican los conceptos más generales, y en las que las líneas de trazos se usan para indicar que un componente es opcional, los componentes sin líneas de trazos no son necesariamente esenciales. Las líneas de trazos pueden, además, usarse para indicar los elementos, que se explican como esenciales, pero que se ocultan en el interior de un objeto, o para elementos intangibles, tales como, por ejemplo, selecciones de objetos/regiones (y cómo pueden mostrarse en una pantalla).

En las figuras:

la Figura 1 ilustra esquemáticamente un número de transformaciones de color típicas que se producen cuando se mapea óptimamente una imagen de alto rango dinámico a una imagen de rango dinámico inferior correspondiente de graduación de color óptima y apariencia similar (tan similar como se desee y sea factible dadas las diferencias en el primero y segundo rangos dinámicos DR₁ resp. DR₂), p. ej., una imagen de rango dinámico estándar de 100 nits de brillo máximo que, en caso de reversibilidad (modo 2) también correspondería a un mapeo de una

imagen SDR como se recibió mediante los receptores (decodificadores) cuya imagen SDR realmente codifica la escena HDR;

la Figura 2 muestra cómo puede ser un sistema de captura de imágenes HDR;

5 la Figura 3 aclara una posible manera de comunicar imágenes HDR como algunas imágenes de un brillo máximo particular (diferente) y en funciones de mapeo de luminancia comunicadas conjuntamente de metadatos típicamente definidas como funciones de mapeo de lumas, p. ej., como imágenes SDR usables heredadas Im_LDR, p. ej., de acuerdo con un enfoque preferido del solicitante, en un nivel conceptual alto para
10 iniciar la aclaración para lectores nuevos en la tecnología;

la Figura 4 muestra diversos detalles adicionales de la codificación de imágenes HDR de acuerdo con el enfoque particular del solicitante como se estandariza en ETSI2, qué aspectos son necesarios para comprender diversos detalles de diversas enseñanzas del nuevo enfoque del códec SLHDR2PLUS escrito
15 a continuación;

la Figura 5 aclara cómo se transforma el color y, en particular, las transformaciones de lumas de las regraduaciones funcionan en la gama de colores YCbCr;

la Figura 6 aclara nuestro concepto de curva personalizable en algunos
20 detalles más al explicar una aplicación útil;

la Figura 7 explica una vista básica sobre la codificación y comunicación de rango dinámico intermedio (IDR) de una imagen HDR maestra original, así como el concepto que no debe confundirse de imágenes de rango dinámico medio (MDR), que típicamente se calculan a partir de cualquier imagen
25 recibida para optimizarla para su visualización en cualquier pantalla particular de brillo máximo PB_D según esté disponible, p. ej., el televisor HDR en particular que compró cualquier consumidor final con la intención de ver el video HDR que se recibe;

la Figura 8 aclara todavía más cómo comenzar a abordar el problema de IDR, en particular para resolverlo de una manera específica calculable automáticamente por decodificadores, y en particular si al menos algunos de los decodificadores que potencialmente reciben el contenido son decodificadores que cumplen con ETSI2 ya en el mercado, y quizás no puede actualizarse fácilmente con la nueva tecnología SLHDR2PLUS (p. ej., porque el propietario del televisor o STB no lo actualiza);

la Figura 9 muestra una construcción genérica de las partes técnicas que típicamente se necesitan para el nuevo codificador SLHDR2PLUS de la presente solicitud;

la Figura 10 aclara algunos aspectos técnicos básicos implicados en la derivación consecutiva de las diversas funciones de mapeo de luma correspondientes mediante un codificador, en particular aclarado con el ejemplo de una función de mapeo de luma de para;

la Figura 11 muestra una posible construcción típica de alto nivel de un decodificador SLHDR2PLUS nuevo que sigue algunas de las enseñanzas de modalidad de las diversas posibilidades descritas a continuación para realizar comunicaciones de video SLHDR2PLUS;

la Figura 12 explica además algunos aspectos de la compensación de blanco y negro cuando se selecciona mediante el creador de contenido en sus funciones maestras de mapeo de luma que definen las necesidades de regraduación de su contenido de video de acuerdo con su vista;

la Figura 13 describe los principios técnicos de un enfoque preferido de un algoritmo fijo para derivar una versión adaptada al canal de un para de acuerdo con un principio de escala diagonal;

la Figura 14 aclara algunos aspectos de la curva inversa de un para, llamado abcara;

la Figura 15 detalla algunos aspectos de un decodificador SLHDR2PLUS;

la Figura 16 aclara una manera útil de implementar la adaptación de visualización para calcular la imagen MDR para cualquier visualización PB_D en particular integrada con los nuevos principios técnicos de codificación SLHDR2PLUS de la presente solicitud;

5 la Figura 17 aclara algunos aspectos adicionales de la adaptación de canales de las compensaciones en blanco y negro (BLO y WLO) para acompañar y simplificar las matemáticas siguientes, y proporcionar el fundamento genérico físico-técnico;

10 la Figura 18 muestra otra modalidad de la codificación SLHDR2PLUS (o en realidad varias enseñanzas de diversas combinaciones de modalidad aclaradas con una figura), que es en particular útil porque las imágenes codificadas pueden decodificarse directamente mediante decodificadores ETSI2 estándar ya desplegados;

15 la Figura 19 aclara cómo determinar las versiones correspondientes de una curva maestra personalizada original para diversas representaciones de imágenes de brillo máximo dependientes (ya sea como imagen de entrada o de salida), p. ej., una imagen IDR con una especificación conjunta de una curva personalizada para ajustar con precisión los lumas IDR mapeados aproximadamente a los lumas de SDR finales precisos como se desee, p. ej., el graduador de un creador de películas;

20 la Figura 20 muestra los principios técnicos subyacentes del enfoque de la Figura 18 en un espectro de imágenes regraduables;

25 la Figura 21 aclara la extrapolación de una adaptación de una función de mapeo de lumas (p. ej., un para) más allá del valor más alto de una imagen inicial (correspondiente a una transformada unitaria o la diagonal en el gráfico), y con ello también una relación entre una forma de función seleccionada de para específica y un abcara correspondiente;

la Figura 22 aclara esquemáticamente cómo funciona una modalidad específica de la limitación de la ganancia de iluminación de un para en la reg graduación de luminancia entre lumas normalizados de entrada y salida;

la Figura 23 ilustra esquemáticamente una cadena de manejo y comunicación HDR total para señalar claramente la diferencia entre la codificación de video y la optimización de visualización (la primera se relaciona con la definición misma de las imágenes en sí, y la segunda simplemente con la todavía libremente personalizable, preferentemente teniendo en cuenta las necesidades de reg graduación de las diversas imágenes de escena HDR posiblemente muy diferentes y muy desafiantes, optimización para visualización en cualquier pantalla particular de capacidad de rango dinámico particular);

la Figura 24 aclara todavía más cómo funcionará un algoritmo de cambio de función estandarizado, que tomará cualquier forma de función de entrada hecha, p. ej., por un graduador del creador de contenido para especificar cómo debe asignarse la luminancia normalizada de un primer rango dinámico de brillo máximo a las luminancias normalizadas de una representación de imagen de segundo brillo máximo, y cómo a partir de esta función de entrada una función para mapear entre una tercera y la segunda representación de brillo máximo específicamente inferior y diferente puede calcularse únicamente por una función de entrada dada;

la Figura 25 ilustra esquemáticamente cómo la señal y el mecanismo de codificación de video SLHDR2PLUS actualmente enseñados son muy compatibles con los decodificadores SLHDR2 heredados, pero ofrece posibilidades adicionales para decodificadores desplegados SLHDR2PLUS;

la Figura 26 resumió esquemáticamente en bloques todas las matemáticas de decodificación a continuación para recuperar todas las funciones de mapeo de luminancia necesarias para realizar todo el procesamiento de luminancia de decodificación necesario para obtener la imagen que se necesita a partir de la imagen IDR recibida;

la Figura 27 aclara esquemáticamente un buen enfoque pragmático para obtener numéricamente específicamente una versión personalizada de la curva personalizable, si está presente; y

- la Figura 28 aclara un enfoque pragmáticamente práctico para manejar los
- 5 cromas de píxeles en un enfoque SLHDR2PLUS.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS MODALIDADES

La **Figura 9** muestra genéricamente el nuevo codificador 900 SLHDR2PLUS. Como entrada, obtiene una imagen HDR maestra (p. ej., una imagen PB_C MsterHDR de 5000 nits), que sin querer perder la generalidad, el lector puede asumir que se realizó en o cerca del momento de la codificación por un graduador de color humano mediante el uso de un software de graduación de color, p. ej., iniciando con una imagen HDR capturada con cámara RAW (la imagen MsterHDR se optimiza, p. ej., para un entorno típico de visualización de televisión con poca luz nocturna, es decir, su luminancia envolvente media, etc.; las tecnologías actuales también pueden funcionar con otros entornos o variables, pero eso es más una cuestión de adaptación de visualización en lugar de nuevos métodos para crear o codificar imágenes HDR). El graduador también ha creado al menos una buena función de degradación de luminancia FL_50t1 para convertir la imagen HDR maestra de 5000 nits en una imagen SDR de aspecto agradable correspondiente (es decir, de PB_C usual de 100 nits), y lo ha hecho completando algunos de los aspectos parciales de regradación de 403, 404 y 405, y un buen ajuste de color F_C[Y] de acuerdo con la unidad de procesamiento cromático 451), que ha verificado en su monitor de referencia SDR (otros métodos, p. ej., en la transmisión de eventos de la vida real pueden calcular los formas de función sobre la marcha, y después puede haber algún director mirando el resultado, o no, pero el principio es que surge una buena función FL_50t1, ya sea de una sola de las unidades parciales, o de la función total de todas las unidades juntas, etc.).

Esta función FL_50t1 también debe ingresarse como información de entrada para el codificador nuevo 900. Los metadatos estáticos de brillo máximo (para toda la película o transmisión) PB_C_H50 también se ingresan, ya que se usarán, pero el codificador también los genera como la señal de codificación de video IDR total (IDR+F_I2sCI+PB_CH+PB_C_H50, en donde la imagen típicamente se comprime o descomprime de acuerdo con algún estándar de comunicación de video

adecuado, p. ej., HEVC, y los otros metadatos pueden comunicarse de acuerdo con cualquier mecanismo de comunicación de metadatos disponible o configurable, que varía de mensajes MPEG SEI a paquetes de internet dedicados, etc.).

Una unidad de generación de funciones HDR 901 calculará la función de mapeo de luminancia de HDR a IDR F_{H2hCI} que se necesita para calcular la imagen IDR a partir de la imagen Mster HDR, y necesitará una opción para el PB_CH de IDR, que suponemos que la obtiene de algunos otra entrada (p. ej., esto puede elegirse mediante un operador de cable y colocado en algún lugar de una memoria para cargarse mediante el software de configuración); asumiremos que PB_CH es igual a 1000 nits (simplemente para aclarar; típicamente, este valor será un par de veces mayor que el PB_C de SDR, p. ej., 4 veces mayor, los aspectos técnicos difieren algo en los detalles de la modalidad basado en el valor elegido).

En la **Figura 10**, se ilustra cómo puede funcionar esta unidad de generación de funciones HDR 901.

Supongamos que el graduador ha definido alguna función (aquí, en el ejemplo que aclara la función lineal-parábola-lineal, **para** en resumen, que el solicitante usa de acuerdo con la filosofía de códec estandarizado ETSI para hacer un primer equilibrio ya en gran medida bueno de las regiones de imagen dominantes (es decir, p. ej., proporciona a los oscuros suficiente visibilidad en la imagen SDR a costa de una compresión controlada conjuntamente de las regiones de luminancia más brillantes).

Una función de este tipo relaciona los lumas de entrada (en una representación psicovisual igualada mediante la transformación de las luminancias de píxeles de acuerdo con las Ecuaciones 1 y 2) del subrango más oscuro de lumas ($L < L_d$) a las luminancias de salida necesarias mediante una relación lineal con pendiente controlada SG_gr elegida óptimamente para esta imagen HDR por el graduador:

$$Ln_XDR = SG_gr * Ln_Mster_HDR \quad \text{si}(Ln_Mster_HDR < L_d) \quad [Ec. 4]$$

(donde Ln_Mstr_HDR y Ln_XDR son respectivamente los lumas, es decir, representaciones psicovisualmente uniformizadas de las luminancias de píxeles correspondientes de la imagen HDR maestra de entrada graduada previamente como imagen inicial óptima por el graduador, y Ln_XDR es un resumen de varios lumas de salida de imágenes con diferente rango dinámico y en particular brillo máximo PB_C , todos mostrados en el mismo eje vertical normalizado para explicar los conceptos detrás de la presente invención y sus modalidades). En particular, cuando el graduador comienza a regreduar una imagen SDR óptima correspondiente para su imagen $Mster_HDR$ ya con una calificación óptima, XDR será la especie SDR, y la forma de función de mapeo de luminancia correspondiente se muestra como F_Mt1 [usamos la notación abreviada xty para indicar desde cual PB_C x de inicio hasta cual PB_C final las funciones mapean los lumas, y x e y pueden indicar genéricamente el PB_C de una imagen, como M para Master, o indicar numéricamente un valor ilustrativo, donde soltamos después dos ceros, p. ej., 50 significa 5000 y 1 significa 100 nits].

Similarmente, para lumas de entrada Ln_Mster_HDR superiores que Lb , nuevamente hay una relación lineal controlable:

$$Ln_SDR = HG_gr * Ln_Mster_HDR + (1 - HG_gr) \text{ if } (Ln_Mster_HDR > Lb) \text{ [Ec. 5]}$$

20

La parte parabólica del para que se extiende entre $Ld = mx - WP$ y $Lb = mx + WP$ tiene una definición funcional de $L_XDR = a * x^2 + b * x + c$, de los cuales pueden calcularse los coeficientes a, b y c al calcular el punto donde las tangentes lineales a la curva que proceden de sus extremos se interceptan, y su abscisa mx (según se define en la norma ETSI1; $mx = (1 - HG) / (SG - HG)$).

25

Un pensamiento general que subyace a la invención es el siguiente (y puede explicarse en una vista multiplicativa). Cualquier luminancia HDR maestra puede transformarse a sí misma mediante la aplicación de la transformación de identidad (la

diagonal). Si al final del espectro de imágenes regradas, es decir, para crear la correspondiente luminancia SDR ($XDR = SDR$), tenemos que obtener la luminancia de salida $L_SDR = F_Mt1(Ln_M)$, donde Ln_M es algún valor particular de las luminancias Ln_Mstr_HDR , después también podemos ver esto como una intensificación multiplicativa

5 de la luminancia de entrada $L_SDR = b_SDR(Ln_M) * Ln_M$. Si ahora podemos definir alguna función intermedia F_Mt1_ca , después el procesamiento final es una aplicación consecutiva de dos funciones $F_IDRt1(F_Mt1_ca(Ln_Mstr_HDR))$, en la que F_IDRt1 hace el mapeo de luminancia finalmente hacia la luminancia SDR de cualquier píxel (u objeto) iniciando de la luminancia de píxeles IDR ya calculada (derivada de la luminancia

10 HDR maestra). En términos multiplicativos, puede decirse $L_SDR = b_IDR * b_ca * Ln_M$, donde los dos intensificadores corresponden a la función intermedia (o función de adaptación de canal), y la función de regrada restante (que resulta ser la función que comunicamos junto con la imagen IDR para crear una codificación de video HDR compatible con ETSI2). Téngase en cuenta que estos factores de intensificación son en

15 sí mismos funciones de Ln_Mstr_HDR (o de hecho cualquier luma intermedio asociable con ellos).

Ahora, es conveniente si no necesitamos comunicar ninguna función adicional (que, p. ej., podría perderse si la gestión de metadatos es imperfecta, etc.).

Por lo tanto, puede ser útil si la filosofía SLHDR2PLUS usa una manera

20 fija y previamente acordada para transformar la función F_Mt1 del graduador (es decir, un mecanismo para cualquier forma de función que desee usar) en la función adaptada al canal correspondiente a PB_IDR (cuyo valor también se comunica típicamente a los receptores de acuerdo con el enfoque de codificación ETSI2, como PB_CH). Después puede demostrarse que no es necesario comunicar conjuntamente en los metadatos

25 asociados con las imágenes IDR la función de graduación ascendente F_H2h porque es fija y conocida por los decodificadores, de manera que la $F_??$ inversa probablemente podría calcularse a partir de la función F_I2s recibida, como de hecho mostraremos (si PB_C_H50 también se comunica a los receptores). Lo novedoso del decodificador es este

nuevo enfoque para derivar imágenes de PB_C > PB_IDR. En principio, cualquier enfoque fijo para derivar una función F_{Mt1_ca} del maestro F_{Mt1} podría funcionar, siempre que sea matemáticamente invertible, o al menos decodificable de acuerdo con los requisitos, pero se prefiere seleccionar un enfoque de clase de especie en el que la regraduación HDR-a-IDR se realiza (es decir, se deriva la forma F_{Mt1_ca}), de tal manera que su deformación adicional para derivar imágenes MDR sea compatible con lo que produciría ETSI2 (en principio, las imágenes ETSI2 solo se estandarizan entre PB_C y 100 nits, por lo que podría comenzarse exigiendo casi igualdad de la apariencia de la imagen, es decir, todas las luminancias y colores de píxeles para todas las imágenes de rango dinámico entre PB_IDR y 100 nits, pero también podría intentarse imponer a la solución a obtener las restricciones técnicas que las imágenes actualizaron desde el IDR recibido hacia la imagen HDR maestra, es decir, con $F_{??}$ a calcularse mediante un decodificador SLHDR2PLUS, tiene el mismo aspecto que se obtendría mediante la adaptación de visualización de un ETSI2 que iba a recibir, p. ej., imágenes PB_C Mster_HDR de 5000 nits, y la función de remapeo de luminancia total F_{Mt1} .

Primero explicamos cómo una **adaptación de canal** preferida de este tipo (es decir, cálculo de F_{Mt1_ca} , o F_{H2hCI} calculado en la Figura 9; y la(s) imagen(es) IDR correspondiente(s) puede(n) diseñarse, lo que es útil para varios enfoques/modalidades de SLHDR2PLUS.

La Figura 12a muestra una compensación de nivel de blanco WLO_gr seleccionada óptimamente por el graduador (o autómata) y, si está disponible, también una compensación de nivel de negro (BLO_gr); correspondiente a la unidad 403 en la Figura 4.

Por el momento, podemos suponer que este es el único ajuste de rango dinámico, es decir, operación de mapeo de luminancia para obtener la imagen SDR de la imagen de inicio Mster_HDR (este blanco sobre blanco y negro sobre negro es una conversión de rango dinámico no inteligente que proporciona imágenes LDR de mala calidad, que ya no tienen el brillo promedio ni el contraste visual promedio correctos, y

mucho menos descriptores de calidad de imagen más alta de la imagen resultante como se desea, pero como primera etapa de una cadena de regraduación de acuerdo con el enfoque del solicitante es una buena etapa, y debemos explicar esta etapa y primero su adaptación de canal). La idea es que, si no hay (a pesar del potencial para codificar luma hasta PB_HDR=5000 nits) en realidad luminancias de píxeles por encima de un valor MXH en la imagen presente para mapearse (o una trama de imágenes en un video de la misma escena, en caso de que se decida usar la misma función para todas esas imágenes temporalmente sucesivas), después tiene sentido mapear ese valor MXH más alto al código de luma máx. en SDR (es decir, 1024, correspondiente a la luminancia de 100 nits). Cualquier otro enfoque de mapeo (p. ej., mapeo HDR-blanco-sobre-SDR-blanco) hará que todas las luminancias realmente presentes sean todavía más oscuras, y eso no es óptimo dado que el rango de luminancia SDR es lo suficientemente pequeño como es, pero debe contener óptimamente una emulación correspondiente de una amplia gama de luminancias HDR.

Después, la pregunta es si este valor de WLO debe ajustarse para la imagen IDR (como puede verse en la Figura 12b, el luma más brillante en las imágenes intermedias pueden estar más cerca de PB_IDR, todavía hay una modificación final para mapear en 1,0 la imagen regraduada en SDR; cuyo mapeo también puede mostrarse de manera equivalente en el rango de luminancia normalizado de la imagen HDR de 5000 nits, como se indica en ON). En un primer enfoque, no es necesario (porque hay cierta libertad en cómo diseñar el algoritmo para calcular la función F_{Mt1_ca}), pero en caso de que esté escalado, puede usarse el siguiente enfoque.

Es necesario determinar un factor de escala para tal escalado horizontal para poder escalar la función de mapeo de luminancia, que en este caso son sus parámetros WLO_ca, y similarmente un BLO_gr escalado (anotación BLO_ca), si se desea que este parámetro se escale de manera lineal con PB_IDR, después las restricciones son que el acto esté completamente activado, es decir, la compensación tiene su extensión máxima BLO_gr, cuando PB_IDR=PB_SDR. Por otro lado, para la

imagen HDR, el BLO o WLO debería ser cero, ya que no es necesario corregir nada porque tenemos la transformación de identidad para mapear 5000 nits Mster_HDR a Mster_HDR.

5 Por consiguiente, puede formularse una definición d este tipo de los parámetros

$$\begin{aligned} \text{WLO_ca} &= \text{scaleHor} * \text{WLO_gr} \quad (0 \leq \text{ScaleHor} \leq 1) \\ \text{BLO_ca} &= \text{scaleHor} * \text{BLO_gr} \end{aligned} \quad [\text{Ec. 6}]$$

10 Después, la pregunta es cómo definir ScaleHor.

La **Figura 12b** muestra un espectro de diferente rango dinámico, imágenes PB_C diferentes más específicas organizadas a lo largo del eje horizontal. Se colocan a lo largo de posiciones perceptualizadas del brillo máximo PB_C de cada imagen. Por consiguiente, los colocamos en una posición de abscisas que es $v(\text{PB_C})$, donde v es la función Ec. 1, con el valor PB_C usado para el parámetro L_{in} , y con el valor RHO de la Ec. 2, se calcula para el brillo máximo de la imagen Mster_HDR que se graduó (es decir, p. ej., RHO es 25 para una imagen PB_C Mster_HDR de 5000 nits). Si también el eje de ordenadas tiene sus luma L parametrizados de acuerdo con la función v (en el eje vertical) con el mismo RHO=25, después los PB_C siguen muy bien una línea recta, y las definiciones y los cálculos pueden hacerse en este marco. P. ej., podemos proyectar los luma de brillos máximos PB_C de cualquier imagen intermedia en el eje del luma maestro (5000 nits). La nota que usamos es “P_I1oI2”, que significa el valor de luma correspondiente a través de la aplicación de la función v del brillo máximo (que es una luminancia normal) de la imagen I1, cuando se representa en el rango de luma de la imagen I2. Entonces, p. ej., P_IoH es el luma del brillo máximo de la imagen IDR elegida en el rango de luma Mster_HDR, y P_SoH es el luma de 100 nits (téngase en cuenta que 1,0 en este rango corresponde al PB_C de la imagen

Mster_HDR, por lo que la posición de, p. ej., 100 nits, p. ej., 0,5, variará dependiendo de la representación de imagen Mster-HDR elegida, razón por la cual las Ec. 1 y 2 son una familia de curvas parametrizadas por RHO).

Después, una función adecuada para ScaleHor sería comenzar desde
5 1-P_loH. De hecho, esta función aumentará cuanto más disminuya PB_IDR, es decir, cuanto más a la derecha elijamos nuestra representación de imagen IDR de la imagen MsterHDR. Y rendirá 0 en el caso de P_loH=1, lo que sucede cuando se elige una imagen IDR de 5000 nits (puro para la explicación teórica de la ecuación scaleHor porque eso no tiene sentido técnicamente). Sin embargo, esta ecuación no
10 es igual a 1,0 cuando IDR=SDR, por lo que necesitamos escalarla con un factor k.

Puede verificarse que la normalización es correcta si $k=1-P_{SoH}$ (que está en contraposición con el valor de la variable P_loH correspondiente a diversas posiciones IDR un valor fijo), por consiguiente:

$$\text{ScaleHor}=(1-P_{loH})/(1-P_{SoH}) \quad [\text{Ec. 7}]$$

15

La determinación del para correcto (Figura 4, unidad 404) para la conversión de canal es más compleja y se aclara con la **Figura 13**.

En este caso, los inventores decidieron hacer la transformación de función en una dirección diagonal ortogonal a la diagonal de identidad ([0,0]-[1,1]). Esto debe
20 convertirse en una parametrización equivalente en la representación normal del sistema de coordenadas Mster_HDR/XDR de todas las graduaciones funcionales.

La escala básica se define en un sistema de eje girado de 45 grados que cambia la diagonal al eje horizontal (Figura 13a). Vemos una función Fx, que es, p. ej., el para rotado. Tiene sentido escalar cualquier valor dY para un punto en la
25 diagonal girada, es decir, el nuevo eje x (que dX corresponde a alguna abscisa, es decir, luma L_Mster_HDR en el sistema de ejes original) por el factor La/K, donde K es la acción completa de la función, es decir, el valor dY completo, y un valor dY_ca de escala sería (La/K)*dY en este sistema girado.

Definimos un $sc_r = La/K$ con $La = 1/P_{loH}$ y $K = 1/P_{SoH}$ (obsérvese que el valor de un luma I_2 en el eje I_1 puede reformularse como un valor de un luma I_1 en el eje I_2 , en particular, p. ej., $1/P_{loH} = P_{HoI}$; p. ej., si $P_{loH} = 0,7$, esto significa que PB_Mstr_HDR se quedaría $1/0,7$ por encima de PB_IDR).

5 Ahora necesitamos calcular una escala vertical equivalente sc^* a la diagonal sc_r .

Esto puede hacerse al aplicar la matemática de contrarrotación (en realidad, al definir primero una K y La para 1,0 en lugar de 1,4), llevando la representación de la Figura 13a a la diagonal de la Figura 13b. Esto produce por rotación de matriz
10 (cualquier x_r, y_r en el sistema diagonal, p. ej., 1, dY, girado a la representación principal):

$$\begin{aligned} [x_1, y_1] &= [\cos(\pi/4) \ -\sin(\pi/4); \sin(\pi/4) \ \cos(\pi/4)] * [1, P_{HoI} = 1/La] \\ [x_2, y_2] &= [\cos(\pi/4) \ -\sin(\pi/4); \sin(\pi/4) \ \cos(\pi/4)] * [1, P_{HoS} = 1/K] \quad [Ec. 8] \end{aligned}$$

15 Debe tenerse en cuenta que debido a la escala diagonal, las coordenadas x e y cambiarán, pero SG y HG , así como cualquier otro cambio de punto escalado, se definen de todas maneras como pendientes en lugar de ángulos.

La rotación desde la línea de (0,0) en la Figura 13b al cuadrado que representa un punto escalado diagonalmente de la función de mapeo de luminancia a
20 la línea desde (0,0) al círculo que es el punto de función de mapeo de luminancia original, o viceversa, puede encontrarse al dividir las pendientes en cualquier valor de abscisas fijo, p. ej., un (con los cambios de ángulo corresponde un cambio vertical de un factor de escala normalizado sc^*):

$$\begin{aligned} 25 \quad sc^* &= (y_2/x_2)/(y_1/x_1) = [(1+1/K)/(1-1/K)]/[(1+1/La)/(1-1/La)] = [(K+1)/(K-1)]/[(La+1)/(La-1)] \\ &= [(La-1)^*(K+1)]/[(La+1)^*(K-1)] \quad [Ec. 8] \end{aligned}$$

Posteriormente, tiene que calcularse la distancia real en ordenadas n correspondiente a la escala vertical completa ($sc^* = 1$), y esto puede hacerse teniendo en cuenta que debido al ángulo de 45 grados involucrado en el mip de escala diagonal es un punto medio, tiene una distancia Fd debajo de ella a la diagonal y arriba de ella al punto de intersección (mx , my) de los dos segmentos lineales del para. Por consiguiente, $n = Fd$ es igual a la mitad de la pendiente diferencial SG-1 en mx , es decir, $mx \cdot (SG-1)/2$.

Posteriormente, tiene que calcularse el punto de intersección modificado ($mxca$, $myca$), que sigue como:

10

$$\begin{aligned} mxca &= mx + d = mx + [mx \cdot (SG-1)/2] \cdot (1 - sc^*) \\ myca &= my - d = SG \cdot mx - (mxca - mx) = -mxca + mx \cdot (SG+1) \end{aligned} \quad [Ec. 9]$$

Con la ubicación del nuevo punto, finalmente puede calcularse la ganancia de sombra adaptada al canal (SG_ca , ver Figura10) y la ganancia de iluminación adaptada al canal Hg_ca :

$$\begin{aligned} SG_ca &= myca/mxca \\ HG_ca &= (myca-1)/(mxca-1) \end{aligned} \quad [Ec. 10]$$

Finalmente, para la sección intermedia parabólica existen varios enfoques/modalidades.

En un enfoque, que produce resultados visuales muy buenos en la práctica, se toma $WP_ca = WP_gr$ con Wp_gr , el ancho original de la sección parabólica optimizada por el graduador o autómata del creador de contenido relacionando las imágenes maestras HDR y maestras SDR, y el ancho de WP_ca para la función para adaptada al canal. Otro enfoque es definir $WP_ca = v(abs(sc^*), 100) \cdot WP_gr$ con la función v nuevamente definida por las Ecuaciones. 1 y 2 anteriores.

Teniendo esto como tecnología disponible, puede usarse para definir una definición IDR adecuada para SLHDR2PLUS.

Volviendo a la **Figura 10**, las ecuaciones anteriores definen cómo puede definirse únicamente la función F_{Mt1_ca} , p. ej., un PB_IDR de 1000 nits seleccionado, a partir de, p. ej., una imagen HDR maestra de 5000 nits. Si esta función se determina mediante la unidad de generación de funciones HDR 901, puede generarse como F_{H2hCI} y enviarse como entrada para la unidad de cálculo de imágenes IDR 902. Esta unidad aplicará esta función a todas las luminancias de píxeles de la imagen $MsterHDR$ que recibe como entrada de imagen

10 $[L_IDR=F_{H2hCI}(L_MsterHDR)=F_{Mt1_ca}(L_MsterHDR)]$ para obtener las luminancias de píxeles de la imagen IDR correspondiente y generará la imagen IDR.

La pregunta sigue siendo qué función de mapeo de luminancia adicionar en los metadatos a la imagen IDR para que parezca que se trataba de una imagen ETSI2 normal (es decir, para que cualquier decodificador ETSI2 heredado normalmente pueda decodificarla, que rinda una imagen SDR o cualquier MDR imagen como debería verse).

15

Esta función secundaria de mapeo de luminancia IDR F_{I2sCI} , que también será un para, puede definirse de la siguiente manera (y será calculada por el generador de función de mapeo de IDR 903). La ganancia de sombra para la imagen IDR SG_IDR puede verse como la multiplicación restante (o pendiente) después de haber pasado de $Mster_HDR$ a la imagen IDR (es decir, el brillo relativo restante para obtener la imagen SDR, comenzando desde la imagen IDR):

20

$$Y_{out}(x_{in})=SG_{gr}*x_{in}; = F_{I2sCI}(L_IDR=SG_{ca}*x_{in})$$

25

También se sabe que el mismo mapeo de segmentos para lineales para los píxeles más oscuros se aplica a las nuevas entradas de luma de IDR:

$$Y_{out}=SG_{IDR}*L_{IDR}$$

Por consiguiente:

$$SG_{gr}= SG_{IDR}*SG_{ca} \quad [Ec. 11]$$

5

(p. ej., tomar una entrada $x_{in}=L_{Mster_HDR}=0,2$, que desde la diagonal se mapea a $L_{IDR}=0,3(0,3/0,2)*x_{in}$, que finalmente se mapea a $Y_{out}=0,4=k*0,3$, con $k=0,4/0,3$; $Y_{out}=SG_{gr}*0,2=(0,4)*0,2=(0,4/0,3)*(0,3/0,2)*0,2$).

Por consiguiente, de la Ec. 11 sigue la forma para calcular el SG_{IDR} necesario (dado que usamos el enfoque fijo para determinar SG_{ca} como se describió anteriormente):

10

$$SG_{IDR}=SG_{gr}/SG_{ca} \quad [Ec. 12]$$

15

Similarmente:

$$HG_{IDR}=HG_{gr}/HG_{ca} \quad [Ec. 13]$$

20

En el que HG_{gr} es nuevamente la ganancia de iluminación óptima según lo determinado por el creador de contenido relacionando el aspecto de la imagen SDR maestra con el aspecto de la imagen HDR maestra (es decir, su distribución de lumas), y HG_{ca} es la ganancia de iluminación adaptada al canal correspondiente a la ganancia de iluminación original Hg_{gr} .

25

Téngase en cuenta que puede determinarse un ajuste de ganancia de sombra básico en relación con la ganancia de sombra simple esperada procedente de la diferencia en el brillo máximo entre la imagen SDR e IDR como: $ShadBst=SG_{IDR}/P_{IoS}$. Como se dijo, P_{IoS} es la luminancia máxima codificable de

la imagen IDR cuando se representa en el eje de luma normalizado de la imagen SDR, es decir, p. ej., 7,0.

Téngase en cuenta que hay algunas modalidades prácticas en las que la ganancia de iluminación no puede ser mayor que un número predefinido (en la forma en que el estándar ETSI codifica las ganancias de iluminación), en cuyo caso se necesita un nuevo cálculo de la ganancia de iluminación, ver a continuación, pero esto no es esencial para todas las modalidades. Esto puede realizarse, p. ej., como:

Si $HG_IDR > KLIM$ después $HG_IDR_adj = KLIM$ [Ec. 14], con $KLIM$ preferentemente igual a 0,5.

De hecho, suponer que el graduador ha hecho un HG_gr cercano al valor máximo de 0,5, y un HG_ca correspondiente (que como un mapeo más suave debería tener un HG_ca más cercano a la diagonal, es decir, más grande que HG_gr) es, p. ej., 0,75, después encontramos que la división es 0,67, que es mayor que el máximo que puede comunicarse de acuerdo con una señal de video ETSI2 HDR pura como estándar. Una solución es, p. ej., para redefinir un HG_gr más pequeño de tal manera que HG_IDR no sea mayor que 0,5, el máximo estandarizado. Esto requiere nuevamente un cálculo considerable que tenga en cuenta todos los aspectos de la reg graduación, como se mostrará a continuación. Otra opción es, p. ej., para hacer que la señal de metadatos + IDR amoldable al limitar el HG_IDR a 0,5, mientras se comunica como metadatos adicionales el HG_IDR exacto no limitado. Típicamente, el HG_gr dependerá del PB_C de la imagen $Mster_HDR$, pero también del tipo de objetos de imagen que hay en la imagen (p. ej., objetos de colores brillantes, que son lo suficientemente importantes como para no obtener demasiada compresión de sus luminancias, un ejemplo extremo es una imagen de un planeta brillante cerca de un sol poderoso, que se gradúa con muchos valores de luma L_Mster_HDR muy altos y pocos oscuros). Típicamente, el HG_ca dependerá, entre otras cosas, de qué tan cerca esté el PB_IDR seleccionado del PB_Mster_HDR .

Además, asumir que $WP_IDR = WP_gr$ [Ec. 15]

Como se dijo, son posibles otras modalidades, pero para aclarar los principios de una manera más fácil, hacemos por ahora esa suposición.

Con las Ec. 6, se calcularon los valores adecuados adaptados al canal de la compensación del nivel de negro y la compensación del nivel de blanco (si el creador del contenido definió tales compensaciones). Ahora queda cómo calcular (mediante el codificador de video IDR) los valores correspondientes de BLO_IDR y WLO_IDR.

Primero se calcula una forma preferida de codificar un valor de destello:

$$\begin{aligned} \text{glim} = & \frac{\log[1 + (\text{rhoSDR} - 1) * \text{power}((0,1/100); 1/2, 4)] / \log(\text{rhoSDR})}{\log[1 + (\text{rhoHDR} - 1) * \text{power}(1/\text{PB_Mster_HDR}; 1/2, 4)] / \log(\text{rhoHDR})} \quad [\text{Ec. 16}] \\ & \text{con } \text{rhoSDR} = 1 + 32 * \text{power}(100/10000; 1/2, 4), \text{ y} \\ & \text{rhoHDR} = 1 + 32 * \text{power}(\text{PB_Mster_HDR}/10000; 1/2, 4) \end{aligned}$$

Esto derivará a una manera fácil de adaptar el BLO porque en realidad el enfoque estándar ETSI1 y ETSI2 de codificación HDR existe en paralelo a la cadena de procesamiento de luminancia (unidades 402-406 en la Figura 4 y 1502-1506 en la Figura 15), cuyas figuras para facilitar la comprensión solo aclararon las etapas de reg graduación secuencial parcial del enfoque del solicitante, también un limitador de ganancia lineal que aplica una curva lineal con un ángulo de destello al Y'HP perceptualizado y que lo compara con el valor de Y'GL calculado por las unidades explicadas, y que toma un máximo de los dos valores calculados en paralelo (esto es, entre otras cosas, importante para la reversibilidad de ETSI1 para permitir la reconstrucción de los luma de HDR más oscuras).

Ahora puede demostrarse que debido a la acción de este limitador, los valores de BLO pueden adaptarse fácilmente al canal con la siguiente ecuación:

$$\text{BLO_IDR} = \text{BLO_gr} * \text{glim} \quad [\text{Ec. 17}]$$

El destello como se muestra anteriormente depende de la elección particular de PB_Mster_HDR, y p. ej., puede ser 0,6.

Esto se ilustra con la **Figura 17**. La Figura 17b muestra una ampliación para los lumas más oscuras de un mapeo de lumas de rango completo mostrado en la Figura 17a. Se muestran de nuevo diversas funciones en un gráfico normalizado, cuyas funciones corresponden a diversas entradas PB_C y salida PB_C.

FL_gr es la función creada por el creador de contenido para el mapeo, p. ej., Mster_HDR de 4000 nits a SDR. La curva de puntos FL_ca es la adaptación del canal para hacer, p. ej., IDR de 500 nits del Mster_HDR. La curva discontinua FL_IDR es la curva para mapear los lumas IDR a lumas de SDR. En el gráfico ampliado de la Figura 17b, vemos que la curva FL_gr tiene un doblez pronunciado en la entrada alrededor de 0,03, que es donde el limitador de ganancia paralelo entra en acción (es decir, su salida lineal $y = \text{glim} * Y'_{HP}$ se selecciona como la salida de función para entradas de luma más bajas en lugar del valor de Y'_{GL} que sale de la acción de todas las unidades en la cadena como se muestra en la Figura 4 (para una descripción completa del circuito, consultar la Figura 4 del estándar ETSI1)).

El valor BLO de cualquier curva es la intersección con el eje horizontal que ocurriría si no hubiera limitación de ganancia, es decir, p. ej., el BLO_gr mostrado por extender la pendiente local por encima de 0,3 de la curva FL_gr al igual que la línea de puntos.

Para esta aplicación, basta saber que también puede extenderse la curva FL_IDR para obtener un valor BLO_IDR (téngase en cuenta que hay un valor glim_IDR que usará el estándar ETSI2, que es diferente de glim_gr), y que este valor BLO_IDR inferior puede encontrarse como $\text{glim} * \text{BLO_gr}$ (téngase en cuenta que este destello, el único destello que tiene que calcularse para SLHDR2PLUS, es lo que mostramos en la Figura 17b como glim_gr).

Posteriormente, se realizan los siguientes cálculos para obtener la WLO_IDR.

Lo que la Figura 17a también muestra es que hay tres WLO diferentes, concretamente la WLO_gr creada originalmente por el graduador como su estrategia maestra de mapeo de HDR a SDR (también el ON en la Figura 12b), la WLO_ca adaptado al canal donde la curva de FL_ca cruza la línea horizontal superior, y que es el mapeo de lumas de WLO_gr en el eje de luma IDR (que puede visualizarse con representaciones como la Figura 12, donde el MXH se proyecta a MXI, y por último también hay una WLO_IDR, que es la WLO restante para el mapeo de lumas, los lumas de IDR a SDR (que no es lo mismo que la WLO_ca escalado porque la definición del eje de abscisas de luma normalizado cambia cuando se comienza desde un PB_C=5000 asociado para WLO_gr y WLO_ca, ya que la imagen de entrada para regraduar con esas funciones es Mster_HDR de 5000 nits, a PB_C=1000 nits para las definiciones relacionadas con IDR de las necesidades regraduadas ya que en esa vista compatible con ETSI2, la imagen inicial para derivar otras imágenes de las que se recibe es, p. ej., imagen PB_C IDR de 1000 nits).

La Figura 17c amplía la esquina superior (cerca de [1,1]) de la gráfica de funciones. El valor WLO_IDR se obtiene al enviar el valor WLO_gr como una entrada a través de la curva FL_ca, como se muestra en la proyección circular desde una posición de ordenadas (normalizada) a una posición de abscisas. De hecho, vemos en la Figura 12b que la posición MXI es la posición normalizada en el eje de luma IDR que se mapea a una luma SDR de 1,0, por consiguiente, esto es lo que se necesita por definición como WLO_IDR.

Puede pensarse a primera vista que si la curva de mapeo a través de la cual un valor WLO pasa posteriormente en un lado de codificación es un para (ver Figura 4 mapeo de unidad 404 después de la unidad 403), que típicamente es el segmento lineal superior del para que se involucrará.

Sin embargo, debido a cómo se define el para, cualquier parte del mismo puede involucrarse (incluso hay configuraciones donde simplemente un valor especial del SG del para define un punto de intersección muy alto que se mueve teóricamente por encima de 1,0, por consiguiente, el comportamiento en ese caso hasta los lumas más
5 brillantes se determina solo por la pendiente de ganancia de sombra, lo que llevó a una curva lineal que es útil para regresar a SDR una imagen HDR que contiene principalmente lumas muy brillantes, como, p. ej., de un planeta desértico iluminado por 5 soles en una película de ciencia ficción). Por consiguiente, esto se convierte en un cálculo algo complicado donde necesita probarse cuál de las tres subpartes del para es aplicable,
10 que es la modalidad matemática preferida:

```

WLO_co=255*WLO_ca/510
BLO_co=255*BLO_ca/2040
Xh=(1-HG_ca)/(SG_ca-HG_ca)+WP_ca
WW=(1-WLO_gr*255/510-BLO_co)/(1-WLO_co-BLO_co)
15 IF WW>=Xh THEN WLO_IDR=HG_ca*(1-WW)*510/255 [el segmento
lineal superior]
ELSE {
Xs=(1-HG_ca)/(SG_ca-HG_ca)-WP_ca
IF WW>Xs
20 {[la entrada, es decir, WLO_gr tiene que mapearse a través de la subparte
parabólica del para adaptado al canal]
A= -0,5*(SG_ca-HG_ca/(2*WP_ca))
B=(1-HG_ca)/(2*WP_ca) + (SG_ca+HG_ca)/2
C= -[(SG_ca-HG_ca)*(2*WP_ca)-2*(1-HG_ca)]^2 / (8*(SG_ca-HG_ca)*
25 2*WP_ca)
WLO_IDR=(1-(A*WW*WW+B*WW+C))*510/255
}

```

ELSE [en los casos especiales donde se aplica la subparte de ganancia de sombra del para]

$WLO_IDR = (1 - SG_ca * WW) * 510 / 255$

}

5 Estos parámetros SG_IDR, HG_IDR, WP_IDR, BLO_IDR, WLO_IDR (y
similarmente parámetros extras para la curva personalizable, si es necesario) son los
parámetros que caracterizan y, por consiguiente, que se generan como la función F_I2sCI
(si realmente estos parámetros caracterizan la forma de esta curva necesaria se genera
la adaptación de visualización, o se genera una LUT que caracteriza la función, es solo
10 una opción de la modalidad; lo principal es que la forma correcta de la función de mapeo
de luminancia F_I2sCI en el sistema de eje normalizado a 1,0 se comunica conjuntamente
con la(s) imagen(es) IDR, como metadatos).

El codificador ahora se caracteriza de acuerdo con el nuevo enfoque
SLHDR2PLUS. Después, la pregunta es cómo debe diseñarse un decodificador. Debe
15 entenderse que este decodificador ahora solo obtendrá la función F_I2sCI, por lo que
de alguna manera debe calcular la función F_?? necesaria para reconstruir la imagen
Mster_HDR original a partir de la imagen IDR recibida. En este enfoque de codificación
SLHDR2PLUS, esta sería la inversa de la función F_H2hCI usada en el codificador
para generar los lumas IDR, pero tal función todavía debería ser calculable.

20 Como la **Figura 11** aclara genéricamente, el decodificador de video
SLHDR2PLUS 1100, una unidad de determinación de función de luminancia 1104
tiene que calcular la función F_?? basado solo en la información que recibe, es decir,
F_I2sCI, y los dos brillos máximos PB_CH y PB_C_H50. Una vez se determina esa
función, puede aplicarse para reconstruir las luminancias originales Mster_HDR, al
25 aplicar (en el transformador de color 1102) a los lumas IDR recibidos:
 $L_REC_M_HDR = F_??(L_IDR)$, a partir de los cuales pueden calcularse las
luminancias HDR correspondientes al aplicar el inverso de las Ec. 1 y 2 a esos lumas
L_REC_M_HDR. Finalmente, el transformador de color 1102 puede generar la imagen

HDR maestra reconstruida (REC_M_HDR) en cualquier formato que se desee, p. ej., una formulación de color YCbCr basada en PQ, etc. En modalidades preferidas, el decodificador 1100 también puede configurarse para calcular cualquier imagen adaptada a la visualización, p. ej., MDR_300 en caso de que una pantalla conectada PB_D de 300 nits deba suministrarse con el mejor equivalente de la imagen HDR tal como se recibe, y esto puede hacerse mediante la matemática SLHDR2PLUS o solo con una decodificación ETSI2 regular, ya que la imagen adecuada (IDR) y la función de mapeo de luminancia (F_{I2sCI}) ya está disponible como entrada en el transformador de color 1102).

La **Figura 14** muestra lo que implica el para para reconstruir la imagen REC_M_HDR a partir de la imagen IDR tal como se recibió (se realizarán cálculos similares para WLO y BLO, y los puntos de forma de curva personalizables, donde sea aplicable (téngase en cuenta que, como se analiza a continuación, algunas modalidades no aplicarán la filosofía de curva personalizable entre Mster_HDR e IDR, sino solo como una tecnología de degradación de SDR, es decir, entre IDR y SDR).

Ahora necesita calcularse una nueva ganancia de sombra de reconstrucción HDR maestra (SG_REC) y una ganancia de iluminación de reconstrucción (HG_REC), y tiene que calcularse una ecuación parabólica inversa para el segmento parabólico para completar la reconstrucción necesaria para la forma de función de mapeo de luminancia F_{L_RHDR} (téngase en cuenta que meramente con fines ilustrativos, la función de mapeo de luminancia inversa de SDR a Mster_HDR también se ha mostrado en este gráfico normalizado como la línea de puntos; debería tomarse en cuenta que debido a la propiedad de función inversa del mapeo de SDR a HDR, la ganancia de sombra de esa curva SG_RM es igual a $1/SG_{gr}$, etc.).

Primero, la **Figura 15** aclara algunos aspectos de la típica topología de cálculo del núcleo del decodificador 1502. Como puede verse, es aproximadamente la misma estructura que el codificador, a pesar de que realiza una

regraduación en la dirección opuesta (reconstrucción REC_M_HDR de IDR), lo cual es útil ya que puede reconfigurarse una topología de cálculo de este tipo fácilmente, según lo demande la necesidad. Si el mapeador de luminancia 1501 obtiene un LUT total (de todas las acciones de regraduación sucesivas parciales), funcionaría de
5 hecho de una manera similar al codificador.

Por supuesto, es necesario configurar algunas diferencias para que el decodificador realice la regraduación de reconstrucción de HDR correcta. En primer lugar, L_{in} ahora será una luminancia normalizada IDR, y la luminancia de salida L_h será una luminancia normalizada que se escalará correctamente para, p. ej., el
10 renderizado de visualización de PB_D de 5000 nits. También vemos que el último multiplicador, que rinde los colores de píxeles de la imagen REC_M_HDR (R_s , G_s , B_s) ahora se multiplica por el valor PB_C_H50 como se recibe en los metadatos. De hecho, el ciclo de cálculo externo de perceptualización realizado por el perceptualizador 1502 y el linealizador 1506 aplica un valor PB_CH y PB_C_H50
15 respectivamente en las Ec. 1, 2 e inversa de esas ecuaciones. También se observa que el orden de las diversas regraduaciones parciales, en la medida en que estén presentes se invierte: primero, el luma Y'_{IP} de IDR perceptual se gradúa con precisión mediante la curva personalizable inversa en la unidad de perfección 1503, lo que produce los lumas Y'_{IPG} IDR regraduadas. Después de eso, se realiza un primer
20 mapeo al eje de luma de HDR (es decir, lumas redistribuidos correspondientes para una apariencia HDR correcta correspondiente, de hecho una apariencia PB_C_H50 Mster_HDR de 5000 nits) mediante la unidad de mapeo de luminancia aproximada 1504, que aplica el para inverso de la Figura 14, que todavía necesita calcularse correctamente, y rendirá lumas Y'_{HC} de HDR inicial. Finalmente, una compensación
25 inversa de blanco y negro 1505 creará los lumas REC_M_HDR normalizados correctos (Y'_{HR}) para usarse en los cálculos posteriores con los cromas para llegar al color tridimensional completo para cada píxel. Como se explicó, la unidad 1504 obtendrá típicamente el SG_REC calculado, etc. (o una versión LUT de la función de

mapeo de lumas que se aplicará correspondiente a estos tres valores). Téngase en cuenta que si los diversos valores de PW se mantuvieron idénticos, después WP_REC es nuevamente Wp_gr. La unidad 1505 obtendrá similarmente la compensación en blanco y negro para la reconstrucción del Mster_HDR (WLO_REC, BLO_REC). La

5 parte inferior de la unidad central que realiza el procesamiento cromático (procesador de crominancia 1550) será similar a la topología del codificador de la Figura 4, excepto por la carga del C_LUT F_C[Y] correcto en la unidad de determinación de procesamiento cromático 1551 (ver el cálculo de esto explicado a continuación).

La pregunta ahora es si y cómo pueden calcularse los parámetros de

10 las funciones que se aplicarán en el decodificador programado para reconstruir Mster_HDR a partir de IDR (esta es una situación que no ocurría antes en la decodificación de video HDR).

P. ej., podemos ver el enfoque de la ganancia de sombra.

Antes de calcular SG_REC, podemos preguntarnos si puede

15 determinarse la ganancia de sombra total SG_RM de SDR a Mster_HDR, y después, a partir de eso, podríamos determinar a través de la división de la Ec. 12 el SG_REC.

De manera que $SG_{IDR} = SG_{gr} / SG_{ca}$.

También puede mostrarse que $SG_{ca} = (mx/mxca) * (SG_{gr} + 1) - 1$.

Esto puede verse porque $myca = SG_{ca} * mxca$ (por la definición del

20 segmento lineal inferior del para adaptado al canal), y también $myca = my - d = mx * SG_{gr} + (mx - mxca)$.

La segunda relación de $mxca/mx$ sigue al dividir la ecuación superior de la Ec. 9 por mx .

Dado que al completar la primera relación en la segunda (al eliminar

25 la parte $mx/mxca$) puede escribirse SG_{ca} en términos de SG_{gr} , ahora puede formarse una relación final entre SG_{IDR} y Sg_{gr} :

$$SG_{ca} = (SG_{gr} + 1) / [(SG_{gr} - 1) * (1 - sc^*) / 2 + 1] - 1$$

De donde:

$$SG_IDR = SG_gr / \{(SG_gr + 1) / [(SG_gr - 1) * (1 - sc^*) / 2 + 1] - 1\} \quad [Ec. 18]$$

5

Esta ecuación puede resolverse para el SG_gr desconocido, dado el SG_IDR conocido (recibido) (y sc* se calculó solo a partir de los brillos máximos, que también se conocen ya que se reciben tanto como PB_CH, es decir, PB_IDR como PB_C_H50, y PB_SDR suele ser de 100 nits, pero también puede ponerse en metadatos de la señal si no).

10

Llama SG_IDR= y y SG_gr =x para notación simplificada, después:

$$y = [(x-1) * (1 - sc^*) * x / 2 + x] / [x - (x-1) * (1 - sc^*) / 2]$$

15

$$\text{Por consiguiente: } x^2 + x * (y-1) * [(sc^* + 1) / (sc^* - 1)] - y = 0 \quad [Ec. 19]$$

[esos coeficientes (llamados a continuación A', B', C') que son funciones de y y sc* se usarán a continuación para resolver la ecuación cuadrática en el sistema total de ecuaciones para reconstruir los lumas de la imagen Mster_HDR].

20

Para determinar todos los parámetros que dan la forma de la función de mapeo de luminancia de reconstrucción, las siguientes ecuaciones pueden realizarse típicamente en una de las modalidades (esto reconstruye el reverso de la función que se usó para generar la imagen IDR en el lado del codificador). Primero, se determina el para correcto a partir del cual pueden calcularse posteriormente las compensaciones en blanco y negro.

25

rhoSDR se calcula nuevamente como antes, y rhoCH se calcula como:

$$rhoCH = 1 + 32 * \text{power}(PB_CH / 10000; 1 / 2, 4)$$

$$mu = \log[1 + (rhoSDR - 1) * \text{power}(PB_CH / PB_SDR; 1 / 2, 4)] / \log(rhoSDR)$$

K y La y sc* se calculan como anteriormente, con K=P_HoS y La=P_Hol

$$A'=1$$

$$B'=(SG_IDR-1)*(sc^*+1)/(sc^*-1)$$

$$C'=-SG_IDR$$

5 Una vez que se ha podido determinar en el lado del decodificador los parámetros necesarios de todas las funciones necesarias (atención: de otros parámetros disponibles recibidos SG_IDR, etc.), el resto de la decodificación se debe a la reversibilidad simplemente aplicando la(s) curva(s) inversa(s) del codificador, p. ej., un para como en la Figura 14 (con la forma adecuada al haber calculado sus parámetros de
10 definición apropiados 1/SG_REC, etc.) deshará la acción del para de codificación IDR como se ilustra en la Figura 10, es decir, definirá la redecodificación de IDR a Mster_HDR lumas, etc.).

De ahí sigue

$$15 \quad SG_gr = [-B' + \text{SQRT}(B'^2 - 4*A'*C')]/2*A'$$

Donde ^2 indica una energía cuadrada.

$$SG_REC = SG_gr / SG_IDR \quad [\text{Ec. 20}]$$

20

De manera que ya se conoce la ganancia de sombra de adaptación de canal inverso (1/SG_REC).

Similarmente, puede calcularse la ganancia de iluminación necesaria.

$$A'' = (SG_REC*HG_IDR - SG_gr)*(SG_gr+1)/(SG_REC+1)$$

$$25 \quad B'' = SG_gr - HG_IDR - (SG_REC*HG_IDR - 1)*(SG_gr+1)/(SG_REC+1)$$

$$C'' = HG_IDR - 1$$

$$MxRec = [-B'' + \text{SQRT}(B''^2 - 4*A''*C'')]/2*A''$$

$$\text{SI } MxRec = 1 \text{ DESPUÉS } HG_REC = 0$$

$$SI\ NO=HG_REC= \max[0, (MxRec * SG_gr - 1) / (MxRec - 1)]$$

Como se define una función de para a partir de sus parámetros, una vez calculados, se define el para necesario.

Para obtener BLO_REC y WLO_REC se realizan las siguientes ecuaciones:

$$mx = (1 - HG_gr) / (SG_gr - HG_gr)$$

$$mxca = mx * (SG_gr - 1) * (1 - sc) / 2 + mx$$

$$myca = mx * (SG_gr + 1) - mxca$$

$$SG_ca = myca / mxca$$

$$IF\ mxca=1\ THEN\ HG_ca=0\ ELSE\ HG_ca=\max.[0, (myca-1)/(mxca-1)]$$

$$ScaleHor = (1 - 1/La) / (1 - 1/K)$$

$$RHO = 1 + 32 * \text{power}(PB_C_H50 / 10000; 1/2, 4)$$

glim = {log[1 + (rhoSDR-1) * (0,1/100)^(1/2,4)] / log(rhoSDR)} / {log[1 + (RHO-1) * (1/PB_C_H50)^(1/2,4)] / log(RHO)}; [como antes; el mismo destello como se usa mediante el codificador porque en el enfoque ETSI se trata de una desviación paralela fija del mecanismo Im_PB_C_1 <> Im_PB_C_2, definiéndose esas dos imágenes como regradas comenzando desde el mismo PB_C_1, y en este enfoque SLHDR2PLUS específico siendo respectivamente la imagen Mster_HDR e IDR]

BLO_gr = BLO_IDR / glim [lo inverso de la Ec. 17, por lo que esto es relativamente fácil de determinar sin necesidad de ecuaciones de orden superior, y posteriormente solo necesitamos aplicar el mecanismo de adaptación de canal fijo para obtener la WLO_REC necesaria, que es igual a la WLO_ca usada por la codificación, pero ahora se invertirá, la suma se convertirá en resta]

$$BLO_REC = BLO_ca = BLO_REC * ScaleHor$$

Posteriormente, se calcula la WLO_REC proyectándolo a través del para, como era el principio de codificación, para posteriormente invertirlo.

```

IF HG_ca=0 WLO_REC=0
ELSE
{
BLO_co=255*BLO_ca/2040
5   Xh=(1-HG_REC)/(SG_REC-HG_REC)+WP_REC
    Xh_REC=HG_REC*Xh+1-HG_REC
    WW_REC=1-WLO_IDR*255/510
    IF WW_REC>=Xh_REC THEN WCA=1-(1-WW_REC)/HG_REC
    ELSE
10   Xs=(1-HG_REC)/(SG_REC-HG_REC)-WP_REC
    Xsca=SG_REC*Xs
    IF WW_REC>Xsca
    {
A'''=-0,5*(SG_REC-HG_REC)/(2*WP_REC)
15   B'''=(1-HG_REC)/(2*WP_REC)+(SG_REC+HG_REC)/2
    C'''=      -      [(SG_REC-HG_REC)*(2*WP_REC)-2*(1-HG_REC)]^2      /
    [8*(SG_REC-HG_REC)*(2*WP_REC)]
    WCA=(-B''' + SQRT(B'''^2-4*A'''{C'''-WW_REC}))/ (2*A''')
    WCA=min (WCA,1)
20   }
    ELSE WCA=WW_REC/SG_REC
    WLO_REC=(1-WCA)*(1-BLO_co)/[(1-WCA*ScaleHor)*(510/255)]

```

Cabe señalar que mientras que el BLO es de hecho una contribución
 aditiva pura en el mapeo, la WLO se convierte en una escala multiplicativa al máximo
 (p. ej., en la Figura 4):

$$Y'HPS = (Y'HP - BLO) / (1 - BLO - WLO) \quad [Ec. 21]$$

Toda esta información típicamente puede completarse en un único LUT de procesamiento de luminancia, que se relaciona, p. ej., en el dominio perceptual Y'IP a Y'HR (o mejor todavía, un LUT total que define L_h para cada valor de L_{in}). Esto reconstruiría la imagen REC_M_HDR.

5 Como se mencionó anteriormente, también es útil si el decodificador puede generar directamente una imagen adaptada a la pantalla, p. ej., MDR_300.

Para esto, puede usarse la siguiente tecnología como se aclara con la **Figura 16** (donde se usan dos LUT parciales, en la práctica es más útil cargar solo un LUT, llamada P_LUT, ya que la pista superior de cálculo de luminancia está en las unidades de cálculo de núcleo preferidas, p. ej., el procesador de color por píxel de un

10 IC que decodifica dedicado, típicamente incorporado simplemente como un LUT. Se ingresan valores de luma Y_IDR (p. ej., típicamente codificados en YCbCr basados en PQ), y se convierten mediante el linealizador 1601 en luminancias normalizadas L_{in} . Un perceptualizador 1602 funciona como se explicó anteriormente (Ecs. 1 y 2), y usa

15 el valor RHO para el brillo máximo de IDR PB_IDR, p. ej., 1000 nits. Esto produce lumas Y'IP de IDR perceptualizados. Una unidad de mapeo de luminancia 1603 reconstruye la imagen HDR maestra como se explicó anteriormente, es decir, obtiene todos los parámetros calculados que definen la función de mapeo de luminancia de reconstrucción IDR a MsterHDR F_L_REC, o típicamente la LUT de esa forma de

20 función. Esto produce lumas Y'HPR Mster_HDR reconstruidos. Esta imagen forma una buena base para calcular imágenes de menor rango dinámico/brillo máximo PB_C. Básicamente, esto funciona como el mecanismo ETSI2, siempre que se apliquen las funciones correctas. Estas funciones pueden escalarse a partir del F_L_IDR comunicado conjuntamente como metadatos, o calcularse a partir de la función F_50t1

25 reconstruida que es una reconstrucción de lo que el creador de contenido definió a su lado como la función óptima para calcular la imagen maestra SDR a partir de la imagen Mster_HDR. Después, esta función F_50t1 puede calcularse en la función de adaptación de visualización adecuada F_L_DA para, p. ej., un PB_D de 300 nits, de

acuerdo con los principios definidos en el estándar ETSI2 (el lector se refiere a ese estándar para este detalle). Esto se carga en el mapeador de luminancia 1604 de HDR a MDR, en caso de que haya uno. En la práctica, el único P_LUT contendrá la acción total de F_L_REC y, posteriormente, F_L_DA.

5 Finalmente, las luminancias relativas MDR obtenidas se envían al primer multiplicador 454 de la Figura 4 para realizar el mismo procesamiento (también con el F_C[Y] correcto adjunto).

Finalmente, necesita calcularse el C_LUT apropiado (F_C[Y] en la Figura 4 o Figura 15 respectivamente), lo que les proporciona a los colores de salida
10 regrados de luminancia sus crominancias apropiadas (para tener una apariencia lo más cercana posible a la imagen Mster_HDR, es decir, las cromaticidades de los píxeles de la imagen de salida y la imagen Mster_HDR deberían, en la medida de lo posible, dado el rango dinámico más pequeño diferente, ser aproximadamente idénticas).

15 El C_LUT para la reconstrucción de Mster_HDR es de la siguiente manera (otros cálculos de C-LUT de regraduación siguen principios similares, p. ej., teniendo en cuenta las enseñanzas de ETSI2).

Primero se calcula un CP-LUT, que es el inverso del P_LUT mencionado anteriormente que se aplicó en el codificador para mapear la imagen Mster_HDR a la
20 imagen IDR (por lo que en el decodificador esta corrección de crominancia inversa se usará para reconvertir desde el IDR crominancia de imágenes Cb y Cr tal como se recibieron en las crominancias reconstruidas Mster_HDR).

El C_LUT para la reconstrucción de Mster-HDR puede calcularse como:

$$XH=v(PB_M_HDR;10000)$$

25 $XS=v(PB_SDR=100;10000)$

$$XD=v(PB_D;10000)$$

$$XC=v(PB_CH;10000)$$

Con v nuevamente la función $v(x, \text{RHO})$ como se define por las Ecs. 1 y 2 anteriores.

$$\text{CfactCH} = 1 - (\text{XC} - \text{XS}) / (\text{XH} - \text{XS})$$

$$\text{CfactCA} = 1 - (\text{XD} - \text{XS}) / (\text{XH} - \text{XS})$$

5

$$\text{C_LUT}[Y] = [1 + \text{CfactCA} * \text{power}(\text{CP_LUT}[Y]; 2, 4)] / [Y * \{1 + \text{CfactCH} * \text{power}(\text{CP_LUT}[Y]; 2, 4)\}] \quad [\text{Ec. 22}]$$

El objetivo de visualización PB_D puede establecerse en PB_Mster_HDR para la reconstrucción, en cuyo caso solo el divisor permanece como determinante C_LUT. En una modalidad práctica, la energía 2,4 también puede incluirse en la LUT como, p. ej., $\text{CPP_LUT} = \text{power}(\text{CP_LUT}[Y]; 2, 4)$ que puede ahorrar algunos cálculos en algunas modalidades.

10

Se dijo anteriormente que algunas modalidades prácticas (para el cumplimiento actual de la definición de metadatos ETSI2) del codificador SLHDR2PLUS recalculan el HG_gr para los valores HG_IDR compatibles. Esto puede hacerse de la siguiente manera.

15

P. ej., los metadatos pueden haber reservado una palabra de código de 8 bits para el HG del para, es decir, en este caso, dado que se supone que la imagen IDR + sus metadatos son una señal compatible con ETSI2, la pregunta es si el HG_IDR necesario se ajustará en el código asignado. Típicamente, el estándar usa una función de asignación de código para transformar el HG_IDR que se necesita físicamente en algún HG_COD: $\text{HG_COD en } [0, 255] = \text{F_COD}[\text{HG_IDR}]$. P. ej., FCOD puede ser $128 * (4 * \text{HG_IDR})$, lo que significa que un máx. de 255 corresponde a un máx. HG_IDR de 0,5

20

Queremos asegurarnos de que la imagen IDR se genere de tal manera que el HG_IDR simplemente se ajuste al rango de código, es decir, una modalidad pragmática puede darse cuenta de esto adaptando de alguna manera el HG_gr del graduador (de tal manera que con la adaptación de canal fijo y luego el IDR basado determinación de metadatos que simplemente evita el desborde).

25

Los cálculos para esta modalidad (opcional) pueden ser, p. ej.:

Establecer $HG_IDR = (254 \cdot 2) / (255 \cdot 4)$;

Exposición = sombra/4 + 0,5 la sombra es la codificación ETSI2 de las ganancias de sombra Sg_gr

5 $SG_gr = K \cdot exposure$

$A = SG_gr \cdot (HG_IDR - 1) - 0,5 \cdot (SG_gr - 1) \cdot (1 - sc) \cdot (HG_IDR + SG_gr)$

$B = SG_gr - HG_IDR + 1 + 0,5 \cdot (SG_gr - 1) \cdot (1 - sc) \cdot (HG_IDR + 1)$

$C = HG_IDR - 1$

$MxLM = [-B + \sqrt{B \cdot B - 4 \cdot A \cdot C}] / (2 \cdot A)$

10 IF=1 THEN $MxLM \cdot HG_gr_LM = 0$

ELSE $HG_gr_LM = \max[0, (MxLM \cdot SG_gr - 1) / (MxLM - 1)]$

Donde HG_gr_LM es el valor HG_gr ajustado. El resto del algoritmo funcionará como se describió anteriormente, como si el graduador seleccionara el valor óptimo de HG_gr_LM desde el principio.

15 Esto detalla un método para abordar el nuevo problema de diseño del códec SLHDR2PLUS. Hay formas alternativas, dependiendo de las decisiones técnicas realizadas, en particular qué aspectos se consideran de importancia clave frente a qué otros aspectos pueden relajarse.

Las matemáticas anteriores definen una manera totalmente nueva para
20 implementar el decodificador HDR, ya sea al menos con un enfoque de cálculo central consistente con los enfoques ETSI1 y ETSI2: en particular, aunque las funciones P-LUT y C_LUT formadas de manera diferente se calcularán como se ilustra anteriormente (a pesar de la Figura 4 y la Figura 15 que detallan la filosofía técnico-física detrás de cómo funciona nuestro enfoque de codificación HDR y por qué, en la práctica todo el
25 procesamiento de luma, que es equivalente a un procesamiento de luminancia [en un aspecto de color unidimensional, estos dos se relacionan a través de una transformación funcional no lineal, ya sea dependiente de la imagen] en la pista de procesamiento de lumas 401 respectivamente 1501 se realiza al cargar la forma de función de mapeo de

lumas P_LUT total correcta, y similarmente para el C-LUT llamado F_C [Y] en respectivamente la unidad 451 y 1551), la topología de cálculo es reusable, lo que es una propiedad muy útil para los clientes (tienen que comprar un IC en, p. ej., un STB una vez, y puede reconfigurarse para diversas nuevas filosofías de codificación al reprogramar el
5 manejo de metadatos, pero manteniendo el motor de transformación de color por píxel).

También puede diseñarse una tecnología de codificación IDR que reúse las mismas matemáticas de decodificación ETSI2 en profundidad (es decir, la cadena de graduaciones parciales 1503-1505), simplemente instruyendo al decodificador ETSI2 para que extrapole adecuadamente en lugar de su tarea normal
10 de graduar la imagen recibida, la pantalla la adapta a la visualización de PB_D < PB_IDR. Debería enfatizarse que no es una extrapolación “ciega”, que proporciona “cualquier” apariencia de imagen de rango dinámico superior correspondiente a la apariencia (es decir, en particular, la distribución estadística de los lumas relativos o luminancias absolutas de los píxeles IDR) de la imagen IDR, pero en realidad
15 produce “automáticamente” mediante esta manera de codificar una imagen de salida HDR que se parece lo más posible a la imagen Mster_HDR original del lado de creación de contenido (que también en tales modalidades todavía no se recibe, ni sus metadatos, p. ej., SG_gr, recibido). Por supuesto, esto automáticamente no es tan simple e implica el enfoque correcto en el lado de codificación del contenido.
20 Para el decodificador en modalidades de esta filosofía, el PB_C_H50 recibió funciones de brillo máximo secundario en la programación del decodificador por píxel de núcleo equivalentemente como si fuera un brillo de pantalla deseado PB_D (que es después, p. ej., 5 veces mayor que PB_IDR).

La **Figura 18** aclara este enfoque (esquema de bloques de cómo
25 funcionan conceptualmente las matemáticas del codificador). Además, asumiremos por simplicidad (aunque estas selecciones no se vinculan necesariamente a este ejemplo) que la libertad de elección del algoritmo de adaptación de canal fijo se seleccionó para hacer solo una transformación de para que vincula Mster_HDR e

IDR, y que deriva a cualquier BLO y WLO (si corresponde a la imagen actual o toma de imágenes) y una curva personalizable a la transformación secundaria, es decir, la regraduación de IDR a SDR, y los metadatos pertenecientes a la señal IDR que cumple con ETSI2 para comunicarse a los receptores (ya sean receptores ETSI2 heredados o receptores de decodificación SLHDR2PLUS).

Primero, necesitamos algunas definiciones introductorias:

El inverso de una curva de para como se muestra en la Figura 10, es decir, con la definición de forma estandarizada por ETSI como se formuló en las ecuaciones 4 y 5 anteriores y la parte media parabólica definida por $a \cdot x^2 + b \cdot x + c$, es una curva que en este texto por concisión llamaremos **abcara**. De acuerdo con la sección 7 de ETSI1 (reconstrucción de la señal HDR) se define como:

$$L_{out} = 1/SG * L_{in} \text{ (if } 0 \leq L_{in} \leq xS)$$

$$L_{out} = -b/2a + \sqrt{(b^2 - 4 \cdot a \cdot (c - L_{in}))} / 2a \text{ (if } xS < L_{in} < xH)$$

$$L_{out} = 1/HG \cdot (L_{in} - 1) + 1 \text{ (if } xH \leq L_{in}) \quad [\text{Ec. 23}]$$

Siendo xS y xH los puntos donde los segmentos lineales cambian a la sección media parabólica, en conformidad con cómo se definió el para para la codificación (o cualquier otro uso).

El principio básico de lo que la modalidad del codificador de video de la Figura 18 está tratando de alcanzar se muestra en la **Figura 20** (en este ejemplo hemos elegido aclarar el ejemplo de un IDR de PB_C de 500 nits, sin querer decir que este método está de alguna manera limitado o es más adecuado para PB_IDR inferior).

Si tenemos un mecanismo fijo (en un decodificador heredado ETSI2 o compatible con ETSI2) para extrapolar de IDR a PB_C más altos que PB_IDR (usando tal configuración PB_C como si fuera un brillo máximo de pantalla), después también podríamos diseñar un codificador que invierta ese proceso, es decir, crea la imagen IDR usando el inverso F_ENCINV_H2I de la función de mapeo de luminancia de extrapolación adecuadamente adaptada F_E_I2S (adaptado de la función F_I2S

que se ajusta a la especificación ETSI2 recibida por los receptores de la señal IDR, es decir, imagen IDR + metadatos que incluyen la función F_I2S), y posteriormente adiciona los metadatos correctos, que como se dijo sería F_I2S, que se derivará de la función de mapeo de luminancia total F_H2S (p. ej., F_50t1) según lo creado por el creador del contenido, p. ej., un graduador humano, o un autómata en cualquier proceso intermedio de codificación en tiempo real, etc.

Las relaciones también pueden formularse en vista multiplicativa:

$$L_SDR = m_F_I2S * m_F_ENCINV_H2I * L_HDR = m_F_I2S * L_IDR$$

$$L_HDR = m_F_E_I2S * L_IDR$$

En donde m_F_I2S o más bien m_F_I2S (L_HDR) es un multiplicador correspondiente necesario para realizar la regraduación de luminancia por cualquier valor L_HDR seleccionado correspondiente a la forma de función de mapeo de luminancia F_I2S, y similarmente para los otros multiplicadores.

De manera que tiene que resolverse que un inverso de un para a partir de HDR a IDR, es decir, un abcara que trabaja de IDR a HDR, tenga el mismo efecto que algunos paras extrapolados a PB_HDR (comenzando en cualquier L_IDR).

Para entenderlo algo mejor usamos la **Figura 21**. En el modo de interpolación normal desde la imagen de entrada más alta PB_C (es decir, trabajando en cualquier luminancia de entrada normalizada L_in_X que corresponda a las luminancias reales a través de un PB_Ch que es superior que el PB_D de las luminancias de la imagen de salida normalizada) a un PB_D inferior el F_H2S de para del graduador original (como se recibió en metadatos mediante una cadena de comunicación de video de codificación ESTI2 estándar) se escalaría diagonalmente siguiendo la flecha hacia la diagonal [0,0]- 1,1] produciendo un F_ENCIV_H2I (que ahora corresponde a la relación de distancia pseudologarítmica visualmente uniforme de PB_IDR/PB_HDR vs. PB_SDR/PB_HDR, es decir, de, p. ej., $v(100/5000)/v(500;5000)=0,54/0,72$ [en donde $v(x;y)$ es la función de la ecuación 1 con abscisa x, y un RHO correspondiente a y a través de la ecuación 2]). Podría imaginarse

que continuar el comportamiento de regraduación, de cualquier situación de PB_D más alta a inferior, a través del mapeo de procesamiento de identidad PB_HDR a PB_HDR, produciría curvas que se volverían abruptamente descendentes, de hecho, para las curvas de mapeo de luminancia para especies se convertirían matemáticamente en abcaras. De hecho, la función necesaria para extrapolar cualquier imagen IDR recibida (basada en la función de mapeo de luminancia inicial F_H2S como se recibe en los metadatos, mediante el uso del mecanismo de adaptación de visualización del Capítulo 7,3 de ETSI2) F_E_I2S sería la función de espejo obtenida al reflejar alrededor de la diagonal de F_ENCINV_H2I (y viceversa).

Por consiguiente, lo que queda, dado que se quiere reusar los mecanismos de cálculo estándar ETSI2 para implementar la funcionalidad SLHDR2PLUS, es definir el codificador correspondiente, como se aclaró con la **Figura 18.**

P. ej., la SG de F_ENCINV_H2I está en la definición de abcara $1/SG * L_{in_X}$.

En términos de SG_COD (es decir, la codificación definida por ETSI de la SG de ganancia de sombra físicomatemática anterior), obtenemos (SG_COD=SGC*255/2 junto ETSI1 ec. C23 exposure=SGC/4 +0,5 junto C24 expgain=v(PB_HDR=5000/PB_target=500; PB_target) junto ec. C27 SG=expgain*exposure):

$$1/[(SGC/4+0,5)*v(5000/500;500)]=(X/4+0,5)* v(500/5000;500) \text{ [Ec. 24]}$$

Por resolver para el control de ganancia de sombra de para desconocido X (es decir, X es el SG de F_ENCINV_H2I).

Es decir, el decodificador define cómo, para la selección de F_H2S de cualquier graduador, será la forma F_E_I2S (mediante el uso del algoritmo ETSI2 7,3), pero debemos interpretar eso como una abcara ETSI1, de tal manera que podemos

relacionar esa abcara con el correspondiente para inverso necesario F_ENCINV_H2I para usar en última instancia, en el nuevo codificador SLHDR2PLUS, el para correspondiente para calcular las luminancias de imagen IDR (en una primera modalidad preferida de este enfoque de especies específicas del enfoque genérico

5 SLHDR2PLUS, es decir, los cálculos derivados de funciones de mapeo de luminancia mediante el uso del segundo brillo máximo; las compensaciones de blanco y negro se ignorarán en esta especie, al menos en el subrango HDR<>IDR porque serán aplicables al subrango HDR<>SDR de los diferentes espectros de imágenes PB_C como se muestra en la Figura 7).

10 Ahora, en la práctica, el codificador funciona en el otro orden (pero con las mismas relaciones obedecidas para mantener el sistema compatible con ETSI2). El adaptador de canal 1801 calcula (a partir de la forma de función $F50t1$ recibida) el para necesario para transformar los lumas L_HDR en p. ej., lumas PB_C L_IDR de 500 nits (puede usarse la matemática de adaptación de canal de la modalidad anterior descrita

15 anteriormente, pero después ignorar la adaptación WLO y BLO, es decir, el para solo funciona entre dos representaciones de lumas 0-1,0 sin ninguna compensación involucrada, simplemente por aplicar un para). El inversor 1802 calcula el abcara correspondiente mediante el uso del inverso de la Ec. 24 (es decir, con $1/X$ a la izquierda que se calcula dado un SGC conocido en el lado derecho de la ecuación). Este es el

20 mapeo que reconstruirá los lumas de píxeles L_HDR a partir de los lumas L_IDR como se reciben. Asumimos que, p. ej., un WP permanece constante a lo largo de la cadena de definición del códec, el inversor 1802 calculará, por lo tanto, la ganancia de sombra SG_abc y la ganancia de iluminación HG_abc del abcara. La pista inferior que hace la gestión de metadatos necesitará en última instancia calcular el F_L_IDR ($= F_I2S$), de

25 manera que el adaptador 1803 determine la función de mapeo necesaria F_I2S (en particular su SG_IDR y HG_IDR) mediante la aplicación en la dirección inversa el algoritmo de ETSI2 7,3 (realizando la transformación restante F_I2S de la

transformación total F_{H2S} , si ya se ha realizado una regraduación de luminancia parcial a los luma de la imagen IDR mediante el uso de F_{ENCINV_H2I}).

Como ya se mencionó anteriormente, en algunos escenarios puede suceder que el valor de HG_IDR se encuentra por encima de lo que puede codificarse conforme a ETSI2 como HG_COD . Lo que puede hacerse en un escenario de este tipo es limitar dicho valor del HG_IDR a su máximo, y volver a través de la cadena a lo que eso significa, en particular, a qué función F_{H2S} del graduador original le correspondería. Después, todos los cálculos pueden reiniciarse a partir de esa situación, y eso es lo que realizan las unidades opcionales que se muestran con guiones en una línea de procesamiento consecutiva.

La **Figura 22** explica qué realiza el limitador 1804 al reformar la curva de mapeo de luminancia. En la línea con puntos mostramos el F_{H2S} inicial, y cómo a partir de esto con el algoritmo de adaptación de canal fijo puede derivarse una función F_{ENCINV_H2I} , y cómo puede derivarse la función de regraduación parcial restante (original) F_{I2S_or} (el F_{IDR} original en caso de que no hubiera limitaciones específicas adicionales en ETSI2 como se formula actualmente, requiriendo un enfoque de modalidad específico más detallado como se explica ahora). El HG_IDR_or de esta función, dado que este es un enfoque completamente nuevo en la codificación de video HDR, puede no encajar en la definición HG_COD , es decir, requerir un valor por encima de su máx. de 8 bits 255 que pueda comunicarse en una señal codificada de video HDR compatible con ETSI2. Por consiguiente, el HG_IDR_or debe reducirse como máximo al valor todavía codificable limitado HG_IDR_LIM (que en las modalidades actuales de ETSI2 es 2,0, pero esto no es una limitación fundamental del enfoque). Esto crea un para que tiene un segmento lineal de iluminación algo más cerca del límite horizontal superior ($L_{out_X} = 1,0$), que corresponde a imágenes IDR algo más brillantes, pero eso no es un problema fundamental (como mencionamos anteriormente, hay alguna posibilidad de relajación en el sistema para diseñar diversas variantes). Significará que las regiones de

luminancia más altas en una imagen de escena HDR obtienen una representación IDR de menor contraste (aunque el HDR maestro original es completamente recuperable, y el aspecto SDR y todas las graduaciones MDR también se verán bien), pero eso no es un problema actual ya que estamos graduando maestros PB_C HDR superiores, y
5 esto corresponde a lo que está, p. ej., en el rango de 3000-5000 nits, que típicamente serán lámparas y similares, que pueden sufrir un pequeño deterioro (ya que de todos modos siempre se necesita algún mapeo deteriorado, y es algo que se espera para tales regiones ultrabrillantes). El segundo adaptador de canal 1805 aplicará todas las matemáticas anteriores nuevamente, pero ahora con la situación HG_IDR limitada (por
10 lo que primero puede calcularse un F_H2S equivalente, que como se dice en esta categoría de modalidades, puede realizarse al extrapolar el F_I2S_LIM limitado a un PB_D=PB_Mster_HDR, y después la adaptación de canal puede aplicarse nuevamente).

Este F_H2I_LIM resultante (es decir, mapeo de luma L_HDR a luma
15 L_IDR) ahora puede aplicarse mediante el mapeador de luminancia de píxeles de imagen 1806 para determinar píxel a píxel todos los luma IDR (o de hecho, mediante el uso del procesamiento cromático de ETSI2, es decir, el C_LUT definido allí correspondiente a la forma de la función de mapeo de luma F_H2I_LIM, todos los colores IDR YCbCr). Finalmente, el determinante de metadatos IDR 1807 calcula el
20 conjunto completo de metadatos para realizar la regraduación basada en metadatos compatibles con ETSI2 a imágenes PB_C inferiores (para cualquier visualización PB_D), inferiores de lo que es PB_IDR (o por extrapolación superiores que PB_IDR). De manera que, nuevamente, SG_IDR, HG_IDR y WP_IDR se determinan de acuerdo con cualquiera de las combinaciones posibles que forman una modalidad como se
25 explicó anteriormente. Ahora también se determinan BLO_IDR y WLO_IDR (como se explicó anteriormente, una luma particular en el eje del luma Mster_HDR puede mapearse a 1,0 en el eje del luma de SDR, y esto puede reformularse como un mapeo

de un luma IDR adecuadamente escalado, es decir, definiendo la WLO_IDR, y similarmente para el BLO_IDR).

Por último, la curva personalizable puede optimizarse para la nueva situación de metadatos IDR, mediante el optimizador de curvas personalizable 1808 (en caso de que se usen curvas personalizables porque algunas variantes de modalidad de tecnología de códec de submercado tales como, p. ej., la transmisión de la vida real puede haber elegido no usar nunca curvas personalizables, y después se aplica la matemática de compensación anterior para+).

La **Figura 19** aclara cómo funciona la adaptación de una curva personalizable. Siempre se compone por dos componentes conceptuales (ya sea directamente aplicado en una sola dirección o invertido). El primer componente puede entenderse concentrándose en un objeto: suponga por un momento que uno de los puntos de control de la curva personalizable del segmento multilineal corresponde a un par de pantalones (por lo que el luma x_{011} normalizado L_{in_S} específico es, p. ej., el luma promedio de todos los píxeles de los pantalones). Se usa una transformación, p. ej., para iluminar los píxeles de aquellos pantalones (alrededor y en particular el del punto de control), para generar lumas normalizados que sean mejores lumas para esos pantalones, de acuerdo con el graduador humano (o software autómatas). También vemos en la Figura 4 que en el enfoque ETSI esto ocurre como una última etapa de codificación de graduación fina (opcional) en el codificador (unidad 405), y correspondiente a una primera etapa en el decodificador. De manera que, en realidad, esta transformación de lumas se define de hecho en el dominio de lumas de SDR (después del mapeo de luma de HDR a SDR aproximado de la compensación para+, si la hubiera).

De manera que puede razonarse que cualquier luma necesita una transformación (¡para ese objeto!) que puede escribirse multiplicativamente como $L_{out}=m(L_{in_SDR}) * L_{in_SDR}$.

El cambio de luma multiplicativo necesario (porcentaje) puede ser diferente en cualquier otra imagen, p. ej., la imagen IDR, pero una cosa en la que debería poder confiarse es que la corrección de una graduación fina corresponde a un “objeto” específico que necesita una nueva graduación (incluso si la curva personalizable se usa para otro de sus beneficios además de la graduación fina de objetos en particular, p. ej., la mejora de la forma de la curva de mapeo de luminancia de graduación aproximada todavía puede interpretarse físicamente como una mejora basada en objetos, ya sea mediante la definición de un conjunto de objetos virtuales correspondientes a algunos subrangos). De manera que si se rastrean los objetos a otro rango de lumas de DR, el valor de abscisas normalizado puede cambiar, pero no la esencia central del objeto (p. ej., el hombre en la motocicleta tiene un luma normalizado diferente en HDR, es decir, 5/5000 que en SDR, concretamente, 5/100). De manera que tenemos que recalcular la función para esa nueva distribución de posición de lumas normalizada (esto puede hacerse para cualquier cantidad de funciones de mapeo de luminancia de regraduación parcial intermedia, incluso en diversas pistas parciales ascendentes o descendientes, por más complejo que le gustaría diseñar una modalidad de codificación de video HDR). De manera que la Figura 19a muestra esto generalmente: luma del objeto SDR original (p. ej., un punto final de un segmento lineal de la curva personalizable) x_{o1I} se mueve a x_{o1N} (esto sucedería aplicando, p. ej., el $abcara$ que es el inverso de F_{I2S} de la Figura 20. Lo mismo ocurre con otros puntos, p. ej., el punto de segmento del pentágono (típicamente puede suponerse que hay suficientes puntos de segmento bien distribuidos, p. ej., 16, de los cuales, p. ej., 10 pueden configurarse automáticamente con el software de graduación si el graduador, p. ej., aplica una regraduación personalizada lineal aproximada a un subrango relativamente grande de los lumas más oscuros). De manera que habiendo modificado todos estos puntos, ahora puede definirse, desde la curva CC_{gr} original del graduador de metadatos de contenido maestro (F_{H2S} con CC en el rango de luma de SDR) una curva intermedia

CC_XRM, mediante la aplicación de las compensaciones CC_gr originales, es decir, $L_{out_SDR}=CC_gr[L_{in_S}]$ donde los valores L_{in_S} eran los valores originales $xo1I$, etc. (pero ahora los valores L_{out} se aplican a las posiciones de luma IDR remapeadas $xo1N$ (produciendo la curva punteada). Por supuesto, estos no serán los multiplicadores de mapeo apropiados de HDR a IDR (o más exactamente IDR a IDR), de tal manera que la corrección se realiza en la etapa 2, como se ilustra en la Figura 19b.

Como podemos ver nuevamente en la Figura 19b, la corrección fina multiplicativa puede interpretarse como un proceso escalable que cambia entre ninguna corrección (los luma de píxeles $Mster_HDR$ ya son correctos por definición porque para comenzar el creador de contenido calificó óptimamente esta imagen) a la corrección completa para la imagen PB_C más extremadamente diferente (de $Mster_HDR$) en el espectro de imágenes regraduadas, que en el enfoque del solicitante suele ser la imagen SDR de 100 nits (en la que la corrección completa para un píxel en particular es, p. ej., $mso1$, que puede escribirse como una compensación absoluta, pero también como una corrección multiplicativa $yio1=mso1*xso1$ (cualquier forma de curva de mapeo de luma $yio1=F_L(xso1)$ puede formularse como una curva de valores de multiplicación dependientes de luma).

Dado que la vista de corrección multiplicativa puede formularse como compensaciones de la diagonal donde $yio1=xso1$, puede introducirse un factor de escala vertical:

$$ScaleVer = \max [(1-La)/(1-K); 0] \quad [Ec. 25]$$

Con La y K definen como se describió anteriormente.

Los valores necesarios y adaptados de la curva personalizable se encuentran como:

$$y_{iDA} = \text{Min}[(y_{io1} - x_{so1}) * \text{ScaleVer} + x_{io1}; 1] \quad [\text{Ec. 26}]$$

y esto se calcula para todos los valores de x_{so1} .

La **Figura 27** proporciona otra forma de determinar el segmento de puntos extremos de una curva de graduación fina personalizable en una manera técnicamente elegante para los decodificadores. Ya describimos cómo pueden recalcularse los parámetros de la curva para de graduación aproximada (y si presenta una compensación en blanco y/o negro, pero simplificaremos la explicación centrándonos en el para). Suponemos que el para hace la graduación aproximada desde cualquier rango dinámico inicial, hasta el rango dinámico final, p. ej., el rango dinámico LDR. La compensación de blanco y negro puede tener en cuenta las discrepancias de rango normalizado si es necesario, por lo que la curva personalizable solo trata de reposicionar las luminancias relativas de regímenes específicos a lo largo de los ejes normalizados. Por consiguiente, la curva comenzará en (0,0) respectivamente terminará en (1,1), y tendrá algunos puntos de conector de segmento en el medio en los puntos determinantes de la forma de la curva del Ejemplo 2 (p. ej., (x_1, y_1)). También tiene sentido que en cualquier representación, y en la regraduación de esta, el número de segmentos y puntos lineales sea igual, ya que la naturaleza de los regímenes no cambia (el régimen de colores más oscuros, p. ej., en interiores, puede terminar en un luma diferente (perceptualmente uniforme típicamente) normalizado en, p. ej., una imagen de PB_C de 200 nits que en una imagen de PB_C de 1500 nits, pero el hecho de que existan dos regímenes, interiores y exteriores, no cambia en las graduaciones.

Por consiguiente, para una redeterminación de la forma de una función de regraduación multilineal, solo necesitamos encontrar los puntos finales correspondientes (x_{new} , y_{new}).

Podemos hacer uso de otra propiedad para cumplir (idealmente), concretamente, si se regradúa directamente la imagen HDR maestra con la función de tramo total FL_50t1 (que en este caso consistirá en dos funciones a aplicar

consecutivamente: un para total 2710 y una función multilínea total 2711), o se hace la reg graduación en dos etapas, primero desde el maestro de 5000 nits al IDR de 700 nits (nuevamente usando dos funciones: una generación de IDR para 2701 y una función multilínea de generación de IDR 2702), y después de ahí bajar los grados a la imagen LDR de 100 nits (con el canal para 2703 y la función multilínea del canal 2704), el resultado debe ser el mismo: la misma imagen LDR porque esa es la imagen LDR que siempre debería hacerse para la imagen HDR maestra, es decir, la que el creador de contenido ha codificado y comunicado (con las formas de función de mapeo de luminancia de degradación). Es decir, cualquiera de todas las posibles luma de entrada HDR normalizadas $x1_MH$ que se elija, el luma de salida LDR final debe ser la misma. Por consiguiente, esto también será cierto para los luma de entrada que se asignan (a través de las asignaciones anteriores) a una coordenada x del canal multilínea: $x1_CH_L$. Esto puede usarse para recalcular segmentos, ya que al tener la igualdad en las coordenadas ordenadas y , solo se necesita calcular un x_new para el segmento particular de la curva personalizada multilínea correspondiente en el otro rango dinámico.

De manera que en el lado de codificación para cualquier entrada $x1_MH$ puede calcularse el Y_CHA adaptado al canal mediante la aplicación del algoritmo estandarizado escalado. Este valor Y_CHA formará la coordenada x de entrada correspondiente del siguiente bloque, que entra en un parámetro determinado por el canal PB_C , cuyas ecuaciones proporcionamos anteriormente. El valor $y1_CH$ ya se conoce, ya que es igual al valor $y1_L$ para la reg graduación total de 5000 nits a 100 nits, que por supuesto en el lado de codificación, en contraste con el lado de decodificación, se conoce directamente (fue hecho por el graduador humano, p. ej.). Haciendo esto para todos los puntos de la función multilínea, se obtienen todos sus parámetros de caracterización, que se escribirán en la señal de video (como parte de F_I2sCI).

En el lado del decodificador, puede usarse nuevamente el mismo razonamiento para llegar a un algoritmo algo diferente, ya que ahora deben calcularse

algunos parámetros desconocidos. De manera que ahora los valores $x1_ML$ correspondientes a los valores $x1_CH_L$ recibidos, por lo tanto, conocidos, deben calcularse porque la primera etapa fue recuperar la(s) función(es) de regraduación total. Típicamente hay una precisión digital de las funciones, p. ej., 256 valores x cuantificados (es decir, no los específicos, p. ej., dos o tres puntos entre segmentos, sino todos los puntos, por lo que también los puntos en las líneas intermedias), por lo que simplemente puede construirse numéricamente una tabla LUT para todos los puntos de la curva personalizable como se personalizó, es decir, se conoce el $y1_L$ de esa curva, el $x1_ML$ necesario corresponde a $x1_CH_L$.

10 Al mapear desde los lumas de LDR a IDR, obtenemos el $x1_CH$ para cualquier $y1_CH$, y ese valor puede mapearse inversamente a través del para 2703. También podemos determinar cuál de todos los posibles valores $x1_MH$ se corresponde con este valor Y_CHA , si conocemos el para 2701 y el multilíneal 2702. Sabemos desde arriba cómo calcular el para 2701 desde los metadatos de función
15 recibido del lado del decodificador como se explicó anteriormente. No conocemos el 2702 multilíneal (todavía), pero actualmente no es necesario. Porque sabemos que la curva personalizada 2702 también sigue la ecuación de escala vertical del algoritmo estandarizado. Cualquier $X1_MH$ probado puede convertirse en un X_CHA correspondiente, y el valor Y_CHA correspondiente (y necesario) al mismo se deriva
20 de: $Y_CHA = (y1_L - x1_ML) * scaleVer + X_CHA$, y $x1_ML$ puede calcularse a partir de $x1_MH$ aplicando el para 2710 total.

 Por consiguiente, se encontrará exactamente un valor correspondiente $x1_MH$ respectivamente $x1_ML$, que recuperará la función multilíneal total 2711. Debido a que después se conoce la regraduación total y la
25 regraduación de la parte del canal, la regraduación restante, es decir, entre el maestro de 5000 nits y el IDR de 700 nits, también puede determinarse, por lo tanto, todo se decodifica, es decir, se determinan las funciones, y puede comenzar el

procesamiento de todos los colores de píxeles de la imagen IDR, como se explica en la Figura 26.

La Figura 26 nuevamente aclara conceptualmente de manera resumida para asegurar un mejor grado de comprensión para el lector, todo lo que el lector experto podría encontrar en las explicaciones detalladas anteriormente. Los cuadros de pista superiores tratan sobre el recálculo de metadatos, es decir, las diversas etapas de las diversas determinaciones de la función de mapeo de luminancia (la unidad inferior 2650, etc. son las que realizan el procesamiento de color de píxeles real). Ahora se ve bien el cálculo de dos etapas, correspondiente a la aplicación de algoritmo estandarizado en la unidad de función HDR 901, respectivamente la determinación de función del generador de función de mapeo IDR 903 en el codificador, pero ahora desde el lado del decodificador de video SLHDR2PLUS. Como se explicó, los decodificadores obtienen la función F_{I2sCI} que especifica el comportamiento de regraduación de luminancia entre la imagen IDR elegida recibida con su brillo máximo de canal PB_{CH} y la graduación de 100 nits. Pero necesitamos determinar la función de tramo más grande, entre 100 nits y un brillo máximo HDR maestro de, p. ej., $PB_{C_H50} = 6000$ nits, es decir, la función FL_{50t1} (o más precisamente la función de forma inversa de la que se usa en el lado de codificación), que será la función original calculadora 2601. Pero todavía no hemos llegado a ese punto, queremos decodificar las luminancias normalizadas IDR (o más precisamente, en nuestra topología de decodificación típica, lumas de píxeles normalizados perceptualmente uniforme) en las luminancias reconstruidas del HDR maestro. Por lo tanto, ni el F_{I2sCI} recibido originalmente, ni la función FL_{50t1} , que determina la regraduación entre el maestro PB_{C_H} de 50 nits y 100 nits, ni la imagen IDR de PB_{CH} y ninguno de los otros dos, por lo que debemos determinar la función F_{IDRt50} para aplicar al luma de píxeles de IDR tal como se reciben para obtener los luma de píxeles de imagen HDR maestra reconstruida (perceptualmente uniforme) $YpMstr$, que es lo que hará el determinante de función de reconstrucción

2602. Hemos mostrado la posibilidad de adaptación de visualización como una
 unidad de cálculo de función de optimización de visualización discontinua 2603,
 porque como se dijo, aunque típicamente también se habilitará en nuestros circuitos
 integrados de decodificación SLHDR2PLUS de capacidad completa, en principio es
 5 opcional para una decodificación SLHDR2PLUS. El brillo máximo del canal PB_CH
 se usará para convertir luminancias de píxeles IDR normalmente codificadas (p. ej.,
 YCbCr de 10 bits) en lumas de píxeles IDR perceptualmente uniformes Y_{pIDR} sobre
 el cual típicamente haremos nuestro mapeo de luminancia reconstructivo en
 nuestros IC de SLHDR2PLUS preferidos (aunque la persona experta entenderá
 10 cómo podrían incorporarse los principios de la presente invención en circuitos o
 software alternativos que no apliquen uniformización perceptual u otro método, etc.).
 El uniformador perceptual 2650 aplica las ecuaciones 1 y 2 con $PB_C_H = PB_CH$.
 El mapeador de luminancia 2651 reconstruye los lumas de la imagen HDR maestra
 simplemente al aplicar la función determinada, es decir, $Y_{pMstr} = F_{IDRt50}(Y_{pIDR})$.
 15 En caso de que se necesite una adaptación de la pantalla para crear, p. ej., una
 imagen PB_C de 350 nits, el optimizador de visualización 2652 solo se aplica a la
 función de optimización de visualización determinada, lo que produce lumas de
 píxeles optimizados de visualización: $Y_{glim} = F_{DO}(Y_{pMstr})$. Estos pueden
 convertirse a luminancias de píxeles normalizadas reales L mediante el linealizador
 20 2653, que aplica las ecuaciones inversas 1 y 2, pero ahora con, p. ej., PB_C_DO de
 350 nits de la optimización de visualización en lugar de PB_CH. Finalmente, puede
 haber opcionalmente un generador de código de luma adicional 2654 que aplica el
 EOTF de cuantificador perceptual de SMPTE 2084 para proporcionar lumas de
 salida YPQ en el popular formato HDR10.

25 En la **Figura 28** se proporciona una especificación ilustrativa de
 procesamiento cromático (es decir, que afecta a la saturación de los colores de los
 píxeles en lugar de las luminancias). Suponemos que se usa una topología de aparato
 de procesamiento (p. ej., típicamente un circuito integrado, dentro de algunos, p. ej.,

dispositivos de consumo) como se muestra en la Figura 15, en la que el procesamiento de croma (multiplicador) necesita obtener el valor multiplicativo apropiado para cada píxel, o más precisamente cada color de píxel posible YCbCr. Este valor se determina mediante la unidad de determinación de procesamiento cromático 1551 mediante una
5 función que permite presentar un valor diferente para diferentes valores de luminancia de píxeles, es decir, permite la modificación de la saturación diferencial a lo largo de la gama de colores, es decir, específicamente a lo largo de la altura Y de la gama de colores.

Un ejemplo de una función de este tipo $F_C(X_i)$, donde X_i es ahora la
10 representación normalizada de Y en una escala que termina en p. ej., 1,0 representa típicamente un valor fijo de 10.000 nits, se muestra en la Figura 28. Es una curva de segmento de líneas múltiples (como un ejemplo meramente no limitante) que define para varias lumas de píxeles posibles el factor de saturación ($Y_s = F_C(X_s)$, p. ej., 0,33). En este ejemplo, un valor de $\frac{1}{2}$ significa identidad de croma, es decir, ni una intensificación ni
15 una dilución de la saturación. En este ejemplo específico, los valores inferiores a 0,5 definen una intensificación de croma, y valores superiores una reducción de la saturación; por consiguiente, vemos que esta particular curva de especificación de ganancia de saturación $F_C(X_i)$, que, p. ej., un creador de contenido humano o un autómata puede seleccionar libremente de cualquier forma dependiendo de las necesidades de la escena
20 HDR en particular y sus imágenes (p. ej., una calle en la noche con letreros de colores TL, o una explosión ardiente que necesita otro ajuste cromático óptimo para convertir una imagen de un primer rango dinámico de luminancia en una imagen de salida óptimamente correspondiente de un segundo rango dinámico de luminancia diferente), reduce la saturación para objetos más brillantes para que encajen en la punta de la gama, p. ej.

25 En este ejemplo, asumimos que nuestra imagen HDR maestra original tenía un brillo máximo codificable, o luminancia de píxeles máxima, de 4000 nits, que corresponde a algún valor de PQ uniforme normalizado $PQ_4000 = 0,9$.

Dado que no hay nada en esa imagen HDR maestra por encima de 4000 nits, en principio no se necesita especificar valores de intensificación de saturación por encima de 4000 nits, pero puede, p. ej., especificarse para que se mantengan constantes e iguales al valor Y_{s3} de 4000 nits. Vemos que la curva de especificación de intensificación de saturación original, denotada por s pequeñas, se define por puntos (X_{s1}, Y_{s1}) , (X_{s2}, Y_{s2}) , etc., en los que la coordenada X es un luma normalizado (en el eje perceptualmente uniforme, en este ejemplo usando el SMPTE 2084 EOTF), y la coordenada Y representa el factor de impulso multiplicativo aplicable para ese valor X , es decir 0,88, que se multiplicará por C_b y C_r similarmente.

Esta situación inicial, y la función de ganancia de saturación original 2801, define cómo deben procesarse los cromas de los píxeles al pasar del primer rango dinámico de referencia, en este caso PB_C HDR de 4000 nits, al segundo rango dinámico de referencia, que en este ejemplo es la típica imagen PB_C_SDR de 100 nits con lumas de píxeles y cromas C_b , C_r .

La tarea de SLHDR2PLUS es nuevamente representar esto como un procesamiento diferente relacionado con el canal PB_C, p. ej., si $PB_{CH} = 600$ nits, necesitamos encontrar una curva de especificación de intensificación de saturación de **canal** 2804, que corresponde a la curva de especificación de intensificación de saturación original 2801 en el que aplica el mismo cambio de croma de color si tuviera que comenzar desde la imagen IDR de comunicación del canal correspondiente a la imagen HDR maestra original.

Es decir, si se asigna cualquier píxel de la imagen HDR maestra (Y_{HDR} , C_b_{HDR} , C_r_{HDR}) a cualquier color de rango dinámico secundario, p. ej., un píxel SDR (Y_{SDR} , C_b_{SDR} , C_r_{SDR}), o un color de píxel correspondiente para una imagen MDR de 250 nits para conducir óptimamente una pantalla PB_D de 250 nits (Y_{MDR2} , C_b_{MDR2} , C_r_{MDR2}), es decir, esto involucra lo especificado y típicamente como función(es) de mapeo de lumas comunicados conjuntamente y la función F_C original, después debería obtenerse exactamente lo mismo o al menos

aproximarse, p. ej., (Y_MDR2, Cb_MDR2, Cr_MDR2) color(es) de píxel al comenzar desde los colores de la imagen del canal (Y_CDR6, Cb_CDR6, Cr_CDR6), pero después al aplicar la curva de especificación de intensificación de saturación de canal correspondiente 2804 (es decir, esa función puede cargarse en la unidad de determinación de procesamiento cromático 1551 y el aparato puede comenzar a procesar en masa los píxeles entrantes); y también el mapeo correcto de luma de canal, como se explica en detalle en las diversas modalidades posibles anteriormente.

Y lo que es más interesante, los decodificadores que se suministran con estas funciones de mapeo de luma y croma relacionadas con el canal PB_C deberían poder reconstruir la situación original (en particular, determinar la curva de especificación de intensificación de saturación original a partir de la curva de especificación de intensificación de saturación del canal como se recibió), p. ej., recuperar la imagen HDR, etc., o incluso realizar cualquier mapeo ascendente o descendente a cualquier rango dinámico secundario (MDR), pero comenzando desde la imagen IDR tal como se recibe y sus colores de píxeles (y preferentemente mediante el uso de la misma topología de procesamiento de píxeles, preferentemente el que se muestra en la Figura 15).

En el lado de codificación, la imagen IDR para la comunicación del canal puede generarse al hacer, p. ej., mapeo de PB_C_master_HDR de 4000 nits a PB_CH de 600 nits de los lumas normalizados como se aclara con cualquiera de las modalidades anteriores en la parte de mapeo de luma (ver, p. ej., el F_H2hCI de la Figura 9). Esto se muestra por el movimiento horizontal a lo largo de la distancia PL (Xs2) del punto de segmento de función maestra original 2802 al punto de segmento adaptado al canal 2803 (el efecto de esta modificación solo se muestra por la curva delgada de puntos discontinuos, que simplemente se muestra pero no se usa técnicamente). Dado que el mapeo de IDR de 600 nits a 100 nits realiza solo una parte del procesamiento cromático completo de 4000 a 100 nits, el codificador todavía

necesita calcular nuevos valores de salida Y para los puntos correspondientes a una modificación vertical (p. ej., el punto de valor de intensificación de croma adaptado al canal 2805, que corresponde al círculo sobre él, es decir, tiene el mismo valor Xc).

La función de intensificación de saturación necesita modificarse de una primera manera para mapear desde la representación del maestro al canal (p. ej., PB_C_MHDR = 4000 nits a PB_CH = 600 nits), y esto, de acuerdo con este ejemplo, se realiza preferentemente de la siguiente manera:

Primero, se calcula un factor de modificación de acuerdo con

$$MF = 1 - (\text{invPQ}[\text{PB_CH}] - \text{invPQ}[\text{PB_SDR}] / (\text{invPQ}[\text{PB_C_MHDR}] - \text{invPQ}[\text{PB_SDR}]) \quad [\text{Ec. 27}],$$

con en el ejemplo PB_SDR = 100 nits, e invPQ es la abreviatura de la función inversa del EOTF de PQ como se estandarizó en SMPTE 2084.

Posteriormente, se calcula una función adaptada al canal g (Xn) que se define como:

$$g(X_n) = F_C[X_n] * MF + (1 - MF) / R_s \quad [\text{Ec. 28}]$$

siendo Rs una constante que típicamente se elige como 2,0.

siendo Xn cualquier posible representación luminosa de escala de PQ normalizada de una luminancia de píxel, como se muestra en la Figura 28.

Un nuevo LUT para el procesamiento que se cargará en la unidad de determinación de procesamiento cromático 1551 puede, p. ej., en una modalidad preferida

definirse como

$$F_C_chadap[X_n] = \text{Min}\{LC0; (1 + MF * \text{POWER}[X_n; 2,4]) / (X_n * \text{Max}[R_s/255; R_s * g(X_n)]) * S\} \quad [\text{Ec. 29}]$$

F_C_chadap es la función de intensificación de saturación adaptada correspondiente al contenido original del creador F_C para el contenido de HDR maestro, pero para la PB_CH particular y la imagen de rango dinámico intermedio correspondiente, LC0 es una constante, que es, p. ej., preferentemente igual a 1/8, ENERGÍA indica la función de energía; Rs es otra constante, que preferentemente es igual a 2, y S es una constante dependiendo del número de bits, la longitud de palabra de los códigos de luma usa, $S=1/(\text{POWER}[2; \text{Wordlength}])$, p. ej., 1/1023 para imágenes de entrada de 10 bits.

Lo interesante es la función de energía en el numerador de Ec. 29. Este es un ejemplo de una función que funciona bien para corregir la no linealidad en el comportamiento de saturación que ocurre debido a la codificación de los luma y los cromas en un dominio definido por PQ (en contraste con el comportamiento normal de la raíz cuadrada, como la definición original de YCbCr en los tiempos de SDR/MPEG).

La primera etapa de modificación de la manera es solo el punto de partida para el cálculo adicional de la curva de especificación de intensificación de saturación 2804 (de hecho, esto hace “la mitad” del mapeo de 4000 nits a 600 nits, comenzando desde la especificación original de 4000 a 100 nits, pero en realidad estamos interesados en la curva de especificación de intensificación de saturación de 600 a 100 nits 2804, por lo que tenemos que dividir la acción total en dos partes y, habiendo calculado ya la primera parte en la primera etapa de modificación, ahora calculamos la parte restante de la totalidad).

Para obtener la curva 2804, el codificador SLHDR2PLUS tiene que hacer dos cosas.

Primero, necesita calcular nuevos puntos de definición para los segmentos lineales de la curva F_C_chacomm [Xc] 2804 (o similarmente con una representación de la curva F_C continua), rastreando tales puntos a través del mapeo de luma.

Es decir, cada punto original (de la curva F_C original de 4000-100 nits suministrada por metadatos) p. je., Xs2, necesita asignarse a un nuevo punto normalizado Xc2, etc.

5 Esto se hace aplicando el mapeo de luma total PL (Xs2) como se definió en cualquier situación de modalidad descrita anteriormente, es decir, la curva PL es la curva F_H2hCI de la Figura 9.

P. ej., si el mapeo de luma se definió solo con un para, se usará un para adecuadamente deformado (de acuerdo con las ecuaciones anteriores) para mapear las posiciones de luma normalizadas PB_C_MHDR de 4000 nits [indicadas con el subíndice s en la Figura 28] a las posiciones de luma normalizados PB_CG de 600 nits [indicadas con el subíndice c en la Figura 28].

Si el mapeo de luma también involucró una compensación de blanco y/o una forma de curva personalizada, etc., todo eso debe ajustarse similarmente a la situación de 600 nits, y las correspondientes posiciones de luma normalizados de 600 nits (Xc ...) deben calcularse desde donde comienza la definición de la curva 2804.

Pero el ajuste de croma para todas las posiciones Xc (redeterminadas), necesita hacer solo la parte restante para corregir desde 600 nits (o cualquier PB_CH de IDR) al nivel de referencia de rango dinámico más bajo que es típicamente PB-SDR de 100 nits.

20 Los valores de Yc se calculan de acuerdo con:

$$Yc = Ys / \{Rs * (Ys * MF + (1 - MF) / Rs)\} \quad [\text{Ec. 30}]$$

Téngase en cuenta que Ys=F_C y Xs.

25 Téngase en cuenta que esto solo explica la parte más importante de la curva, siendo la situación:

Xs <= invPQ [PB_C_MHDR], para completarse para PQ-lumas normalizados por encima de, p. ej., el valor de 0,9 correspondiente al ejemplo

PB_C_MHDR = 4000 nits, se usa preferentemente la siguiente ecuación para mantener una relación de escala correcta:

$$X_c = X_s \cdot \text{invPQ}[\text{PB_CH}] / \text{invPQ}[\text{PB_C_MHDR}] \quad [\text{Ec. 31}]$$

5

Los valores de Y_c para estos valores superiores de X_c se calcularán similarmente o se mantendrán constantes en el último valor relevante si esa parte de la curva no se usa en la práctica.

Finalmente, típicamente puede haber algún redondeo involucrado a algún nivel de cuantificación, p. ej. _

10

$$(X_{cr}, Y_{cr}) = \text{round}[255 \cdot (X_c, Y_c)] / 255 \quad [\text{Ec. 32}]$$

15

El decodificador SLHDR2PLUS necesita recuperar los pares originales (X_s, Y_s) de los pares transmitidos y recibidos (X_c, Y_c) respectivamente (X_{cr}, Y_{cr}) de la definición de la curva $F_C_chacomm [X_c]$ (es decir, la curva de especificación de intensificación de saturación del canal 2804).

Por tanto, se aplican las dos etapas inversas del codificador.

20

En primer lugar, el decodificador necesita reasignar los puntos de definición del segmento lineal de la curva de refuerzo de saturación desde sus posiciones X_c a X_s . Hemos mostrado anteriormente cómo calcular el mapeo de luminancia desde el IDR, p. ej., posiciones de luma PB_CH de 600 nits a las posiciones de luma de HDR maestro original, comenzando desde la función de mapeo de luma adaptada al canal como se recibe en metadatos comunicados juntamente con las imágenes IDR.

25

Llamaremos a esta operación en el dominio de PQ (como muestra la Figura 28 que los valores X_s y X_c se definen en el dominio PQ al aplicar SMPTE 2084):

$$X_s = PQICA(X_c) \quad [Ec. 33]$$

Con la forma de esta función de adaptación de canal inverso nuevamente dependiendo, entre otras cosas, de qué definición de la función de mapeo de lumas se usó, p. ej., para solo versus p. ej., para más curva personalizada y, por otro lado, los valores de parámetros específicos como ShadowGain que define el particular que es aplicable a una escena HDR de exploración de cuevas, etc. (todo eso se enseñó con todo detalle para las diversas modalidades anteriores).

La situación correctiva es nuevamente:

10

$$\text{If } X_c > \text{invPQ}(PB_CH) \text{ then } X_s = X_c * \text{invPQ}[PB_C_MHDR] / \text{invPQ}[PB_CH] \quad [Ec.34]$$

Los valores Y_s necesarios se calculan de acuerdo con:

$$Y_s = (MF - 1) * Y_c / (R_s * MF * Y_c - 1) \quad [Ec. 35]$$

Finalmente, el redondeo puede estar nuevamente involucrado, p. ej., a etapas de 1/255.

Por último, si bien esto es útil para reconstruir simplemente los colores de la imagen HDR maestra original (Y , C_b , C_r) a partir de la imagen IDR recibida, es ventajoso que el decodificador SLHDR2PLUS pueda convertir inmediatamente a (es decir, calcular los respectivos, p. ej., (colores Y_MDR2 , C_b_MDR2 , C_r_MDR2)) cualquier imagen de rango dinámico medio necesaria para conducir óptimamente un PB_D_MDR , p. ej., pantalla de 250 o 400 nits, y después, por supuesto, de una sola vez, es decir, a partir de los colores IDR adaptados al canal (Y_CDR6 , C_b_CDR6 , C_r_CDR6); es decir, p. ej., al cargar las funciones de procesamiento de lumas apropiadas (o un LUT, etc.) y la función de determinación de multiplicador de croma

F_C_MDR en la topología de procesamiento de color de píxeles como se ilustra en la Figura 15.

Para ello, la ecuación particular que define F_C de la Ec. 29 puede aplicarse ventajosamente.

5 Tanto el numerador como el denominador necesitan ajustarse a la nueva situación, es decir, un nuevo mapeo de cromas de PB_CH a PB_MDR, siendo este último, p. ej., 250 cuando se necesita suministrar una pantalla de 250 nits con la imagen optimizada de visualización óptima (de lo que una vez fue la imagen HDR maestra original, y en lo que respecta al decodificador, la imagen IDR de 600 nits
10 entrante correspondiente, ninguna de las dos es buena todavía para mostrar en una pantalla de 250 nits).

Para ello, en primer lugar se calculan dos factores de modificación:

$$MF_{ch} = 1 - (\text{invPQ}[PB_CH] - \text{invPQ}[PB_SDR]) / (\text{invPQ}[PB_C_MHDR] - \text{invPQ}[PB_SDR])$$

15 [Ec. 36]

$$MF_{do} = 1 - (\text{invPQ}[PB_MDR] - \text{invPQ}[PB_SDR]) / (\text{invPQ}[PB_C_MHDR] - \text{invPQ}[PB_SDR])$$

[Ec. 37]

Si CPL [Xc] es la función de mapeo de luma que se define como:

20 Para cada luma Xc de entrada normalizada definida por PB_CH:

Primero, se aplica el EOTF de PQ, después convertirlo al dominio perceptual mediante el uso de la función de perceptualizador de Philips (PPF, por sus siglas en inglés) con el parámetro RHO para el valor PB_CH, después se aplica la forma de la función de la función de mapeo de luma desde PB_CH de regreso a
25 PB_C_MHDR como se enseñó de acuerdo con cualquiera de las posibles modalidades y formas de función del creador de contenido, después se convierte a dominio lineal usando el inverso de la función de perceptualizador de Philips (PPF), pero ahora con el parámetro RHO para el valor PB_C_MHDR, y finalmente un EOTF

de PQ inverso de acuerdo con SMPTE 2084 para producir el valor CPL[Xc] correspondiente.

Después, una función CLY[Xc] se calcula como:

$$\text{CLY}[Xc] = (1 + \text{MF_do} * \text{POWER}[\text{CPL}[Xc]; 2, 4]) /$$

$$(1 + \text{MF_ch} * \text{POWER}[\text{CPL}[Xc]; 2, 4])$$

[Ec. 38]

Esto implica una corrección de la situación anterior (ya no aplicable) de esta parte de la función de definición de multiplicadores de croma (un C_LUT típicamente) que llamaremos función de corrección de posición de saturación (FSNL) a la nueva situación de esa ecuación para la optimización de visualización.

Después, se calculan dos funciones g de la siguiente manera:

$$\text{Gch}[Xn] = \text{F_C_}[\text{CPL}[Xc]] * \text{MF_ch} + (1 - \text{MF_ch}) / \text{Rs};$$

$$\text{Gdo}[Xn] = \text{F_C_}[\text{CPL}[Xc]] * \text{MF_do} + (1 - \text{MF_do}) / \text{Rs} \quad [\text{Ec. 39}]$$

15

(con F_C_[CPL [Xc]] el multiplicador de croma del creador del contenido original que produce la función de ganancia de saturación original 2801 calculada a partir de F_C_chacomm[Xc] la curva de ajuste de croma como se recibe en el decodificador SLHDR2PLUS en metadatos, es decir, correspondiente a la curva 2804, es decir, como se realiza, p. ej., por el cálculo anterior de los puntos (Xs, Ys)).

20

Finalmente, el C-LUT que produce los multiplicadores de croma apropiados para una optimización de visualización de IDR a MDR se calcula como:

$$\text{F_C_DO}[Xn] = \frac{\text{CLY}[Xc] * \max\{\text{Rs}/255; \text{Rs} * \text{Gch}[Xn]\}}{\max\{\text{Rs}/255; \text{Rs} * \text{Gdo}[Xn]\}}$$

25 [Ec. 40]

Esta función F_C_DO[Xn] puede cargarse directamente en la unidad 1551 antes del comienzo de una nueva imagen entrante para comenzar a ejecutar el procesador de color de píxeles para producir la imagen MDR optimizada de visualización

correcta a tiempo para la visualización o similar, p. ej., almacenamiento (el lector experto comprende que son posibles otras variantes de modalidad, pero después todos los cálculos deben modificarse en consecuencia).

Aunque se presentaron algunas modalidades/enseñanzas para aclarar
5 algunos de los aspectos que pueden variarse, solos o en combinación, puede entenderse que pueden formarse varias variantes adicionales siguiendo los mismos principios básicos: rederivar las ecuaciones de mapeo de lumas a partir de diferentes intermedios de metadatos de imagen de rango dinámico recibidos de conformidad con la comunicación de video ETSI2 HDR, o similar, para reconstruir una imagen HDR maestra
10 que se calificó óptimamente en un sitio de creación de contenido. Los componentes algorítmicos descritos en este texto pueden (en su totalidad o en parte) realizarse en la práctica como hardware (por ejemplo, partes de un IC específico de aplicación) o como software que se ejecuta en un procesador de señal digital especial, o un procesador genérico, etc.

15 Debería ser comprensible para el experto, a partir de nuestra presentación, qué componentes pueden ser mejoras opcionales y pueden ponerse en práctica en combinación con otros componentes y cómo las etapas (opcionales) de los métodos corresponden a los medios respectivos de aparatos, y viceversa. El término “aparato” en esta solicitud se utiliza en su sentido más amplio, es decir, un grupo de medios que permite
20 la realización de un objetivo particular y, por lo tanto, puede ser, p. ej., (un pequeño circuito parte de) un IC, o un dispositivo dedicado (tal como un dispositivo con una pantalla), o una parte de un sistema conectado a una red, etc. También se pretende que “disposición” se use en el sentido más amplio, por lo que puede comprender, entre otras cosas, un aparato único, una parte de un aparato, una colección de (partes de) aparatos en cooperación,
25 etc.

Debe comprenderse que la mención de un producto de programa informático abarca cualquier realización física de una colección de comandos que permita que un procesador de propósito especial o genérico, después de una serie de

etapas de carga (que pueden incluir etapas de conversión intermedias, tales como la traducción a un lenguaje intermedio y a un lenguaje del procesador final), introduzca los comandos en el procesador y ejecute cualquiera de las funciones características de una invención. En particular, el producto del programa informático puede ponerse
5 en práctica como datos en un portador, tal como, p. ej., un disco o una cinta, datos presentes en una memoria, datos que viajan a través de una conexión de red –por cable o inalámbrica–, o código de programa en papel. Además del código de programa, los datos característicos necesarios para el programa también pueden plasmarse como un producto de programa informático.

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

Cabe destacar que las modalidades mencionadas anteriormente ilustran en lugar de limitar la invención. Cuando el experto puede darse cuenta fácilmente de una
15 asociación de los ejemplos presentados con otras regiones de las reivindicaciones, no se han mencionado, para ser concisos, todas estas opciones a fondo. Además de las combinaciones de los elementos de la invención tal como se combinan en las reivindicaciones, son posibles otras combinaciones de los elementos. Cualquier combinación de elementos puede ponerse en práctica en un solo elemento dedicado.

20 No se pretende que ningún signo de referencia entre paréntesis en la reivindicación limite la reivindicación. La expresión “que comprende” no excluye la presencia de elementos o aspectos que no se enumeren en una reivindicación. Las palabras “un” o “una” que anteceden a un elemento no excluyen la presencia de una pluralidad de esos elementos.

25

Terminología y abreviaciones usadas:

PB_C: la luminancia máxima codificable de una imagen indicada genéricamente para cualquier situación, la C significa codificación (no confundir con la

profundidad de bits), p. ej., una imagen HDR puede tener un $PB_C_HDR = 4000$ nits (que también define todas las luminancias relativas a continuación, porque $L_norm = L/PB_C$, con L_norm una luminancia normalizada que se encuentra entre 0,0 y 1,0).

PB_D: la luminancia máxima visualizable (también conocida como
5 brillo máximo) de cualquier pantalla, p. ej., las pantallas HDR actuales típicamente tienen un PB_D de 1000 nits (pero los valores de hasta 600 nits o hasta 2000, e incluso 4000 nits también pueden comprarse actualmente, y en el futuro puede haber mayores PB_D).

IDR (rango dinámico intermedio): un mecanismo para representar una
10 imagen que se definió originalmente (es decir, la imagen maestra) con un PB_C1 , p. ej., 10.000 nits, en realidad como una imagen HDR secundaria con $PB_C2 < PB_C1$ (p. ej., típicamente un factor 2 o inferior, y PB_C2 típicamente ≥ 500 nits).

MDR (rango dinámico medio; ciertamente no debe confundirse con
IDR): una imagen con PB_C_MDR , típicamente se encuentra entre la PB_C de la
15 imagen HDR como se recibió (PB_C_H) y el $PB_C_SDR = 100$ nits (por definición acordada en el campo de video), cuyo valor de PB_C_MDR se ajusta igual al PB_D de cualquier pantalla (de esta manera, la imagen HDR entrante que tiene el rango dinámico incorrecto y, en consecuencia, lo que es más importante, la distribución estadística relativa incorrecta de lumas normalizados entre sí, puede reggraduarse
20 óptimamente para una pantalla disponible particular de capacidad de rango dinámico inferior, es decir, $PB_D < PB_C_H$)

Para: una función específica altamente pragmáticamente y útil para
mapear lumas definidos en un primer rango de lumas normalizado correspondiente
a un PB_C1 , a normalizado por PB_C2 , y la función se define anteriormente por las
25 ecuaciones 4 y 5, y el segmento intermedio parabólico, o formalmente en ETSI TS 103 433-1 V1.2.1 (2017-08) [ETSI1 para abreviar] p. 70 Ec. C-20.

Abcara: la función inversa de cualquier para (es decir, con los
parámetros que definen de forma única su forma), cuya forma inversa también puede

encontrarse intuitivamente intercambiando el eje (pero a veces necesita calcularse matemáticamente).

WLO (compensación de nivel de blanco): el luma normalizado en el rango de lumas normalizado (im1) de una primera imagen que se mapea a 1,0 en un segundo rango de lumas normalizado, por lo que $PB_C_im1 > PB_C_im2$. En esta aplicación hay 5 varias WLO diferentes para las diversas imágenes de diferentes PB_C a lo largo de la definición del proceso de codificación, por lo tanto, para diferenciarlos fácilmente se les da sufijos, como p. ej., WLO_gr.

BLO (compensación de nivel de negro): el luma normalizado en el rango 10 de lumas normalizado de una primera imagen que se mapea a 0,0 en un segundo rango de lumas normalizado, por lo que $PB_C_im1 > PB_C_im2$. En esta aplicación hay varias BLO diferentes para las diversas imágenes de diferentes PB_C a lo largo de la definición del proceso de codificación, por lo tanto, para diferenciarlos fácilmente se les da sufijos, como p. ej., BLO_IDR.

P_LUT: el mapeo total (compuesto de regraduaciones parciales en 15 nuestro enfoque de códec como se explica en la Figura 4) necesario para convertir cualquier luma normalizada posible de una primera imagen en un luma normalizado correspondiente de una segunda imagen, por lo que $PB_C_im1 \neq PB_C_im2$ (típicamente al menos un factor multiplicativo 1,02 diferente). Debido a que P_LUT [L], 20 que típicamente depende del contenido de la imagen y, p. ej., optimizado por un humano o autómata de análisis de imágenes inteligente, cambia la distribución relativa de los lumas normalizados, es decir, el histograma, es un aspecto clave de una transformación de rango dinámico, p. ej., el involucrado en la definición de imagen IDR que es clave en la actual filosofía del nuevo códec HDR.

C_LUT: un mapeo dependiente de los lumas de los píxeles de las 25 crominancias (también conocidas como cromas) de los colores de los píxeles, junto con el P_LUT que completa la transformación de color ($YCbCr_out = T[Y_cbCr_in]$)

La función de perceptualizador de Philips (PPF): una función (como se define en la Ec. 1) dispuesto para las luminancias convertidas paramétricamente definidas en un rango entre 0 y PB_C en luminancias perceptualmente uniformes, que es el valor PB_C a través del parámetro RHO , el parámetro de control de la forma de la función PPF y, por lo tanto, la asignación de los luma de codificación visualmente uniformes para las distintas luminancias de entrada.