República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 112021002187-6 A2

(22) Data do Depósito: 22/08/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 04/05/2021

(54) Título: CODIFICADOR E DECODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA, MÉTODO DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE UMA IMAGEM DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE ENTRADA RECEBIDA E MÉTODO DE DECODIFICAÇÃO DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE UMA IMAGEM DE FAIXA DINÂMICA INTERMEDIÁRIA RECEBIDA

(51) Int. Cl.: H04N 19/98; G06T 5/00; H04N 19/162; H04N 19/179.

(30) Prioridade Unionista: 05/09/2018 EP 18192636.1; 23/07/2019 EP 19187932.9; 27/05/2019 EP 19176732.6.

(71) Depositante(es): KONINKLIJKE PHILIPS N.V..

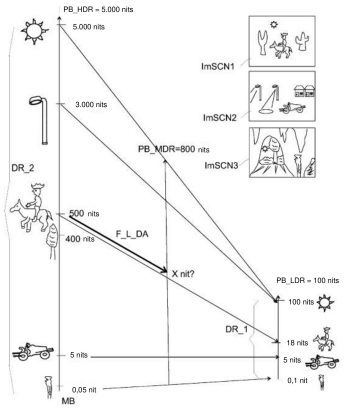
(72) Inventor(es): RENATUS JOSEPHUS VAN DER VLEUTEN; RUTGER NIJLAND; JOHANNES YZEBRAND TICHELAAR.

(86) Pedido PCT: PCT EP2019072536 de 22/08/2019

(87) Publicação PCT: WO 2020/048790 de 12/03/2020

(85) Data da Fase Nacional: 05/02/2021

(57) Resumo: CODIFICADOR E DECODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA, MÉTODO DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE UMA IMAGEM DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE ENTRADA RECEBIDA E MÉTODO DE DECODIFICAÇÃO DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE UMA IMAGEM DE FAIXA DINÂMICA INTERMEDIÁRIA RECEBIDA. Pelo menos algumas aplicações na cadeia de vídeo em HDR total desejam uma abordagem mais sofisticada, como um codificador de vídeo de alta faixa dinâmica (900), disposto para receber através de uma entrada de imagem (920) uma imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR) que tem uma primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50), sendo que o codificador é disposto para receber através de uma entrada de metadados (921) uma função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) que define a relação entre lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada e lumas normalizados de uma imagem de faixa dinâmica padrão correspondente (Im_LDR) tendo uma luminância de pixel máxima de 100 nits, sendo o codificador caracterizado por compreender adicionalmente uma entrada de metadados (923) para receber uma segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), e o codificador sendo caracterizado adicionalmente por compreender: - uma unidade de geração de função de HDR (901) disposta para aplicar um (...).



CODIFICADOR E DECODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA, MÉTODO DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE UMA IMAGEM DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE ENTRADA RECEBIDA E MÉTODO DE DECODIFICAÇÃO DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE UMA IMAGEM DE FAIXA DINÂMICA INTERMEDIÁRIA RECEBIDA

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A invenção se refere a métodos e aparelhos para codificar imagens de alta faixa dinâmica, e em particular vídeos que são sequências temporais de imagens que podem ser comprimidas de acordo com técnicas de compressão como MPEG-HEVC (por exemplo, radiodifusões de televisão), em particular com o uso de uma ou mais imagens de uma segunda faixa dinâmica (para comunicação para um decodificador) para representar uma ou mais imagens (mestre) de uma primeira faixa dinâmica, sendo que a alteração de faixa dinâmica envolve a alteração de luminâncias de pixel de imagem (por exemplo, de uma primeira luminância normalizada com o valor 1,0 para uma segunda luminância normalizada com o valor 1,0) mediante a aplicação de funções a serem comunicadas juntamente com a uma ou mais imagens da segunda faixa dinâmica, tipicamente como metadados.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] Cerca de 5 anos atrás, técnicas inovadoras de codificação de vídeo de alta faixa dinâmica foram apresentadas para o mundo (levando, por exemplo, a discos blu-ray HDR especiais serem assistidos em televisores UltraHD Premium de 1.000 nits).

[003] Essa forma inovadora de tratar imagens contrasta tecnicamente de muitas maneiras com a codificação de vídeo legada de acordo com a qual todos os vídeos eram codificados até então para os 50 anos anteriores, que é hoje

chamada de codificação de vídeo de faixa dinâmica padrão (SDR - "Standard Dynamic Range") (também conhecida como codificação de baixa faixa dinâmica; LDR - "Low Dynamic Range"). Para representar uma imagem, são necessárias representações digitalmente codificadas de cores de pixel, e a definição de código de luma da SDR (também conhecida como função de transferência optoelétrica (OETF - "Opto-electrical transfer function") da Recomendação (Rec.) 709 foi capaz de codificar (com palavras de luma de 8 ou 10 bits) uma faixa dinâmica de luminância de apenas cerca de 1.000:1, devido ao formato aproximadamente quadrado de sua função de raiz (luma: Y = raiz quadrada(Luminância L)). Isso, no entanto, era perfeitamente adequado para codificar imagens a serem exibidas nas telas daquela época com recursos de renderização de luminância típicos (de todas as telas disponíveis então) variando aproximadamente entre 0,1 e 100 nits, este último valor sendo o chamado pico de brilho (PB - "Brightness Peak"), também conhecido como luminância máxima.

[004] Considerando que a função de definição de código de luma da Rec. 709 não pode representar matematicamente a enorme variedade de luminâncias de imagens de cenas HDR (por exemplo, com um pico de brilho de codificação de imagem desejado de PB_C entre 0,001 nit e 10.000 nits), pesquisadores de HDR resolveram inicialmente esse problema por meio da criação de uma nova alocação de código de HDR que era muito mais logarítmica em formato, de modo que muito mais luminâncias poderiam ser codificadas (uma vez que o sistema visual requer menos precisão, isto é, menos valores de código para regiões mais brilhantes do que para regiões mais escuras, pode-se entender, portanto, que a alocação de, por exemplo, 50 códigos

de 2^8 = 256 (em que ^ denota a função de potência) para cada década (fator de dez) de luminância já permite codificar uma faixa dinâmica de 100.000:1). Essa é a maneira simples e "natural" de codificar cores de imagens em HDR, com uso da chamada função de quantizador perceptual (PQ) com padrão SMPTE 2084 (padrão da Society of Motion Picture and Television Engineers).

[005] Pode-se pensar, ingenuamente, que isso é tudo o que há em termos de codificação e decodificação de imagens em HDR, mas as coisas não são tão simples e, então, logo surgiram abordagens adicionais de codificação, em particular a abordagem anteriormente desenvolvida para codificação e manuseio de vídeo em HDR do presente requerente.

[006] Para se ter uma compreensão razoável do que está envolvido e é necessário na codificação de vídeo em HDR, a Figura 1 resume alguns aspectos importantes.

[007] Suponha que tenhamos no lado esquerdo a faixa de luminância de todas as possíveis luminâncias de HDR (decodificadas por PQ), até PB_C = 5.000 nits. Suponha por um momento que para fazer com que essa imagem tenha perfeitamente a aparência desejada, todos os pixels de objeto do que chamaremos de imagem em HDR mestre sejam criados em um computador (como começar, por exemplo, a partir de uma câmera de radiodifusão, será explicado abaixo com a Figura 2). Um problema com o codec de HDR natural (que simplesmente oferece uma tecnologia para codificar luminâncias de até 10.000 nits, isto é, também de até 5.000 nits conforme desejado neste exemplo), é que se o consumidor também tiver uma tela cara com pico de brilho de 5.000 nits (PB_D) (e se vir a imagem em condições ambientais de visualização padrão) ele poderá ver o

vídeo perfeitamente como o criador (por exemplo, o diretor do filme) pretendia, mas se ele tiver uma tela diferente (por exemplo, com PB_D = 750 nits, ou PB_D = 100 nits) então teremos um problema ainda sem solução e não tão simples de resolver, ou seja: como exibir uma imagem com PB_C de 5.000 nits em uma tela com PB_D de 750 nits? Parece não haver uma solução simples e elegante para isso. Aplicar exibição de luminância precisa exibirá perfeitamente todos os objetos com uma luminância de até 750 nits, mas irá recortar ("clipping") todos os pixels mais brilhantes do objeto para o mesmo PB_D de 750 nits, fazendo muitos objetos da imagem desaparecer em uma área de borrão branco, o que certamente não é a aparência desejada. Pode-se pensar que a alteração de escala linear do conteúdo é uma solução (dividir todas as luminâncias de HDR por 5.000/750, que é a chamada abordagem de mapeamento de conteúdo branco em tela branca), mas então os objetos mais escuros, como o homem na área escura da caverna no exemplo da imagem de cena ImSCN3 com luminâncias de HDR (0,05 nit), que já pode ser muito baixa para telas de faixa dinâmica menor, tornam-se uma luminância escura imperceptível na tela de 750 nits (0,05*750/5.000 = 0,0075 nit).

[008] A Figura 1 ensina também que diferentes imagens em HDR, de diferentes cenas em HDR arquetípicas, podem ter requisitos bastante diferentes sobre como compactar (potencialmente em posições de luminância "arbitrárias" ao longo da faixa de luminância DR_2 de HDR) as várias luminâncias de HDR na faixa dinâmica de luminância DR_1 de LDR muito menor, por exemplo.

[009] As luminâncias do mundo real podem variar, por exemplo, quando objetos tanto em ambientes internos como

externos são vistos simultaneamente sobre contraste_de_iluminação*contraste_de_reflexão_de_objeto = (1:100)*(1:100), e embora as luminâncias em uma imagem representando uma cena não precisem ser nem serão tipicamente idênticas às luminâncias da cena original, para uma boa imagem de representação em HDR poderiam ser esperadas luminâncias de pixel possivelmente na faixa de ao menos até 1.000 nits, e começando em um valor mínimo de ao menos 0,1 nit ou menos (portanto, DR_im >= 10.000:1). Além disso, boas imagens em HDR podem estar muito mais relacionadas à alocação inteligente das várias luminâncias de objeto ao longo da faixa de luminância do que à própria faixa dinâmica física (sem mencionar o equívoco de que é a quantidade de bits está orientando, o que não é verdadeiro para definições de código de luma não linear, e uma imagem de luma de 10 bits pode ser igualmente tanto uma imagem em HDR como uma imagem em SDR).

[0010] A Figura 1 mostra alguns exemplos arquétipos ilustrativos das muitas possíveis cenas em HDR que um sistema de HDR do futuro (por exemplo, conectado a uma tela com PB_D de 1.000 nits) pode precisar ser capaz de manusear corretamente, isto é, mediante exibição, as luminâncias adequadas para todos os objetos/pixels na imagem.

[0011] Por exemplo, ImSCN1 é uma imagem externa ensolarada de um filme do gênero “western” (que tem majoritariamente áreas brilhantes, mais brilhantes que a média que seria uma imagem de um dia nublado, cujas áreas deveriam idealmente ser renderizadas de modo mais brilhante do que em uma tela de 100 nits, para oferecer uma aparência mais ensolarada do que uma aparência de dia chuvoso, por exemplo com uma luminância média de, digamos, 400 nits). ImSCN2 por

outro lado é um tipo muito diferente de imagem, ou seja, uma imagem noturna na qual as regiões escuras (e, por exemplo, sua boa visibilidade) predominam, mas o que torna essa imagem uma imagem em HDR em vez de simplesmente uma imagem em SDR escura é que também existem pixels brilhantes nos pontos sob as lâmpadas de iluminação pública, e talvez nas janelas acesas das casas, e até mesmo pixels muito brilhantes (por exemplo, 3.000 nits) nas superfícies das lâmpadas de iluminação pública.

[0012] O que torna uma imagem como ImSCN1 ensolarada em comparação com a imagem ImSCN2 que é escura? Não necessariamente as luminâncias relativas, pelo menos não no paradigma de SDR (haverá luminâncias de pixel em toda a faixa entre 0,1 e 100 nits possivelmente para ambas as imagens, embora a distribuição espacial de tais luminâncias e em particular o histograma possam ser diferentes). O que torna a renderização da imagem em HDR diferente de como ela sempre foi na era da SDR, que se encerrou há apenas alguns anos, é que a SDR tinha uma faixa dinâmica tão limitada (cerca de PB = 100 nits e um nível de preto mínimo MB (“minimum black”) de aproximadamente 0,1 a 1 nit) que, em geral, apenas as refletividades intrínsecas dos objetos poderiam ser mostradas em SDR (o que ficaria entre 90% para um bom branco e 1% para um bom preto). Isso seria bom para reconhecer objetos (tendo uma certa quantidade de brilho proveniente de seu reflexo e, é claro, de sua cromaticidade), sob iluminação uniforme tecnicamente controlada, mas não tanto as bonitas variações da própria iluminação presentes em cenas naturais, e o impacto que isso pode ter sobre os espectadores (um raio de luz do sol saindo de uma janela, ou plasma irradiando de uma bruxa). Se a tela o permitir e, portanto, também o deveriam permitir a

tecnologia de codificação e manuseio de imagem, em um passeio pela floresta o sol seria realmente visto brilhando através das árvores, isto é, em vez de se ter apenas uma impressão um pouco mais amarelada como em uma tela SDR, seria desejável ver roupas brilhantes e coloridas iluminadas pelo sol quando a pessoa caminhasse da sombra para o sol. E assim fogo e explosões deveriam ter um impacto visual ótimo, ao menos até onde for permitido pelo PB_D.

[0013] Em SDR seria possível tornar a imagem noturna um pouco mais escura que uma imagem iluminada normalmente, conforme perceptível no histograma de luma, mas não muito ou ela seria renderizada apenas como uma imagem escura demais e feia (e possivelmente até invisível) (sendo esta a razão da introdução da convenção de tornar estáticas as imagens noturnas relativamente brilhantes, exceto azul). Além disso, em uma TV de 100 nits ou em uma codificação de 100 nits simplesmente não há espaço algum disponível para qualquer coisa excessivamente brilhante. Então, era necessário mostrar os objetos independentemente de sua iluminação e, ao mesmo tempo, não se podia mostrar fielmente todas as iluminações, por vezes altamente contrastantes, que poderiam ocorrer na cena. Na prática, isso significava que a cena ensolarada altamente brilhante precisava ser renderizada com aproximadamente as mesmas luminâncias de tela (0 a 100 nits) que uma cena apagada de dia chuvoso, e até mesmo uma cena noturna.

[0014] Na vida real a visão humana também se adaptaria à quantidade de luz disponível, mas não tanto (a maioria das pessoas na vida real reconhecem que está escurecendo, ou que estão em um ambiente mais escuro ou bastante brilhante). E não se deve esquecer que uma televisão

mostrando imagens não é uma simulação de um olho adaptado, mas sim uma simulação de ambientes da vida real, da melhor forma possível dado o ambiente de visualização e outras limitações técnicas. Assim, seria desejável exibir as imagens com todos os espetaculares efeitos locais e também temporais de iluminação que podem ser artisticamente projetados nas imagens, a fim de obter imagens renderizadas muito mais realistas, pelo menos se o espectador final tiver uma tela HDR disponível. Qual seria exatamente a luminância adequada para, por exemplo, um sabre de luz em uma sala escura deixaremos que o classificador de cores criando a classificação (ou classificações) mestre decida (para fins de simplicidade de ensinamento nesta patente, assume-se que as várias imagens de faixa dinâmica, ao menos as duas imagens de faixas dinâmicas diferentes mais extremas, são criadas por um classificador humano, mas também, de modo similar, que as imagens podem ser criadas automaticamente por software), e este pedido se concentrará nos componentes técnicos necessários para criar e manusear tais imagens, para vários participantes no mercado com necessidades potencialmente diferentes.

[0015] No eixo geométrico esquerdo da Figura 1 estão as luminâncias de objetos da maneira que um indivíduo gostaria de vê-las em uma classificação HDR mestre com PB_C de 5.000 nits, conforme exibível em uma tela com PB_D de 5.000 nits (referência) (isto é, o classificador de imagem cria uma imagem presumindo que o típico televisor HDR de alta qualidade, em casa, terá PB_D de 5.000 nits, e ele pode estar realmente sentado em uma representação desse tipo de sala de exibição doméstica e classificar em uma tela com esse tipo de classificação). Se for desejado transmitir não apenas uma

ilusão aproximada da cena em HDR original que foi capturada, mas um sentido real do vaqueiro que está em um ambiente claro iluminado pelo sol, é preciso especificar e tornar as luminâncias de pixel suficientemente brilhantes, por exemplo, em torno de 500 nits em média.

[0016] Para a cena noturna, deseja-se principalmente luminâncias escuras, mas o personagem principal na motocicleta precisa ser bem reconhecível, isto é, não muito escuro (por exemplo, cerca de 5 nits), e ao mesmo tempo pode haver pixels de luminância bastante alta, por exemplo da iluminação pública, por exemplo em torno de cerca de 3.000 nits em uma tela de 5.000 nits, ou em torno do pico de brilho em qualquer outra tela HDR (por exemplo, com PB_D de 1.000 nits). O terceiro exemplo, ImSCN3, mostra o que agora é possível também em telas HDR: pode-se renderizar simultaneamente muitos pixels muito brilhantes (semanticamente mais relevantes do que meramente uma lâmpada, isto é, com muitos detalhes dentro da mesma região, como árvores iluminadas pelo sol) e muitos pixels muito escuros importantes. ImSCN3 mostra o que pode ser visto como uma imagem de cena em HDR arquetípica e relativamente difícil de manusear de uma caverna escura, com uma abertura através da qual se pode ver o exterior ensolarado. Para esta cena, pode-se querer tornar os objetos iluminados pelo sol, como a árvore, um pouco menos brilhantes do que em uma cena na qual se deseja renderizar apenas a impressão de uma brilhante paisagem ensolarada, por exemplo em torno de 400 nits, o que seria mais coordenado com o caráter essencialmente escuro do interior da caverna. Um classificador de cores pode querer coordenar de maneira ideal as luminâncias de todos os objetos (já na imagem em HDR mestre com PB_HDR =

5.000 nits), de modo que nada pareça inadequadamente escuro ou brilhante e que os contrastes sejam bons, por exemplo a pessoa em pé no escuro nessa caverna pode ser codificada na imagem classificada como HDR mestre em torno de 0,05 nit.

[0017] Tendo criado essa imagem em HDR mestre, uma questão artística (antes mesmo de sua formulação na tecnologia facilitadora) é então como essa imagem deve ser reclassificada para imagens de faixa dinâmica diferente, por exemplo, ao menos uma imagem em SDR legada de PB_C 100 nits.

[0018] Isso contribui para a inteligibilidade quando são dadas as relações entre as luminâncias e, portanto, assim será feito nesta patente quando útil. Na verdade, tecnicamente, as luminâncias serão codificadas como lumas, através de uma função de alocação de código de luma também conhecida como função de transferência optoelétrica (OETF - "Opto-electrical Transfer Function") e, portanto, pode-se também formular todas as relações entre luminâncias, por exemplo, uma função para calcular uma luminância de saída, L_out, a partir de uma luminância de entrada, L_in, também como relações entre lumas equivalentes.

[0019] Talvez de modo menos confuso, pode-se também formular luminâncias de maneira normalizada (isto é, com a luminância máxima normalizada igual a 1,0), e definir todas as ações sobre tais luminâncias normalizadas. Isso tem como vantagem (contanto que ambas as cores de pixels de imagem sejam definidas no mesmo conjunto de cores primárias RGB) que a gama de cores (gamut) HDR normalizada se sobrepõe exatamente à gama de cores LDR, e pode-se, portanto, mostrar alterações de luminância nessa única gama de cores normalizadas. Obviamente, a posição relativa de uma luminância de LDR

normalizada que deve ser exibida exatamente na mesma luminância absoluta como uma luminância de HDR que é definida em uma faixa de luminâncias de HDR com PB_C = 5.000 terá uma altura relativa diferente (isto é, pode-se então mostrar em tal representação de gama de cores um mapeamento de luminância para uma luminância de pixel de HDR específica necessária ao se criar uma luminância de pixel de imagem em LDR correspondente como uma alteração relativa/normalizada de altura nessa gama de cores normalizadas). A relação entre as luminâncias absoluta e relativa é simples: L_norm = L_abs/PB_C, com PB_C sendo qualquer luminância máxima de uma codificação, por exemplo 5.000 nits para uma codificação em HDR, e por acordo padrão 100 nits para uma codificação em SDR.

[0020] Uma última coisa que é importante aprender com a Figura 1 (uma vez que toda a tecnologia deve se comportar de acordo) é que, dependendo de qual tipo de objeto (isto é, suas luminâncias de pixel) e com qual tipo de cena em HDR se está lidando, pode haver diferentes abordagens de alto nível sobre como reclassificar, isto é, transformar as ditas luminâncias de pixel via transformação de luminância.

[0021] Por exemplo, um objeto no escuro, como o motociclista, pode ser renderizado equacionando-se a luminância absoluta (o que envolve uma correspondente alteração de escala da luminância normalizada) para toda a imagem reclassificada, especificamente da imagem em HDR mestre inicial à esquerda, da correspondente imagem em SDR à direita, e de qualquer imagem de faixa dinâmica média (MDR - “Medium Dynamic Range”) entre as duas, por exemplo aquela mostrada com PB_C = PB_MDR = 800 nits que é otimizada (com as luminâncias corretas de objeto) para exibição direta em uma tela com PB_D

de 800 nits (por exemplo, para um cliente que adquiriu uma tela, e obtém imagens em HDR com PB_C de 5.000 nits de, por exemplo, seu provedor de serviços de transmissão por cabo, ou através de um conversor de sinais (“settopbox”) (SBT) de satélite, ou da Internet, etc.). Isso faz sentido, porque o criador do conteúdo quer transmitir uma atmosfera escura na qual a motocicleta está apenas visível, e seria ruim renderizá-la mais brilhante em uma tela mais brilhante, simplesmente pela razão de que tal tela pode fazê-lo, porque ela tem uma faixa de luminância maior resultando em um PB_D mais alto para exibir todas as luminâncias do objeto na cena.

[0022] Um objeto como o sol provavelmente seguirá uma filosofia inteiramente diferente, ou seja, o método de mapeamento de branco em tela branca, no qual o objeto sempre recebe o valor mais alto possível em qualquer representação de imagem, isto é, o PB_C. Certamente outros tipos de objetos podem seguir outros tipos de regras, e poderíamos prolongar o assunto (por exemplo, o vaqueiro seguirá uma filosofia de cinza médio escalonado), mas é suficiente que o leitor reconheça que é preciso uma tecnologia que permita uma alocação quase “arbitrária” de todas as luminâncias de pixel, e não, por exemplo, uma fixa como prescreveriam as tecnologias simples.

[0023] Embora a Figura 1 resuma de maneira simplista as preferências artísticas para a criação versátil de imagens em HDR (abrangendo aplicações limitadas tecnicamente diferentes como filmes, radiodifusões esportivas ao vivo, etc.), a questão para os desenvolvedores da tecnologia HDR ainda é como codificar imagens em HDR, e também como transformar imagens em HDR para ser possível exibi-las de modo ideal em qualquer tela com PB_D menor que o PB_C codificado

(isto é, o pixel mais brilhante que pode ocorrer no vídeo ao menos uma vez). Capturar imagens de cenas em HDR, e também a igualmente importante tarefa de executar a direção de arte e a iluminação de uma cena em HDR é uma habilidade técnica, mas o presente pedido não se concentrará nesse aspecto.

[0024] O foco da presente invenção é simplesmente codificar as luminâncias de pixel HDR (ignorando a complexidade de adaptação de exibição (DA), isto é, como mapear uma imagem com PB_C1 para uma imagem a ser exibida em uma tela de menor capacidade). O problema era que a OETF da Rec. 709 poderia codificar apenas uma faixa dinâmica de luminância de 1.000:1, isto é, uma nova OETF ("opto-optical transfer function") de HDR (ou de fato seu inverso, a EOTF ("electro-optical transfer function") precisava ser inventada. Foi introduzido no mercado um primeiro codec de HDR, chamado HDR10, que é usado, por exemplo, para criar os novos discos blu-ray HDR "faixa preta", e usa como OETF uma função com formato mais logarítmico chamada de função de quantificador perceptual (PQ - "Perceptual Quantizer") que é padronizada em SMPTE 2084, e que permite definir lumas para luminâncias entre 1/10.000 nits e 10.000 nits, o que é suficiente para a produção prática de vídeos em HDR. Além disso, esse dispositivo tem uma boa propriedade de que os códigos de luma que ele produz são sintonizados com o funcionamento da visão humana (como os valores de cinza perceptíveis que o cérebro utiliza para caracterizar diferentes luminâncias em uma cena, o que é uma boa propriedade tanto para reclassificar com eficiência certos objetos com valores de cinza, como para a representação eficiente de luminâncias, assim como o cérebro). Após o cálculo dos lumas, tinha-se apenas um plano de pixels de 10 bits (ou, em vez

disso, com os dois planos de crominância Cb e Cr de 3 bits), o qual poderia ser classicamente tratado posteriormente "como se fossem" uma imagem em SDR, comprimida matematicamente, por exemplo com MPEG (essa é uma restrição importante, uma vez que ela evita a reformulação e a reimplementação de várias tecnologias preexistentes no "pipeline" de vídeo total).

[0025] Uma dificuldade técnica significativa com imagens em HDR10 ainda é como exibi-las adequadamente em telas de menor capacidade (por exemplo, com capacidade inferior ao PB_C de 2.000 nits para o qual o conteúdo HDR foi criado). Se, por exemplo, for feito um mapeamento meramente linear de branco sobre branco (branco máximo da imagem codificada, também conhecido como codificação de pico de brilho PB_C para pico de brilho PB_D de, por exemplo, uma tela SDR), as partes mais interessantes (mais escuras) de uma imagem com PB_C = 1.000 nits pareceriam tipicamente 10x mais escuras, o que significaria que a cena noturna ImSCN2 se tornaria inassistível. Devido à natureza logarítmica da OETF do PQ, as imagens HDR10 são assistíveis (apenas quando renderizadas como lumas, isto é, decodificadas com a EOTF incorreta), mas têm um contraste deteriorado feio, fazendo com que pareçam, entre outras coisas, desbotadas e com brilho incorreto.

[0026] Um sistema simples para criar conteúdo de vídeo em HDR, por exemplo em um cenário de radiodifusão, é explicado com a Figura 2. Novamente, os detalhes de alocação dos códigos de luma não linear ou de cores de pixel R'G'B' ainda não serão considerados, para fins de simplicidade da elucidação (a assim chamada abordagem opto-óptica, OOTF, com luminâncias normais (absolutas) em toda a cadeia). Com a exposição (EXP) da câmera (201), pode-se selecionar quais

luminâncias de objeto são fielmente gravadas, e a que valor relativo (uma vez que uma câmera funciona como um medidor de luminância relativa para todas as posições espaciais, ou, em vez disso, um colorímetro relativo que produz tripletos RGB). Como tanto um sensor de câmera como uma representação matemática de N bits de um componente de cor têm ambos praticamente uma extensão final, começando em um valor mínimo e terminando em um valor máximo, faz sentido expor não para os detalhes do sol que tem um bilhão de nits, mas recortar ao menos as luminâncias ou os valores RGB aos seus valores máximos. Em uma exposição de faixas substancialmente infinitas, as escolhas podem ser "corrigidas" por meio de remapeamento de luminância posterior, mas em qualquer caso esse fato ilustra para o leitor que não há nenhum mapeamento "natural" óbvio das luminâncias da cena para as luminâncias a serem exibidas (estas se referem às luminâncias que são conhecidas como uma calorimetria relacionada à tela, e que é de fato o que realmente importa). A imagem de luminância linear LIN_HDR é, tipicamente, primeiro submetida a um mapeamento por OOTF (202). Isso já existia até certo ponto na era SDR, e faz correções sobre o fato de que a visão humana no ambiente de visualização tipicamente mais escuro da sala de estar à noite onde se assiste à televisão exige maior contraste para uma experiência visual similar e, portanto, a OOTF é tipicamente uma função gama executada por software. Entretanto, especificamente quando é mapeada uma cena de faixa dinâmica considerável, em uma típica tela (205) de menor faixa dinâmica (mesmo quando se trata de um monitor de referência de alta qualidade de 4.000 nits), alguma otimização artística das várias luminâncias de pixel de objetos pode ser feita mediante

aplicação de uma curva potencialmente arbitrária, que neste texto será chamada de classificação, pela unidade de classificação 203. Especificamente para produções de alta qualidade, o esforço de classificação pós-edição pode ser considerável para inserir uma assim chamada visão ou aparência criativa na imagem em HDR mestre MAST_HDR (a qual, de acordo com a presente invenção, ainda precisa ser adicionalmente tratada tecnicamente, por exemplo vantajosamente codificada). A imagem resultante terá então uma aparência ideal e pode ser enviada usando-se alguma conexão de comunicação de imagem 204 para a tela 205, na qual o classificador humano poderá verificar se a imagem tem a aparência desejada, ou continuar a ajustar a pelo menos uma função de mapeamento de luminância por meio de uma unidade de controle de interface de usuário 206 (por exemplo, um console de classificação). Essa classificação arbitrária forma a aparência mestre, que não deve ser confundida com a reclassificação arbitrária (aparência secundária) para obter, por exemplo, uma imagem em SDR correspondente tão ideal quanto possível, que pode ser chamada de a imagem em SDR mestre (por exemplo, quando faz parte de uma filosofia de codificação de vídeo, como descrito mais adiante neste documento). Embora tenha-se elucidado aqui apenas mais uma topologia simples, o leitor pode entender que na prática pode haver diferentes modalidades reais dependendo, por exemplo, de se uma radiodifusão ao vivo está acontecendo com uma única câmera HDR, ou várias câmeras SDR e HDR misturadas, ou uma imagem em HDR anteriormente determinada e a imagem correspondente em SDR mestre reclassificada, que devem agora ser codificadas conjuntamente de acordo com os princípios

de codificação (por exemplo, os princípios ETSI1 ou ETSI2, vide abaixo), etc.

[0027] O requerente percebeu, o que já havia sido elucidado com a Figura 1, que como há uma relação de reclassificação matemática entre as várias possíveis imagens em MDR reclassificadas começando a partir da imagem em HDR mestre, se for possível capturar pragmaticamente essas funções tecnicamente, pode-se de fato codificar todo um espectro de diferentes funções de faixa dinâmica, mediante o envio de apenas uma delas, e a ao menos uma função de mapeamento de luminância para criar outra imagem a partir da imagem realmente enviada. A primeira introdução dessa possibilidade, e do consequente conceito de codificação técnica, foi feita na patente WO2011107905.

[0028] Constatou-se que faz sentido definir a função de mapeamento de luminância F_L para transformar as luminâncias de imagem em HDR mestre (por exemplo, PB_C de 5.000 nits) em luminâncias de imagem em SDR, isto é, o classificador define o comportamento de reclassificação necessário entre as representações de imagem mais extremas e, então, recalcula as funções de mapeamento de luminância adaptadas à exibição F_L_DA para calcular uma luminância de pixel de imagem em MDR intermediária correspondente a qualquer possível luminância de imagem M_HDR com PB_C de 5.000 nits.

[0029] Como o requerente subsequentemente padronizou, existem então duas escolhas lógicas para que a imagem seja realmente transmitida (como uma única imagem para todo o espectro de imagens reclassificáveis de diferentes faixas dinâmicas, em particular o ponto final de PB_C, uma vez que frequentemente pode-se presumir que o ponto final inferior

de MB é aproximadamente fixo, por exemplo, 0,01 nit) para qualquer receptor: a imagem em HDR mestre, ou a imagem em SDR correspondente (deve-se parar por um segundo para entender que nessa situação, imagens puramente SDR são realmente transmitidas em vez de imagens em HDR, e de fato por causa da função F_L ainda também são transmitidas imagens em HDR, porque L_HDR_reconstruída = F_L_inversa[L_SDR]).

[0030] A segunda opção de codificação, que é bastante útil quando a restrição técnica é que muitas telas preexistentes precisam ser servidas sem perturbações (de fato uma antiga tela SDR recebe apenas uma imagem em SDR, e sem precisar saber que essa opção codifica também uma imagem em HDR, ela pode exibir diretamente a imagem em SDR e imediatamente obter uma renderização SDR muito boa de uma cena em HDR, na verdade com a melhor qualidade de exibição que a tela pode exibir esse tipo de cena em HDR), foi padronizada primeiro sob a especificação técnica ETSI TS 103 433-1 (observe o -1; essa especificação técnica será abreviada como ETSI1). Deve-se notar que existem limitações técnicas como uma necessidade de reversibilidade das cores da imagem em SDR, para se poder reconstruir com precisão suficiente a imagem em HDR mestre original em qualquer lado de recepção, que era parte da contemplação técnica que levou a essa abordagem de (de)codificação padrão como é definida.

[0031] A ETSI TS 103 433-2 (ETSI2) é a alternativa de codificação na qual a imagem em HDR mestre é realmente transmitida aos receptores, e na qual a função (ou funções) F_L é usada para calcular as imagens para a exibição ideal em telas com PB_D<PB_C_mestre (isto é, para a assim chamada adaptação de exibição). (Na verdade, como será mostrado abaixo,

embora para os fins de elucidação o sistema possa ser contemplado como se houvesse uma única função F_L global para todas as luminâncias de pixel na imagem transmitida, por razões técnicas, será usado um conjunto de funções de mapeamento subsequentemente aplicadas. Vários clientes podem escolher qual sistema desejam empregar, por exemplo uma operadora de TV a cabo transmitindo em HDR ETSI2 irá disponibilizar para seus usuários um STB que irá decodificar e otimizar para qualquer tela que o usuário tenha em casa.

[0032] A Figura 3 mostra primeiro em uma vista de topo os componentes de um típico sistema de comunicação de vídeo HDR de uma única imagem mais funções (codificador + decodificador), não limitador de um típico sistema de comunicação do tipo SDR para o propósito de explicarmos os conceitos básicos.

[0033] O transformador de cores 302 recebe como entrada, a partir de uma fonte de imagem 301, as imagens MAST_HDR (por exemplo, como foram capturadas pela câmera e classificadas pelo sistema elucidado com a Figura 2, e então comunicadas em algum sistema de comunicação de vídeo profissional para um codificador 321 no lado da operadora de radiodifusão, que irá, por exemplo, transmitir programas de televisão por radiodifusão ou através de uma rede de televisão por cabo). Um conjunto de funções de transformação de cor F_ct é então aplicado (neste exemplo, determinado, por exemplo, por um software automatizado de classificação, como a tecnologia de conversão automática de HDR para SDR do requerente, que define as funções F_ct com base em características da imagem como o histograma, etc.; os detalhes específicos para a elucidação dessa aplicação podem ser deixados de lado, uma vez

que ela exige meramente a presença de tais funções otimizadas para qualquer imagem ou conjunto de imagens temporalmente sucessivas), que compreende ao menos a função de mapeamento de luminância F_L, para obter as luminâncias de SDR correspondentes para as luminâncias dos pixels da imagem em HDR mestre (MAST_HDR). Para facilitar a compreensão, o leitor pode assumir, para fins de simplicidade, que F_L é uma função de mapeamento de luminância de 4ª potência (L_out_SDR = potência(L_in_HDR; ¼)), para derivar as luminâncias de saída de SDR normalizadas para 1,0 dos pixels na imagem de saída em SDR, Im_LDR, com PB_C de 100 nits (isto é, a faixa de luminância do lado direito da Figura 1).

[0034] Como agora existe uma imagem em SDR "normal", ela pode ser comprimida usando-se uma técnica de compressão de vídeo padrão, por exemplo, um padrão MPEG como HEVC ou MPEG2, ou um padrão semelhante como AV1, sendo que a compressão é feita por um compressor de vídeo 303.

[0035] Como os receptores precisam ser capazes de reconstruir a imagem em HDR mestre a partir da imagem em SDR comprimida Im_COD correspondente recebida, além das próprias imagens pixeladas a serem transmitidas, também as funções de mapeamento de cor F_ct devem entrar no compressor de vídeo. Sem limitação, pode-se presumir que as funções são armazenadas em metadados, por exemplo, por meio do mecanismo SEI (de informações de aperfeiçoamento suplementar - "supplemental enhancement information") ou de uma técnica similar. Por fim, um formatador 304 faz o que for preciso para formatar (colocar em porções de dados, etc.) o fluxo de vídeo para qualquer meio de comunicação técnica 305, por exemplo, criar uma formatação para armazenamento em um disco blu-ray, ou para comunicação

DVB via satélite, entre outros (os detalhes podem ser obtidos pelo versado na técnica nos respectivos campos técnicos, e são irrelevantes para o entendimento dos presentes conceitos inovadores).

[0036] Após a descompressão MPEG em um receptor de vídeo 320 feita pelo descompressor de vídeo 307 (depois de ter passado pelo desformatador 306), a imagem em SDR pode ser interpretada pelo receptor aplicando a EOTF da Rec. 709a (para obter a imagem para uma tela SDR), mas um receptor também pode decodificar a imagem recebida Im_COD de modo diferente para obter a imagem em HDR reconstruída Im_RHDR.

[0037] Isso é feito por um transformador de cores 308 que é disposto para transformar a imagem em SDR como Im_RLDR descomprimida em uma imagem de qualquer faixa dinâmica não SDR (isto é, com PB_C mais alto que 100 nits e, tipicamente, ao menos 6x mais alto). Por exemplo, a imagem mestre original Im_RHDR, com 5.000 nits, pode ser reconstruída mediante a aplicação das transformações de cor inversas IF_ct das transformações de cor F_ct usadas no lado codificador para produzir a Im_LDR a partir da MAST_HDR (e que foram recebidas em metadados e passadas pelo transformador de cores 308). Ou, pode haver uma unidade de adaptação de exibição 309 que transforma a imagem Im_RLDR em SDR em uma faixa dinâmica diferente, por exemplo a imagem Im3000nit será classificada idealmente se a tela 310 for uma tela com PB de 3.000 nits, ou uma imagem com PB de 1.500 nits ou de 1.000 nits, etc. Assume-se de modo não limitante que o decodificador de vídeo e o transformador de cores estejam em um único receptor de vídeo 320. O leitor versado pode entender que se pode, de modo similar, projetar muitas topologias diferentes com, por

exemplo, a funcionalidade de decodificação separada em um conversor de sinais a ser conectado a uma tela que funciona apenas como um terminal (não inteligente) para as imagens pré-otimizadas conforme recebidas, ou que faz transformações adicionais de cores de imagens, etc.

[0038] A Figura 4 resume brevemente os princípios da tecnologia de mapeamento de luminâncias e cores do requerente conforme padronizados em ETSI2 (na verdade ela detalha o transformador de cores 302 que foi genericamente introduzido na Figura 3 de acordo com a filosofia de codificação ETSI2 (ou de maneira similar à filosofia de codificação ETSI1)), porque ela deve ser compreendida para se entender um pouco das técnicas das modalidades mais específicas do presente pedido.

[0039] Supõe-se que a entrada sejam pixels de cores YCbCr definidos por PQ (isto é, luma Y e crominância Cb e componentes de cor Cr por pixel). Primeiramente, o luma é linearizado para luminâncias lineares normais L_in pela unidade de aplicação de EOTF 401, que deve usar a EOTF de PQ do SMPTE 2084. Todo o processo de reclassificação para obter uma cor de pixel de saída em SDR a partir de uma cor de pixel de entrada em HDR pode, então, ser definido novamente com luminâncias normais (universalmente definidas por SI físicas e CIE). Depois disso, o processamento de luminância pode ser executado pelo processador de luminância 401, que percebe o mapeamento F_L total desejado, mas por subunidades escolhidas de forma sensata (essas unidades 402, 403, etc., foram tecnicamente projetadas para serem vantajosas às necessidades de várias aplicações de HDR, como classificação automatizada,

facilidade de classificação por humanos, a complexidade de design do CI etc.).

[0040] Em primeiro lugar, um uniformizador de luminância aplica uma transformação de curva fixa cujo formato depende apenas do pico de brilho PB_C_H da imagem em HDR de entrada (por exemplo, PB_C_H = 5.000 nits), aplicando a curva dependente do PB dentre uma família de curvas definidas como:

Y'HP=log(1+(RHO-1)*potência(L_in/PB_C_H; 1/(2,4)))/log(RHO) [Equação 1]

Com

RHO= 1+32*potência(PB_C_H/10.000;1/2,4) [Equação 2]

[0041] Isso mapeia todas as luminâncias para lumas cinza Y'HP perceptualmente uniformes. Se PB_C_HDR = 10.000 nits, então essa curva corresponde estreitamente à curva PQ do SMPTE 2084, que era conhecida por ser perceptualmente uniforme. Para imagens de entrada com PB_C_HDR menor, a curva escala adequadamente (na verdade, ela representa uma extremidade de subcurva em, por exemplo, 3.000 nits na curva de 10.000 nits no sentido absoluto), levando a uma inclinação menos íngreme da curva log-gama de cores mais escuras na representação do eixo de luminâncias de entrada/saída normalizadas [0-1,0]/[0-1,0]. Isto é, o restante do processamento já começa adequadamente pré-normalizado.

[0042] Subsequentemente, um compensador de nível preto-branco 403 pode, quando desejado, aplicar alguma compensação de nível de branco (WLO - "White Level Offset"), e alguma compensação de nível de preto (BLO - "Black Level Offset").

[0043] A utilidade da compensação de nível de branco pode ser entendida da seguinte forma. Suponha que o

criador de conteúdo esteja classificando suas imagens em um sistema ajustado com PB_C = 4.000 nits (isto é, seu monitor de classificação de referência tem um PB_D de 4.000 nits), mas em todo o vídeo, ele nunca realmente cria uma imagem com um brilho máximo de pixel maior que, por exemplo, 1.500 nits (sendo que vídeo máximo é algo diferente do PB_D máximo codificável). Então, como a faixa dinâmica de luminância de SDR é pequena o suficiente como se encontra, faz sentido reescalar a HDR de entrada e descartar os valores 1.500 a 4.000 nits não utilizados (uma vez que estamos usando mapeamentos de luminâncias dinamicamente ajustáveis, que podem ser otimizados por tempo de imagem/vídeo, de qualquer forma). 1.500/4.000 corresponde a uma luminância de HDR normalizada (de entrada) de 0,375, e então podemos mapear esse valor para o máximo do luma HDR escalonado Y'HPS dividindo por 2,6.

[0044] Para ser mais preciso, de acordo com o padrão ETSI2 o seguinte cálculo é realizado:

$$Y'HPS=(Y'HP-BLO)/(1-WLO-BLO) \quad \text{[Equação 3]}$$

[0045] Com os níveis WLO e BLO sendo comunicados nos metadados, que são comunicados juntamente com ou associáveis às imagens de vídeo recebidas.

[0046] A compensação de nível de preto é útil para se obter uma aparência mais contrastante das imagens em SDR reclassificadas correspondentes, mas deve-se ter em mente que as imagens ESTI1 recebidas devem permanecer inversamente mapeáveis para a imagem em HDR, isto é, não muitos detalhes de pixels pretos devem ser perdidos (razão pela qual existe também um limitador de ganho paralelo, não mostrado na Figura 4).

[0047] Basicamente, pode-se entender de maneira simplificada a compensação de nível de preto como ajustar uma

cor “preta” de HDR em 0,0 na SDR, ou mais precisamente através da unidade 403 se preparar para o mapeamento de luminância de HDR para SDR (isto é, com luminâncias normalizadas ainda em HDR, significando uma distribuição relativa utilizável para se obter uma boa aparência em uma tela HDR, e uma aparência ruim ainda não otimizada em uma tela SDR).

[0048] Subsequentemente, um transformador de faixa dinâmica sem precisão 404 aplica a transformação de luminância primária para obter luminâncias de SDR (isto é, com uma boa primeira redistribuição de luminâncias de objeto para obter uma aparência em telas SDR). Para isso, o padrão ETSI2 usa uma curva que consiste em um segmento linear controlado pelo coeficiente angular para as luminâncias normalizadas HDR mais escuras (o coeficiente angular desse segmento é chamado de Ganho de Sombra) (SG), outra parte de compressão linear para as luminâncias de entrada normalizadas HDR mais brilhantes Y’HPS (com um parâmetro de controle de coeficiente angular Ganho de Realce) (HG), e uma parte parabólica controlável de suavização que oferece uma boa aparência SDR para os tons médios (com uma largura de tom médio de parâmetro de controle, e a matemática que é legível no padrão, mas aqui é explicada novamente (de maneira tão simples e digerível quanto apropriado) até o ponto necessário ao entendimento das modalidades inovadoras de acordo com as presentes ideias). Assim, os lumas de saída Y’CL desse transformador de faixa dinâmica sem precisão 404 pela primeira vez são definidos na faixa SDR, ou na estatística de distribuição de lumas relacionados à faixa SDR.

[0049] A oferta técnica (e artística) para o criador de conteúdo dessa unidade 404 é que o classificador

pode otimizar adequadamente quão brilhante ele precisa tornar os pixels mais escuros, à custa (devido à limitada faixa de luminância de SDR) do contraste intra-objeto de outros objetos contendo pixels mais brilhantes, mas ele pode ajustar conjuntamente, por exemplo, o ganho de realce. O ganho de sombra pode ser entendido, por exemplo, para a pessoa de luminância de 0,05 nit em pé nas áreas escuras sombrias da caverna. Se se fosse exibir a pessoa em uma tela SDR com um critério branco sobre branco, isto é, com uma função de mapeamento normalizada que é uma função de identidade com um coeficiente angular de 45 graus sendo a diagonal da representação gráfica da luminância normalizada, constataria-se que essa luminância normalizada em HDR é 0,05/5.000, que permanece uma luminância normalizada igual devido ao mapeamento de identidade para as luminâncias de SDR mapeadas sem precisão, isto é, depois de torná-las absolutas, esses pixels deveriam ser exibidos na tela SDR com (1/100.000)*100, isto é, preto mínimo (sinal de acionamento “0”) na tela e invisíveis. Logo, devemos aumentar consideravelmente tais luminâncias, mesmo nos valores de cinza ou representação de lumas mais logarítmicos relativos a HDR e SDR, para obter luminâncias de SDR que sejam suficientemente visíveis e que levem à discriminabilidade de textura de objeto no objeto pessoa (por exemplo, luminâncias de pixel da pessoa abrangendo de 0,3 a 1,2 nit exibidos na tela SDR). Portanto, dependendo de quão profundamente a pessoa caísse na faixa de luminância de HDR (que, conforme ensinado acima, dependerá de como o criador de conteúdo escolheu a combinação de fatores como construção da cena em HDR, iluminação da cena, exposição da câmera e classificação artística da HDR mestre), o codificador

(por exemplo, o classificador humano que torna uma parte da F_L adequada essa primeira escolha de mapeamento de luminância sem precisão para reclassificar a entrada HDR mestre como luminâncias de pixel de SDR correspondentes ideais ou adequadas) irá selecionar um ganho de sombra adequado para processar os ditos pixels mais escuros dessa imagem específica (isto é, conteúdo da imagem otimizado). Deve-se notar na verdade que no padrão ETSI o ganho de sombra SG é definido como uma correção para uma alteração de escala automática com base na razão entre os picos de brilho das imagens de entrada e de saída, ao menos as representações de luma das mesmas. Faz sentido, sob uma filosofia de lumas equivalentes, que se deve aumentar as luminâncias representadas em uma faixa de lumas normalizados que corresponde, por exemplo, a PB_C de apenas 200 nits (ou, em vez disso, ao valor de acordo com as Equações 1 e 2 acima: Y'HP=Y'200=v(PB_C_H/200;RHO(200)), v sendo a equação pseudologarítmica acima da Equação 1), partindo-se das luminâncias de HDR normalizadas como: L_200=Y'200*L_HDR. No entanto, isso fornece tipicamente uma imagem muito brilhante e de baixos contrastes, de modo que o classificador possa usar uma correção de ganho de exposição: SG = ganho de exposição*Y'200, que será um fator de atenuação de intensidade retornando o SG em direção ao valor diagonal 1,0 e trazendo alguma escuridão de volta para a imagem em SDR (tipicamente, ele não irá selecionar ganho de exposição = 1/Y'200, porque então os lumas SDR normalizados serão iguais aos lumas HDR normalizados e novamente muito escuros; o SG ficará entre 1,0 e 1,8 por exemplo).

[0050] De certa forma, essa curva implementa uma "mola" de compressão de luminância não linear para compactar

o lote de luminâncias de HDR em uma faixa dinâmica de luminância potencialmente muito maior, na muito menor faixa dinâmica de SDR. Como não é usada uma curva fixa que "nunca deve ser muito despropositada em média", mas o codificador pode aplicar uma curva já otimizada, a imagem em SDR resultante não será ruim para muitas cenas em HDR (nem todas as cenas em HDR são igualmente complexas, por exemplo, às vezes há apenas uma área sombria de pouca sombra próximo a uma área uniformemente iluminada pelo sol, e então, embora os sistemas mais simples criarão problemas como recortar para branco, um mapeamento de HDR para SDR inteligente não muito complexo como a curva de três partes da unidade 404 em geral fará um bom trabalho ao criar uma nova imagem com uma imagem em SDR reclassificada adequada da imagem em HDR mestre (por exemplo, a imagem saindo da câmera HDR de um criador de conteúdo capturando um evento da vida real).

[0051] Entretanto, várias outras cenas podem ser mais complexas, e alguns criadores de conteúdo podem também ter um alto nível de preferências profissionais quando fazem o ajuste fino de seu conteúdo artístico (por exemplo, um diretor ou um diretor de fotografia de um filme de Hollywood).

[0052] Dessa forma, a próxima unidade, o aplicador de curva personalizável 405, permite que o criador de conteúdo (novamente, ou um ser humano ou um autômato inteligente com várias regras codificadas em seu algoritmo) aplique uma função de mapeamento de luminância de classificação fina F_L_CU personalizável e potencialmente formatada arbitrariamente aos lumas pré-classificados Y'CL, produzindo luma LDR Y'GL (sendo os únicos requisitos para a função que ela não seja decrescente, e tipicamente crescente mesmo

monotonicamente, e tipicamente ao menos conforme escolhido no padrão ETSI2, que ela mapeie a entrada 1,0 para a saída 1,0). Na prática, o formato dessa função F_L_CU pode ser comunicado aos decodificadores ou como um conjunto de parâmetros que definem o formato, por exemplo, coeficientes de um polinômio, ou como uma LUT (tabela de consulta - "look-up table"), etc.

[0053] Tal classificação fina pode ser necessária porque o sistema visual tem uma forma complexa de determinar impressões de valor cinza de objetos de imagens percebidas, e/ou porque a compactação de uma grande faixa de luminâncias na limitada faixa dinâmica de SDR pode exigir às vezes bastante experiência, e/ou devido ao fato de que o criador de conteúdo deseja explicitamente colocar um pouco de sabor artístico adicional nessa curva personalizada F_L_CU (cujo formato será então tipicamente determinado por outro hardware de computador com interface de usuário de cores e software conectado no lado de codificação (não mostrados)). De fato, por um lado, poderíamos dizer que todas as imagens MDR devem ser alguma representação comprimida de todas as informações (meramente) na imagem em HDR mestre, mas, por outro lado (como isso pode resultar em imagens com impressão bastante ruim, por exemplo com muito pouco contraste como se vistas através de uma névoa), o outro requisito importante para uma criação de conteúdo pode ser tornar todas as imagens, inclusive a imagem em SDR – dado sua capacidade de faixa dinâmica mais limitada –, o mais realista possível como a cena em HDR ou pelo menos tão bonitas quanto possível. A visão humana é altamente não linear e inteligente, e pode perceber rapidamente se tal função tão simples foi utilizada. Assim, o criador de conteúdo pode usar o conhecimento prático da função personalizável F_L_CU em

adição à função de compressão de luminância sem precisão F_C para fazer um trabalho melhor na tarefa quase impossível de criar uma imagem em SDR que ainda tenha uma aparência tão boa quanto possível para e de preferência como uma cena em HDR (por exemplo, diminuir o brilho de alguma subfaixa de luminância de pixels para criar apenas um pouco mais de contraste entre objetos, por exemplo, para o brilho de uma janela de vitral em relação ao interior da igreja, ou um contraste visual entre ambientes externos e internos na imagem em SDR, ou otimizar o colorido em relação à luminância para alguns objetos na cena mediante a seleção da função através de um formato local especial da curva F_L_CU, etc.).

[0054] Pode-se esclarecer o leitor e fornecer ao mesmo uma compreensão minimamente necessária da função de mapeamento de luminância personalizável com o exemplo simples apenas da imagem de um "homem sombra", mostrada na Figura 6.

[0055] A Figura 6A mostra geometricamente o que se pode ver na imagem, e a Figura 6B mostra a relação funcional entre as luminâncias L_HDR e L_SDR. A imagem mostra uma estação espacial escura (DRKSPST), na qual um robô 602 está se movendo. Em um certo momento de apresentação de imagem, a mesma encontra o homem sombra 601, que é colorimetricamente definido como um conjunto de pixels HDR muito brilhantes, com pouca diferença de luminância entre os vários pixels que formam o corpo do homem sombra. Isso ocorre porque ele está de pé atrás de uma janela em um ambiente intensamente iluminado preenchido com uma atmosfera de névoa. A névoa adiciona um componente às luminâncias provenientes do corpo do homem sombra (por exemplo, suas roupas) fornecendo luminâncias finais em direção ao espectador na imagem em HDR de, por exemplo, L_calças = 20

nits + L_névoa = 4.500 nits = 4.520 nits, L_camisa = 50 nits + L_névoa = 4.800 nits = 4.850 nits, etc. O problema quando se usa uma função de mapeamento de luminância sem precisão com um coeficiente angular muito pequeno para os pixels mais brilhantes é que o homem sombra pode se tornar insuficientemente contrastante e visível de maneira ruim nas imagens de faixa dinâmica menor, como a imagem em SDR. A solução é definir a função F_L_CU de modo que ela tenha localmente um coeficiente angular maior na região de 4.500 a 5.000 nits de luminância de HDR de entrada, levando a uma subfaixa RS maior de luminâncias de SDR para o homem sombra, fazendo com que ele e seus detalhes, por exemplo a gravata que está vestindo, fiquem mais visíveis na névoa, mesmo na imagem em SDR. Pode-se compreender que há muitas outras situações nas quais pode ser vantajoso ter um pouco mais de controle de reclassificação adicional do que meramente a função de mapeamento sem precisão F_C.

[0056] Novamente com referência à Figura 4, após ter definido os lumas SDR adequados (representação visual uniforme), o linearizador 406 os converte em lumas Ls SDR (normalizados). Isso aplica, portanto, o inverso da Equação 1 acima, mas como as luminâncias de SDR devem agora ser feitas com um RHO correspondente ao PB_C_S = 100 nits (que é inserido como entrada na unidade 406) em vez do valor de 5.000 nits que foi usado para a uniformização perceptual no início da cadeia de processamento de luminância.

[0057] As cores, obviamente, não são unidimensionais (a não ser que se trabalhe só com imagens de valores de cinza acromáticos), o que torna a conversão e a codificação da faixa dinâmica muito mais complexas, mas em

qualquer caso que precisa de uma trilha de processamento em paralelo para as crominâncias Cb e Cr dos pixels para obter crominâncias SDR correspondentes mais adequadas, ou, de fato como mostrado na Figura 4, cores RGB de SDR finalmente adequadas, como componentes de cor de saída Rs, Gs e Bs.

[0058] A trilha de processamento cromático 450 do padrão ETSI2 executa as seguintes tarefas (novamente explicadas apenas na medida do necessário). As crominâncias de pixel de entrada Cb e Cr são de modo similar multiplicadas por um valor F_C[Y] pelo multiplicador 452, fornecendo as crominâncias de saída Cb* e Cr*. A dificuldade é sempre obter as crominâncias de saída adequadas, sabendo que há muitas dificuldades: uma gama de cores de formato irregular de cores realizável (vide explicação na Figura 5), não linearidades da matemática, e a diversidade do sistema visual humano dos telespectadores, etc. Além disso, como será mostrado abaixo nas modalidades do presente pedido, o mercado tem cada vez mais suas preferências, o que leva a sistemas de manuseio de HDR cada vez mais complicados.

[0059] O padrão ETSI2 usa um determinador de processamento de saturação 451, que pode carregar, por exemplo, uma LUT que define valores de saída a serem enviados para o multiplicador dependendo de qual valor de luma Y o pixel de entrada tenha. Novamente, o criador de conteúdo tem liberdade para definir/otimizar o formato dessa função de definição do multiplicador de saturação dependente do luma. Isso ocorre, pelo menos até o grau necessário, porque, como veremos a seguir, às vezes são necessários cálculos inovadores de cor para definir essa LUT de F_C[Y].

[0060] A unidade de aplicação de matriz 453 simplesmente converte da especificação de cor Cb, Cr para uma representação RGB normalizada correspondente (cuja matemática não é relevante para o presente pedido, e o leitor interessado pode encontrá-la nos padrões ETSI2 em conjunto com ETSI1).

[0061] Pode-se definir um verdadeiro tripleto RGB multiplicando-se os valores R/Lh normalizados de "luminância não HDR", etc., pelo valor Ls normalizado calculado na trilha de processamento de luminância 401. Deve-se notar que os valores RN, GN e BN resultantes são, de fato, ainda luminâncias normalizadas em vez de luminâncias de SDR absolutas (Rs, etc.), mas são luminâncias normalizadas "corrigidas para SDR", porque agora levam em consideração qual luminância que as cores SDR receberam (Ls).

[0062] Para facilitar a compreensão de um conceito que seja inicialmente difícil para alguém que não é um versado na técnica da tecnologia de colorimetria, explicamos o que acontece na gama de cores YCbCr normalizada (universal, isto é, as gamas de cores SDR e HDR se sobrepõem adequadamente quando normalizadas como explicado acima, mas certamente precisamos converter cores HDR em cores SDR adequadas, mesmo se a transformação não seja altamente inteligente e otimizada para atender às necessidades da presente imagem de cena em HDR, mas uma que simplesmente se iguale a luminância de SDR absoluta à luminância absoluta de HDR de entrada) mostrada na Figura 5.

[0063] Uma transformação de luminância pura ocorrerá na direção vertical, então tipicamente se move uma luminância de HDR ou seu luma Y correspondente (isto é, de ColHDR) para cima para uma nova posição ideal (ColSDR), porque

para um mapeamento de luminância de HDR para SDR a curva de F_L na plotagem de eixos geométricos normalizados estará sempre acima da diagonal (isto é, as luminâncias ou lumas HDR de entrada normalizados com uma certa coordenada x também têm como coordenada y a altura da diagonal na posição da coordenada x, e a luminância de saída SDR normalizada de uma função que sempre se encontra acima dessa diagonal irá, portanto, fornecer sempre um valor maior de saída normalizada). Qual luminância de SDR real (absoluta) corresponde a esse valor de luma normalizado Y é encontrada primeiramente aplicando-se a EOTF a uma luminância normalizada (qual unidade 406 realizou, porque os lumas de processamento Y'HP a Y'GL foram definidos aplicando-se a EOTF correspondente da Equação 1), e essas luminâncias normalizadas são simplesmente multiplicadas por 100 pelo multiplicador 455 (por exemplo, 0,7*100 = 70 nits). Ou seja, o leitor agora vê que com esse framework qualquer coisa necessária pode ser definida a partir de uma cor de imagem em HDR de entrada, em particular seu luma Y definido por PQ (por exemplo, como armazenado em um disco blu-ray HDR) ao longo de todo o processo até a luminância de SDR absoluta do pixel correspondente a ser exibido na tela SDR, para mostrar uma imagem em SDR ideal correspondente à imagem de entrada em HDR (e a consequente decodificação da imagem em SDR a partir da imagem em HDR recebida).

[0064] Com as explicações até aqui, o leitor entende agora o ponto de partida básico da codificação em HDR, ao menos de acordo com a filosofia de codificação padronizada por ETSI do requerente. Para a maioria dos clientes, uma seleção de qualquer um dos padrões ETSI1 ou ETSI2 (e, portanto, tudo o que tecnicamente acontece) seria suficiente para os

seus fins, isto é, fornecer ao seu mercado belas imagens em HDR (certamente eles ainda precisariam criar essas belas imagens em HDR, inclusive determinar um bom formato para ao menos a função F_C e, de preferência, também a função F_L_CU, ou ao menos quando otimizassem não manualmente essas funções de acordo com suas próprias preferências artísticas específicas, comprar e usar o autômato do requerente que gera automaticamente uma aparência muito boa para cada tipo de imagem em HDR, e os resultantes formatos de funções de codec). Por exemplo, os clientes que preferissem uma reformulação completa para obter HDR versátil de alta qualidade à prova de futuro poderiam implantar o sistema ETSI2, e os participantes do mercado que valorizam mais suas imagens em SDR ou os clientes de SDR poderiam implantar seu sistema HDR como um sistema ETSI1 (isso pode também envolver várias discussões dependendo de onde se está na cadeia de manuseio de vídeo em HDR, por exemplo um criador de conteúdo versus uma operadora de sistema de comunicação de televisão por cabo, e transcodificação pode estar envolvida, etc.).

[0065] Há no entanto outra necessidade no mercado ou oferta ao mercado para os clientes que preferem não implantar ETSI1 ou ETSI2 exatamente como padronizados. Se um indivíduo prefere transmitir imagens em HDR como as únicas imagens representando todo o espectro de imagens necessárias para todas as várias telas com PB_D, faria bom sentido transmitir as imagens em HDR mestre (por exemplo, com PB_C de 5.000 nits), não apenas porque elas já estão disponíveis, mas também pela representação de melhor qualidade das imagens de cena em HDR (elas são os criadores de conteúdo “ouro” de fato, as imagens que ele especificamente criou e finalizou, e muitas

vezes o ponto de partida do filme de visão criativa, se isso já não for a única coisa que ele realmente criou se o restante da reclassificação é feito automaticamente pela tecnologia da invenção). No entanto, especialmente nos próximos anos, existe uma situação de mercado que pode se beneficiar de outra abordagem adicional. Infelizmente nem todos os televisores (ou genericamente os dispositivos de decodificação ou manuseio de vídeo) no mercado que não são telas SDR legadas não inteligentes (isto é, incapazes de realizar toda a matemática envolvida na decodificação em HDR, adaptação de exibição, etc.) serão sempre imediatamente televisores com capacidade ETSI2 (ou ETSI1). Há vários televisores no mercado que aplicam uma abordagem muito diferente para codificação e exibição em HDR, como, por exemplo, de acordo com a abordagem Hybrid Log-Gamma (HLG) recentemente padronizada. Ou talvez alguns televisores só possam decodificar imagens em HDR codificadas por luma de PQ, mas nada mais. Talvez alguns televisores possam apenas usar essa abordagem, e provavelmente o melhor que podem fazer é não processar nada em um vídeo em HDR de entrada de acordo com o padrão ETSI2. De modo similar, pode haver alguns televisores no mercado que não seguem qualquer filosofia padrão, pelo menos não em relação à adaptação de exibição, isto é, a reclassificação, por exemplo, da imagem de 2.000 nits recebida em, por exemplo, uma imagem de 900 nits para uma tela com PB_D de 900 nits. Tal televisor precisaria ter capacidade de decodificação para determinar quais cores de pixel e, em particular, luminâncias a imagem recebida contém, mas poderia usar sua própria heurística (mapeamento de tom) sobre como produzir a imagem de 900 nits. Uma desvantagem, pelo menos do ponto de vista de um criador de conteúdo que

gostaria que cada consumidor pudesse ver seu filme tão bem quanto originalmente criado, é que tal variabilidade criará um elevado grau de incerteza sobre o que uma dada marca particular de televisão fará com qualquer imagem em HDR recebida. Por exemplo, uma simples reinterpretação de exibição das imagens em HDR que foi realizada no passado recente é a renderização absoluta das luminâncias da imagem em HDR. Isto significa que todas as luminâncias da imagem em HDR de até 900 nits são exibidas com a luminância exatamente como foi codificada na imagem, mas com todas as altas luminâncias recortadas para o branco mais branco possível da tela (isto é, PB_D). Com um exemplo de imagem como a estação espacial da Figura 7, isso poderia significar que algumas partes da terra são recortadas em uma mancha branca feia (no ponto em que o sol ilumina excessivamente a terra em seu lado direito). Embora essa TV continue sendo uma boa TV HDR em certa medida, porque mostrará os bonitos azuis brilhantes da maior parte da terra vista através da janela de visualização superior da estação espacial que contrastam bem com o interior escuro, ao menos parte da imagem terá uma aparência feia (e algumas outras cenas podem mostrar erros muito mais graves, ao menos em algumas TVs, como, por exemplo, recortar cada detalhe da imagem fora da caverna da Figura 1, ou em um mercado de rua, etc.). Realizar outra reinterpretação simplista do mapeamento de tom como, por exemplo, uma compressão linear das luminâncias como uma estratégia branco sobre branco pode criar vários outros problemas. Assim, embora tal sistema pudesse operar e produzir algum tipo de imagem em HDR para o espectador final (por exemplo, em nosso sistema ETSI2, tal TV poderia usar apenas a função de PQ da EOTF 401, mas ignorar todos os outros metadados

da função de mapeamento de luminância e os subsequentes mapeamentos de luminância sequenciais 402, 403, etc., que no ESTI2 executam a funcionalidade de exibição de adaptação), mas os resultados não serão nem da melhor qualidade visual nem – o que é provavelmente pior – previsíveis.

[0066] Isto levou a uma nova topologia de codificação baseada em um segundo tipo de imagem em HDR além da imagem em HDR mestre, a chamada imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR), que foi introduzida pela primeira vez na patente WO2016020189. A vantagem é então que se pode definir tal imagem em HDR secundária (a imagem codificada em IDR que será transmitida aos receptores em vez da imagem em HDR mestre na filosofia clássica de codec do ETSI2) com um PB_C que fica na faixa de muitos televisores no campo (por exemplo, 1.000 nits, ou 750 nits; embora fosse possível escolher usar 500 nits com a mesma técnica, ou até mesmo 400 nits de PB_IDR). Mas qualquer que seja o PB_MHDR, ainda é possível tornar o HDR mestre tão artístico ou praticamente livre de limitações técnicas (por exemplo, o monitor de classificação disponível) quanto se desejar. A ideia é que qualquer que seja a técnica de reinterpretação de exibição (incluindo mapeamento de tom) usada pelo televisor, ela deve ser suave, no sentido de que o processamento não deve se desviar muito da imagem recebida se o PB_D for próximo ao PB_IDR, o pico de brilho da imagem em IDR recebida. Por exemplo, mesmo uma televisão que é tão "burra" que meramente recorta todas as luminâncias de pixel acima do PB_D não deveria então recortar excessivamente (por exemplo, não toda a terra ou exterior ensolarado da imagem da caverna). E o criador de conteúdo ganha de volta algum controle, porque mesmo que se, de um lado, ele desejar criar

belas regiões de imagem ultrabrilhantes, por exemplo, em torno de uma média de 4.000 nits em um PB_C_H mestre de 5.000 nits, ele pode controlar a maneira como reclassifica essas regiões na imagem em IDR para que fiquem, por exemplo, suficientemente abaixo de 1.000 nits de modo que mesmo uma televisão não inteligente de 800 nits deva apenas recortar os pixels mais brilhantes e visualmente menos destrutivos, por exemplo, apenas os raios do sol no exemplo da estação espacial da Figura 7. Dessa forma, alguma nova tecnologia será necessária para atender a essa nova abordagem.

[0067] A Figura 7 mostra como a filosofia de codec de WO2016020189 atendia às necessidades da abordagem de adaptação de canal (a imagem transmitida por canal sendo a imagem em IDR, pela qual se pode dizer que um dado canal de comunicação está configurado para enviar imagens com PB_CH de, por exemplo, 1.000 nits). O exemplo é novamente escolhido para ser interessante para a elucidação de alguns conceitos principais. Uma coisa que se deve entender é que, embora possa ser útil se todas as diferentes imagens de PB_C ao longo da faixa fossem exatamente ou pelo menos muito próximas ao que o criador de conteúdo produziria se ele classificasse cada uma delas separadamente e sem limitação em qualquer sistema técnico, mas isso não precisa ser necessariamente sempre assim, em particular para a imagem em IDR. Pode haver algum relaxamento envolvido (por outro lado também pode haver algum debate sobre quando e por qual motivo uma dada classificação de imagem de cena em HDR de uma categoria X em relação a uma categoria Y é ideal, e para a qual o desvio parece ser um desvio suficiente; por exemplo, pode-se imaginar que a luminância dos pixels da lâmpada de iluminação pública seja

menos crítica que aquela dos pixels de uma face, especialmente se ela deve ser vista com a metade escondida no escuro, porque também já na vida real qualquer lâmpada de iluminação pública pode muito bem ser um pouco mais brilhante ou menos brilhante, de qualquer forma).

[0068] O documento WO2016020189 fornece um meio para definir funções (diferentes) a partir da imagem em IDR como algum ponto médio, isto é, para cima em direção à HDR mestre para ser reconstruída a partir da imagem em IDR como recebida pelos receptores, e para baixo para fazer a adaptação de exibição para qualquer tela MDR com PB_D < PB_IDR. Com essa tecnologia, a faixa de HDR mestre poderia muito bem ser escolhida para ser sempre fixa como a faixa de PB_C 10.000 nits, que é a faixa ligada à função de PQ.

[0069] Pode-se ver que novamente pode haver considerações diferentes envolvidas sobre como transformar várias possíveis luminâncias, e estas podem vantajosamente ser bastante diferentes à esquerda da imagem em IDR escolhida daquelas à direita. Isso porque, na realidade, conceitualmente podemos estar fazendo algo diferente. À esquerda estamos criando uma imagem em HDR secundária (“menor”) a partir da imagem em HDR mestre. Então uma consideração pode ser que essa imagem em IDR precisa ser “tão boa” (apesar do PB_IDR menor) quanto a imagem em HDR mestre (e então como resolver essa aparente contradição elegantemente). À direita estamos comprimindo em direção a um PB_MDR ainda menor (que pode ser considerável para uma alta complexidade, significando, entre outras coisas, muitos objetos críticos espalhados por toda a faixa de luminância, e imagens com PB_C_H alto), ou seja, parece que temos uma tarefa diferente de geração de imagem com

exibição adaptada. Portanto, pode-se imaginar que isso poderia levar a técnicas de manuseio (bastante) diferentes, em particular nas funções de mapeamento de luminância diferentemente formatadas/projetadas de nossa visão de mapeamento imagem + luminância.

[0070] Nesse exemplo, as luminâncias da estação espacial escura são exibidas em cada televisor razoável (ao menos em princípio), uma vez que elas são mais escuras que 60 nits. Mas os pixels mais brilhantes precisam ser primeiro suavemente comprimidos na imagem em IDR, e então quanto menor a compressão feita na primeira parte, maior compressão deve ser feita na imagem em SDR. E pode haver critérios diferentes novamente para os dois objetos brilhantes exemplificadores, a terra azul brilhante e o sol, muito mais brilhante mas quase incolor, e seus raios. Como indicam as subfaixas de luminância, respectivamente, na faixa de luminância de imagem em HDR mestre (BE) e na faixa de luminância de IDR (Be2) para o objeto terra brilhante, de modo ideal esse criador de conteúdo pode desejar que o brilho máximo para a terra nunca exceda 750 nits, por exemplo, qualquer que seja a capacidade de PB_C de qualquer imagem ou tela (pois de outro modo a terra pode começar a brilhar demais e parecer irrealista). Entretanto, o que as luminâncias do sol devem fazer então se torna uma função de vários fatores, não apenas preferências artísticas, mas também a quantidade de luminâncias reservadas para codificar o objeto sol acima de 750 nits na imagem em IDR escolhida (PB_IDR de 800 nits) (naturalmente em algumas situações o comunicador de conteúdo pode escolher outro valor de PB_IDR maior, mas se presume aqui que qualquer aparelho conectado à extremidade receptora do canal de comunicação sempre espera um PB_IDR de

800 nits para qualquer conteúdo de vídeo, seja um filme de Hollywood ou um programa de notícias). A função de mapeamento de luminância F_H2 h finalmente selecionada para criar as luminâncias da imagem em IDR a partir das luminâncias da imagem em HDR mestre para todos os pixels mais brilhantes como um subconjunto é mostrada com as duas setas: escolheu-se uma solução para definir uma ação de compressão total para os dois objetos em conjunto, o que também reduz um pouco as luminâncias mais baixas do objeto terra brilhante. Esse é um exemplo de uma situação em que a preferência ideal de reclassificação do criador de conteúdo não é 100% satisfeita (porque talvez isso corresponda a algumas outras dificuldades técnicas), mas a imagem em IDR é suficientemente próxima para a maioria das pessoas. Realmente não importa tanto se os pixels da terra sejam apenas um pouco mais escuros na imagem em IDR, e talvez isso pudesse ser esperado mesmo para uma imagem em HDR de menor qualidade. Mas o ponto importante é que essa imagem em IDR ainda pode atender a todos os requisitos da filosofia ETSI2 original (embora com essa etapa de codec adicional que também atende ao requisito de que telas não inteligentes com PB_D aproximado de 800 nits não podem deteriorar muito a imagem em IDR recebida antes de exibi-la): todas as imagens em MDR até as imagens em SDR mestre conforme desejado pelo criador de conteúdo ainda podem ser geradas pelos receptores empregando-se as funções de transformação de luminância do lado direito, e (mesmo com os pixels do objeto terra brilhante escurecidos) a imagem em HDR mestre com PB_C de 2.000 nits ou a imagem com PB_C de 10.000 nits ainda pode ser reconstruída mediante inversão da função F_H2 h (a qual, por si só, também poderia ser otimizada para cada imagem, ou um conjunto consecutivo de

imagens codificando uma cena específica de um filme, de acordo com suas necessidades técnicas e/ou artísticas).

[0071] Dois documentos merecem discussão, mais por sua irrelevância (porque diferentes aspectos técnicos não devem ser confundidos), do que por sua importância (mas que devido à potencial confusão, eles merecem ser discutidos): A patente US20160307602 e a patente EP2689392 (também conhecida como WO2012127401), ambas referentes à chamada "otimização de exibição" em vez de um design de framework de codificação de imagem de vídeo. Essa principal diferença, para os versados na técnica, é elucidada com a Figura 23, que mostra um exemplo típico da cadeia completa de manuseio de vídeo. Em um lado de criação de conteúdo 2301, presume-se que existe uma captura ao vivo (ou gravada anteriormente) de uma cena em HDR por meio da câmera 2302. Um classificador humano (ou "sombreador") determina, por exemplo entre outras coisas, a classificação mestre da captura (isto é, a posição relativa das várias luminâncias de pixel de objeto de imagem na faixa dinâmica de luminância da imagem em HDR mestre – que termina em um valor representável máximo de, por exemplo, PB_C_H50 = 5.000 nits; e começa em algum pequeno valor de preto, por exemplo, MB_C_H50 = 0,001 nit, o qual, para a presente discussão, pode-se presumir como sendo equivalente a zero: por exemplo, para a estação espacial, ele altera por processamento de imagem a captura original da câmera de modo que os pixels do sol se tornem 4.500 nits, o azul brilhante da terra se torne, por exemplo, 200 nits, etc.). Em segundo lugar, em nossa abordagem, o classificador quer tipicamente indicar com ao menos uma função de mapeamento de luminância (na prática, tal função de mapeamento de luminância pode ser um formato diferente para

imagens consecutivas do vídeo em HDR, e explicou-se ainda nos padrões ETSI como pode ser tecnicamente muito conveniente definir várias funções mesmo para uma imagem de vídeo em um instante no tempo, mas essas complexidades adicionais não são necessárias para elucidar a presente contribuição inovadora para o campo), que será, tipicamente, uma função especificando como as luminâncias de HDR mestre normalizadas com PB_C_H50 de 5.000 nits devem ser reclassificadas para luminâncias LDR normalizadas de 100 nits: FL_50t1.

[0072] Um terceiro aspecto importante é então a técnica de codificação para a codificação da imagem em HDR mestre a ser transmitida para um ou mais receptores (através de pelo menos uma técnica de codificação). No início da pesquisa de vídeo em HDR, e de modo correspondente nas versões mais simples padronizadas pelo requerente, essa seria uma codificação relativamente simples, como, por exemplo, a imagem em LDR de 100 nits, que é então tornada compatível adequadamente com versões anteriores, de modo que possa ser mostrada diretamente com boa aparência visual em antigos televisores LDR, que não são projetados para e nem têm capacidade de processamento de HDR. A abordagem de codificação do documento WO2016020189 e dos presentes ensinamentos é um exemplo de uma abordagem de segunda geração mais avançada, que, embora mais complexa, pode atender às aspirações específicas adicionais em alguns ecossistemas técnicos de comunicação ou manuseio de vídeo em HDR. A classificação realizada, por exemplo, pelo classificador humano 2304 (caso ela não seja automatizada como ocorre muitas vezes em programações de radiodifusões ao vivo) é feita em um aparelho de classificação 2303 (que tipicamente incluiria várias

ferramentas para alterar luminâncias de pixel, mas que para fins da presente elucidação podemos presumir que ele consista em elementos para fornecer uma interface de usuário para especificar o formato da FL_50t1, e transmitir tal formato de função (por exemplo, como metadados compreendendo alguns parâmetros que definem o formato da função)).

[0073] Embora o codificador de vídeo 2305 (que irá realizar, presumindo-se de modo não limitado que sua imagem em HDR mestre de entrada seja um conjunto de luminâncias para todos os pixels, todas as técnicas de produção de uma codificação real da imagem em HDR mestre, isto é, por exemplo, uma matriz pixelizada de 8 bits, 10 bits ou 12 bits de tripletos de cores de pixel tipicamente YCbCr juntamente com metadados descrevendo todas as outras informações como funções de mapeamento de luminância, qualquer que seja a técnica de codificação escolhida) pode, em princípio, ser incluído no aparelho de classificação 2303, que aqui é tipicamente mostrado como um aparelho adicional conectável. Para o leitor isto representa uma simplificação suficiente para elucidar a presente invenção, uma vez que ela resume várias variantes práticas, por exemplo, a captura (e talvez classificação) ocorrendo em um veículo de radiodifusão externo, e a codificação talvez ocorrendo em alguma estação de retransmissão de comunicação intermediária, por exemplo, após a inserção dos comerciais locais no sinal, etc. (a esse respeito, a harmonização dos vários conteúdos de imagem também pode estar envolvida, mas isso é um detalhe que não precisa ser elaborado). O que é importante entender é o que acontece no lado da criação (considere, por exemplo, a diferença entre contribuição e distribuição), que podemos definir como

formalmente encerrado quando o sinal de vídeo finalmente codificado é transmitido para alguns consumidores, por exemplo, através de uma antena de satélite 2306, e um satélite de comunicação 2340 (ou qualquer canal de comunicação de vídeo equivalente, por exemplo, a Internet, etc.).

[0074] No lado da recepção, normalmente existem aparelhos destinados ao consumidor na residência de um consumidor final, como, por exemplo, um conversor de sinais de televisão via satélite, ou qualquer aparelho equivalente de decodificação e processamento final 2352, conectado no lado de entrada de uma antena parabólica 2351 local, e no lado de saída de uma tela HDR 2353, que pode ter vários recursos de exibição, por exemplo, um PB_D de 1.000 nits, de 700 nits, ou de 2500 nits. Embora possa ser suficiente que o conversor de sinais execute apenas uma nova decodificação aos valores de luminância que precisam ser exibidos pelo decodificador 2381, que executa então as operações inversas do codificador, tipicamente isto só será útil em uma quantidade limitada de situações. Em geral, haverá um processo de otimização de exibição, pelo otimizador de tela 2382, que altera novamente a distribuição das luminâncias absolutas respectivamente normalizadas (por exemplo, qualquer uma das imagens em LDR recebidas, ou a imagem em HDR mestre decodificada de, por exemplo, 5.000 nits), porque a imagem mestre pode ter sido codificada para um PB_C_H50 de, por exemplo, 5.000 nits, isto é, potencialmente contendo pixels de luminância de 2.000 nits, ainda que a tela HDR de um consumidor específico possa ter apenas, por exemplo, até 700 nits (seu branco exibível mais branco).

[0075] Então, por um lado, há grandes diferenças técnicas entre os aparelhos (e sua filosofia de design

tecnológico, etc.) em ambos os lados, por exemplo, que o lado de criação/transmissão/codificação terá apenas um codificador de vídeo 2370 para codificar o vídeo em HDR mestre (MsterHDR) como uma imagem de faixa dinâmica intermediária, IDR, codificada por canal, enquanto que o lado de recepção pode também otimizar a exibição da imagem em HDR reconstruída de 5.000 nits (RecHDR) em uma imagem ImDA com exibição otimizada de, por exemplo, PB_C de 700 nits, idealmente adequada para uma tela com PB_D de 700 nits conectada. A diferença técnica entre os dois pode ser vista em que um pode fazer a otimização de exibição como um pós-processamento (opcional), enquanto que a codificação/decodificação é apenas uma tecnologia de reconstrução de imagem, não necessitando tipicamente de qualquer ensinamento acerca de otimização de exibição. Os aparelhos (e os procedimentos de funcionamento, etc.) dos dois lados são tipicamente tratados também por especialistas qualificados muito diferentes. Os aparelhos de criação de conteúdo podem ser projetados por produtores de equipamentos de vídeo profissionais, e operados por engenheiros de radiodifusão, etc. Conversores de sinais e televisores são tipicamente produzidos por fabricantes de eletrodomésticos eletrônicos destinados ao consumidor, por exemplo, de origem asiática.

[0076] A patente US20160307602 é uma primeira patente de otimização de exibição do requerente. Em resumo, a ideia aqui é que o criador de conteúdo possa fornecer algoritmos e regras de orientação de comportamento de reclassificação para os vários (ao menos dois) regimes que podem existir em uma imagem (um regime sendo um conceito que é tanto um conjunto de pixels em uma imagem, e um comportamento

necessário de reclassificação para esses pixels quando se tem disponíveis diversas telas de várias faixas dinâmicas). Embora isso tenha primeiro possibilitado uma conexão entre as preferências dos criadores de conteúdo e a exibição real em um local de consumo final, é na verdade nesse local final que o comportamento controlado da adaptação de exibição precisa acontecer. E, idealmente, um fabricante de um conversor de sinais, ou de uma televisão no caso de pelo menos a adaptação de exibição acontecer nessa televisão, seguirá em grande medida o que o criador de conteúdo especificou como bom comportamento para os vários objetos do regime nas imagens de vídeo (por exemplo, alguém aparecendo em uma região escura, sem se tornar muito visível nem muito invisível em qualquer capacidade de exibição, mesmo em telas LDR com PB_D de 100 nits), porque é o que esse criador de conteúdo precisa, em vez de fazer qualquer coisa cegamente. Mas esse é claramente o comportamento FINAL que deve ocorrer no lado do consumo, e é totalmente ortogonal à maneira como um provedor de tecnologia de comunicação de vídeo quer desenvolver, respectivamente qualquer implementador deseja implantar, qualquer filosofia de codec de vídeo específica. Também não se deve confundir qualquer tecnologia de mapeamento de tom ad hoc devido ao fato de que esse mapeamento tipicamente não será invertível, uma propriedade que uma codificação por meio de uma faixa dinâmica mais baixa de imagem em IDR deve ter.

[0077] O documento WO2012127401 é também uma tecnologia HDR de primeira era para especificar o comportamento de otimização de exibição, que pode ser feita por meio de várias modalidades de uma estrutura DATGRAD, que especifica como vários conteúdos de imagem devem ser reclassificados para

diferentes capacidades de faixa dinâmica de luminância. Essa estrutura DATGRAD será usada para gerar qualquer imagem de faixa dinâmica média (MDR) necessária para uma tela MDR com PB_D entre o pico de brilho codificável HDR mestre PB_C (isto é, o PB_C_H50 na presente notação) e o PB_C LDR de 100 nits da menor especificação de reclassificação (p. 16) necessária. A derivação da imagem em MDR é idealmente feita não só com o uso das necessidades de reclassificação da imagem como codificada na estrutura de dados DATGRAD, mas também de aspectos específicos de visualização no lado da tela como, por exemplo, brilho do ambiente de visualização, ou ajustes finais das preferências do espectador (vide página 5).

[0078] Deve ficar evidente que desde o início quando ainda não se tem muitas ideias específicas, tais ensinamentos nada contribuem para o versado na técnica em relação à reformulação de codec.

[0079] Além das diferenças na geração de funções específicas em comparação com o que já se pode encontrar na técnica anterior, mas, mais importante, na inovadora estrutura/framework em si, deve-se também mencionar que a comunicação real de um segundo valor de PB_C (o mais alto, do conteúdo mestre, além do mais baixo da imagem em IDR realmente transmitida) também é diferente de um caracterizador de tipo (opcional) que pode ser usado na patente WO2016020189. Além do fato de que os dois não são literalmente iguais, um enumerador pode ter um papel diferente, e sobretudo se forem considerados os dados relativos a esse framework em comparação com os presentes ensinamentos. Tal caracterizador da patente WO2016020189 pode ser útil no caso de haver, por exemplo, duas funções de mapeamento de luminância de reclassificação

ascendente. Pode, então, ser útil para a seleção de qualquer um obter qualquer coisa como uma reconstrução próxima da imagem em HDR mestre no lado da criação. Mas tal informação não é estritamente necessária, nem ser aplicada necessariamente na técnica anterior. Pode-se usar a função de atualização recebida em uma imagem em HDR mestre para se obter, em vez de uma imagem reconstruída de 5.000 nits, uma imagem reconstruída de 4.000 ou 6.000 nits. Como há dois lados da imagem intermediária, a função de classificação descendente é geralmente aquela com o conteúdo de imagem crítico (especialmente o conteúdo que precisa ser exibido com brilho e fidelidade suficientes em todas as telas PB_D), mas a função de atualização será especificamente diferente de tal modo que ela especifica o comportamento de reclassificação para os objetos mais brilhantes (como faróis de carro, reflexões de sol, etc.). Esses são os típicos objetos/efeitos de impacto de HDR que, não obstante, também não são reproduzíveis corretamente de qualquer maneira, uma vez que é na região superior da faixa de luminância que as telas de diversas capacidades mais variam. Logo, produzir uma imagem reconstruída com PB_C de 4.000 nits a partir, por exemplo, de uma imagem em IDR de 600 nits pode resultar em algumas luzes de farol de carro que são um pouco escuras demais em comparação com seu valor ideal de luminância (ainda que tal valor pudesse ser representado na faixa de luminância de 4.000 nits), mas ainda assim será uma imagem em HDR de aparência bastante boa se for aplicada apenas, por exemplo, a função de reclassificação normalizada multilinear no sistema de eixo geométrico [0-1]/[0-1], em que o eixo geométrico horizontal representa as luminâncias normalizadas com PB_C da imagem em IDR e o eixo geométrico vertical

corresponde ao PB_C de qualquer imagem em HDR reconstruída escolhido para ser calculado, que não está tão despropositadamente longe do (possivelmente não conhecido, mas apenas presumido) PB_C HDR mestre. Na presente tecnologia, é ativamente comunicado em metadados um valor de luminância de PB_C_H50 por si só, uma vez que ele também é usado no algoritmo do decodificador.

[0080] Os inventores deste pedido de patente desejam restringir a abordagem genérica de IDR de várias maneiras, especificamente ao redor da filosofia de codificação ETSI2 e sistemas (CI, televisores, conversores de sinais) já existentes.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0081] Várias considerações técnicas foram feitas pelos inventores. Por um lado, os inventores gostariam que o seu sistema fosse compatível com decodificadores ETSI2 já instalados. Logo, se, por exemplo, uma imagem em IDR de 1.500 nits foi transmitida (o decodificador ETSI2 não sabe nada sobre os princípios de construção de IDR, presumindo, portanto, que se trata apenas de uma imagem em HDR mestre original da cena em HDR), então uma função de mapeamento de luminância F_L_IDR (e todas as outras informações de mapeamento de cor de acordo com ETSI2), deve ser comunicada conjuntamente, que é a função F_I2s da Figura 7 e faz a adaptação de exibição correta. Assim, independentemente de uma tecnologia de IDR adicional estar ou não sendo utilizada, o ETSI2, também conhecido como decodificador SLHDR2, deve ser capaz de criar normalmente todas as imagens em MDR até a imagem em SDR, e elas deveriam (idealmente) ter a aparência que o criador de conteúdo desejou. Idealmente, qualquer novo decodificador de acordo com os

presentes princípios, o qual chamaremos de um decodificador SLHDR2PLUS, deve também exatamente ou ao menos aproximadamente render as mesmas aparências para todas as imagens entre SDR e IDR (isto é, pelo menos uma dentre a imagem em IDR e a imagem em SDR deve, de preferência, não se desviar muito da imagem em MDR que seria resultante de como o classificador de cores ou o criador de conteúdo teria gostado ou pelo menos aceitado). Por outro lado, um critério muito importante é que a HDR mestre pode ser reconstruída quase perfeitamente (exceto, talvez, por alguns pequenos erros de arredondamento que ocorrem, por exemplo, durante a codificação por DCT da imagem em IDR na fase de compressão MPEG para transmissão, o que resultará em pequenos erros de reconstrução irrepreensíveis da HDR mestre no lado de recepção). É óbvio que pode haver alguns sistemas com algum relaxamento sobre a qualidade da reconstrução da HDR mestre (alguns provedores de conteúdo podem ver a imagem em IDR como mais importante, pelo menos no caso de algum aspecto temporário estar envolvido, como em radiodifusão ou mesmo de ponto a ponto para um público limitado, em vez de, por exemplo, para armazenamento, por exemplo, em discos blu-ray), mas em geral pelo menos um participante importante envolvido na cadeia de manuseio considerará importante a perfeita capacidade de reconstrução da imagem em HDR mestre (que se distingue de tentativas cegas de criar alguma aparência de faixa dinâmica mais alta a partir da IDR).

[0082] Por fim, embora se vê que para servir sem uma necessidade de um novo design e reimplantação de decodificadores ETSI2, deve-se comunicar conjuntamente a função F I2s (isto é, de preferência deve-se usar tanto quanto possível o circuito de (de)codificação do sistema SLHDR2, mas

pelo menos os sinais de vídeo, inclusive sua luminância, e as funções de mapeamento de cor ainda devem estar em conformidade com a definição padronizada, de modo que entre outras coisas os sistemas SLHDR2 legados saibam o que eles recebem, além de alguns metadados que não precisam e podem ignorar), o classificador de conteúdo pode tipicamente querer especificar suas funções de mapeamento de luminância (e cor) entre a HDR mestre que ele criou e alguma versão SDR correspondente (isto é, PB_C de 100 nits) da mesma (a qual ele pode, por exemplo, ter criado com um sistema como aquele mostrado na Figura 4). Dessa forma, a função F_Mt1 (vide Figura 10) não será nem a função F_H2 h nem a função F_I2s da Figura 7, mas sim uma função que abranja a totalidade do esforço de reclassificação entre a HDR mestre e a SDR mestre (isto é, F_Mt1 define as necessidades de reclassificação de uma imagem de cena em HDR entre as mais diferentes representações de faixa dinâmica da dita cena em HDR). Portanto, é necessária uma técnica para relacionar elegantemente essas duas situações, em particular na filosofia de framework do padrão ETSI2 ou ao redor da mesma (por exemplo, o método de decodificação SLHDR2PLUS produz imagens em MDR com as mesmas aparências que um receptor ETSI2 exibe adaptando com as imagens em IDR recebidas e as funções D_I2s, para cada dado instante em que uma ou mais funções realizam parcialmente a reclassificação entre a imagem de faixa dinâmica de entrada daquele instante e a imagem de faixa dinâmica de saída desejada para aquele instante).

[0083] Conforme será observado abaixo, isso pode ser feito de várias formas de acordo com diferentes percepções dos vários inventores, dependendo de qual tipo de sistema se deseja exatamente, e qual condição de restrição desejável deve

ser mais ou menos relaxada (levando-se também em conta fatores técnicos práticos específicos como, por exemplo, quantos ciclos ou transistores seriam necessários para várias escolhas, o que pode tornar algumas escolhas mais desejáveis do que outras, mas não é preciso mergulhar nesses detalhes para o presente pedido de patente).

[0084] Há ainda alguns princípios básicos que todas as abordagens usam. Ao menos duas maneiras de resolução podem ser resumidas com a Figura 8. Os receptores recebem a imagem em IDR (que deveria ser de alguma forma reconstruível na imagem MsterHDR, neste exemplo de PB_C = 4.000 nits), e eles também têm a função F_I2s. Mas para cada luminância de IDR eles devem encontrar de alguma forma a função F_?? para calcular a correspondente luminância de HDR mestre normalizada, e, portanto, absoluta, necessária (que irá reconstruir exatamente essa HDR mestre como era originalmente, ainda que sua imagem (ou imagens) nunca tenha sido transmitida). Pode-se construir um novo sistema de transformação de cor do decodificador SLHDR2PLUS que pode determinar a função necessária (ainda que pelo menos de acordo com seu circuito integrado de processamento (CI) ou núcleo de software ainda seja mostrado como na Figura 4, com a trilha de processamento de luminância com as suas especificidades (pelo menos algumas das subunidades sendo empregadas), e a trilha de processamento cromático), ou, também se poderia tentar colocar toda a inteligência dentro do codificador, de modo que fosse possível usar uma abordagem de transformação de cor de codificação ETSI2 padrão da forma como se encontra (exceto por sua inovação que é sua nova programação para reconstruir a HDR original de 4.000 nits, mediante a recepção dos metadados desse

segundo pico de brilho PB_C_H50 desejado, que envolve tipicamente o carregamento total ou parcial das LUTs apropriadas de processamento de luminância e crominância), seja o mesmo ajustado para extrapolar em vez de exibir com adaptação as imagens para um PB_D menor do que o valor do PB_IDR. Ambas as abordagens e suas modalidades precisarão de alguns novos componentes técnicos genéricos, mas se enquadram sob a nova filosofia de codificação SLHDR2PLUS.

[0085] A partir da construção básica do codificador SLHDR2PLUS 900 espécies do codificador IDR genérico conforme mostrado na Figura 9 (conforme explicado em mais detalhes abaixo), pode-se ver a diferença com a codificação HDR normal, em particular a codificação de vídeo HDR em ETSI2: existem agora dois picos de brilho codificados conjuntamente nos metadados, a saber, primeiramente o pico de brilho "normal" (que será chamado pico de brilho de canal PB_CH, isto é, o pico de brilho da imagem em IDR conforme recebida, qualquer que seja a tecnologia usada, isto é, qualquer nível de pico de brilho parece ideal para o criador de conteúdo, proprietário ou transcodificador, e qualquer que seja o método matemático empregado para calcular as luminâncias de pixel de IDR) indicando qual é a máxima luminância codificável do vídeo transmitido e posteriormente recebido, isto é, da imagem (ou imagens) em IDR [isso é o que um decodificador ETSI2 normal veria, ignorando todas as outras abordagens inovadoras]. Mas, em segundo lugar, existe agora também o pico de brilho da imagem (ou imagens) em HDR mestre original, ou seja, o pico de brilho de conteúdo PB_C_H50 (por exemplo, 5.000 nits). O segundo pico de brilho PB_C_H50 pode ter sido especificado em algumas modalidades muitos meses antes

da criação da imagem em IDR, quando as imagens em HDR mestre foram criadas (por exemplo, com base nas ações capturadas de uma câmera, no computador etc.), e o PB_CH pode ser definido como uma entrada externa para o codificador 900, por diversos meios possíveis no momento da codificação de canal (por exemplo, uma operadora de televisão a cabo pode ter um valor fixo definido na memória, que pode ser atualizado anualmente para refletir o estado médio atual das telas HDR de seu cliente, ou um PB_CH otimizado pode ser calculado levando-se também em conta alguma luminância ou as especificidades de outra imagem, ao menos uma imagem do vídeo, ou seus metadados associados, mesmo potencialmente os metadados incluídos especificamente para orientar posteriormente a recodificação de IDR, etc.). Ter um (único) pico de brilho comunicado conjuntamente é útil para codificação em HDR, pelo menos para o sistema de ETSI2 (que tinha apenas o que era visto na época como a única coisa necessária, isto é, “o” pico de brilho das imagens como recebido), mas em vista da plena usabilidade transparente para decodificadores ETSI2 legados, isso, conforme dito, precisaria ser o PB_CH (caso contrário eles não podem fazer seus cálculos de adaptação de exibição normal). O PB_C_H50, por outro lado, é absolutamente necessário para o cálculo da função F_?? da Figura 8, e com essa função a imagem em HDR mestre pode, por fim, ser reconstruída a partir da imagem em IDR recebida.

[0086] Assim, isso mostra imediatamente a diferença entre um fluxo de dados de codificação de vídeo do sistema ETSI2 legado, e os decodificadores do sistema ETSI2 legado não conhecerão esses metadados adicionais e irão simplesmente ignorá-los, porque os decodificadores ETSI2 não

precisam determinar nenhuma imagem com PB_C mais alto que o PB_C_H que recebem nos metadados indicando a luminância mais brilhante possível na imagem recebida (porque, de acordo com uma filosofia ETSI2 pura, a imagem conforme recebida é sempre a imagem de melhor qualidade, na verdade ela era a imagem em HDR mestre de mais alta qualidade criada pelo criador de conteúdo). Mas, conforme mostrado na Figura 11, um decodificador SLHDR2PLUS genérico irá não só receber e ler o valor de PB_C_H50, mas também usá-lo para reconstruir a imagem REC_M_HDR, que é uma reconstrução quase perfeita da imagem em HDR mestre criada pelo criador de conteúdo (de fato, esse decodificador usará o valor de PB_C_H50 para calcular a função (ou funções) F_?? a partir da função (ou funções) F_I2sCI recebida). Esse decodificador pode vantajosamente produzir também imagens com PB_C menor, como, por exemplo, uma imagem MDR_300 com PB_C de 400 nits, mas seria possível escolher usar um núcleo de cálculo ETSI2 padrão para tais imagens de PB_C menor que o PB_CH, ou o cálculo poderia ser feito em uma modalidade do núcleo de cálculo do novo SLHDR2PLUS (mas para a reconstrução precisa de imagens com PB maior que o PB_CH, os novos conceitos são definitivamente necessários, uma vez que isso não pode ser feito de modo trivial com a tecnologia ETSI2).

[0087] Assim, as tarefas a serem resolvidas pela nova tecnologia são executadas por um codificador de vídeo de alta faixa dinâmica (900), disposto para receber, através de uma entrada de imagem (920), uma imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR) que tem uma primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) para a qual o codificador tem uma primeira entrada de metadados (922), e disposto para receber, através

de uma segunda entrada de metadados (921), uma função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) que define a relação entre os lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada e os lumas normalizados de uma imagem de baixa faixa dinâmica (Im_LDR) correspondente tendo uma luminância de pixel máxima de LDR, que é de preferência igual a 100 nits, sendo o codificador caracterizado adicionalmente por compreender uma terceira entrada de metadados (923) para receber uma segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), e o codificador sendo caracterizado adicionalmente por compreender:

- uma unidade de geração de função de HDR (901) disposta para aplicar um algoritmo padronizado para transformar a função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) em uma função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI), que relaciona os lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada às luminâncias normalizadas de uma imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) que é caracterizada por ter uma possível luminância máxima igual à segunda luminância de pixel máxima (PB_CH);

- uma unidade de cálculo de imagem IDR (902) disposta para aplicar a função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI) aos lumas de pixels da imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR) para obter lumas de pixels da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) que é produzida por essa unidade; e

- um gerador de função de mapeamento de IDR (903) disposto para derivar com base na função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) e na função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI) uma função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI), que define como saída os respectivos lumas normalizados da

imagem de baixa faixa dinâmica (Im_LDR) quando recebem como entrada os respectivos lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR), que por sua vez correspondem aos lumas da imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR); sendo o codificador caracterizado adicionalmente por ter:

- uma saída de imagem (930) para fornecer a imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR);
- uma primeira saída de metadados (932) para fornecer a segunda luminância de pixel máxima (PB_CH);
- uma segunda saída de metadados (931) para fornecer a função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI); e
- uma terceira saída de metadados (933) para fornecer a primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50).

[0088] Deve-se notar primeiramente que, embora a descrição mostre conceitualmente uma entrada separada para cada item de dado necessário do presente codificador, na prática, o versado na técnica reconhece que uma ou mais dessas entradas (e de modo similar as saídas) podem ser as mesmas, dependendo do que uma tecnologia de entrada de vídeo consegue manusear (por exemplo, algumas entradas de imagens em HDMI anteriores não conseguem lidar – isto é, ser potencialmente diferentes para cada imagem de vídeo temporalmente sucessiva – com as funções de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) dinamicamente variáveis, caso em que esses dados podem ser transmitidos de maneira sincronizável, por exemplo, através de uma conexão Wi-Fi, etc.). A maneira como os vários dados de entrada são inseridos também pode depender de onde eles são gerados, isto é, em ou a qual outro sistema o codificador está conectado (o que pode depender se uma codificação em tempo real é desejada ao mesmo tempo da captura de um evento por uma

câmera, ou uma codificação posterior para algum sistema de comunicação de vídeo como, por exemplo, um sistema de distribuição por cabo que em um tempo posterior recebe todos os dados a partir de um criador de conteúdo original, para distribuí-los de modo ideal dadas as limitações ou preferências artísticas desse particular sistema de comunicação por cabo etc.).

[0089] Pode-se presumir sem limitações concebidas que a imagem MsterHDR foi anteriormente classificada por um classificador de cores humano usando um software de classificação de cores em um computador, e que ele definiu as funções FL_50t1 que definem uma faixa dinâmica mais baixa correspondente, tipicamente uma imagem em SDR de 100 nits (embora atualmente a extremidade mais baixa do espectro de imagens reclassificadas seja, por acordo padrão, uma imagem com PB_C de 100 nits, portanto aparentemente com pouca probabilidade se ser alterada, essa imagem mais baixa do trio, isto é, a imagem em LDR, pode ter em futuras modalidades uma luminância máxima de LDR que não seja exatamente 100 nits, mas pode ser um número k vezes 100 nits, por exemplo, de preferência k é de até 3x, isto é, a luminância máxima de LDR na prática dessa modalidade do presente sistema seria de 300 nits), correspondente à imagem MsterHDR (cuja imagem em SDR de preferência parece tão similar quanto possível à imagem MsterHDR levando-se em conta a faixa dinâmica de luminância consideravelmente menor), que tipicamente ao menos transmite razoavelmente as aparências desejadas para contar visualmente e de modo ideal, por exemplo, a estória do filme conforme necessário (também, diferentes aplicações de vídeo podem ter diferentes preferências artísticas como diferentes critérios

de cores, possivelmente envolvendo diferentes limitações técnicas nas funções FL_50t1).

[0090] O valor de PB_CH é um tanto diferente dos outros metadados, no sentido de que é, de fato, uma configuração para a codificação da faixa dinâmica intermediária. Portanto, ele pode ou não vir de um classificador. Ele pode, por exemplo, ser um valor fixo para um dado sistema de codificação de vídeo (por exemplo, um sistema de radiodifusão por satélite), que pode ser, por exemplo, obtido de uma memória fixa conectada a ou dentro do codificador. Em aplicações de distribuição baseadas na Internet, pode ser que esse valor PB_CH seja transmitido como uma preferência por um cliente final para o qual as imagens em IDR são geradas. Por exemplo um cliente com uma tela de celular de má qualidade pode solicitar apenas que uma imagem com PB_IDR de 500 nits seja calculada por um servidor no outro lado da Internet, por exemplo, o servidor de uma empresa de vídeo que atende pedidos sob demanda, enquanto outro cliente pode demandar uma versão de PB_IDR de 1.000 nits, e em tal caso esse valor PB_CH=PB_IDR solicitado será inserido no codificador.

[0091] Dessa forma, enquanto no lado de codificação havia uma imagem MsterHDR de mais alta qualidade (na verdade PB_C mais alto), essa não é a imagem que os receptores (decodificadores complementares) receberão, mas sim a imagem em IDR (e eles precisarão reconstruir com precisão a imagem MsterHDR calculando-se uma imagem REC_M_HDR). As tecnologias são mais bem realizadas pela formulação de tudo como normalizado em lumas de 0,0 a 1,0. Na verdade, quando falamos de uma função de mapeamento de luma, trata-se de fato

também uma função de mapeamento de luminância equivalente (por causa da relação entre lumas e suas luminâncias correspondentes, por exemplo, tipicamente as luminâncias a serem exibidas), mas tecnicamente falando os cálculos de preferência trabalham com funções de mapeamento de luma, e de preferência a uma definição de luma psicovisualmente uniformizada, como calculável pela função v Philips (vide Equações 1 e 2).

[0092] Conforme explicado acima, a abordagem ao manuseio de vídeos em HDR, em particular não apenas a codificação de uma ou duas imagens diferentemente reclassificadas de faixas dinâmicas diferentes, em particular o pico de brilho, mas todo um espectro de reclassificações de faixa dinâmica diferentes correspondentes, é sobre relacionar os vários lumas normalizados possíveis que os pixels de ao menos duas dessas imagens relacionadas podem ter, por exemplo, 0,2 na imagem_1 correspondente a 0,4 na imagem_2, etc. É isso que as funções de mapeamento de luma definem, entre uma situação, isto é, a reclassificação de uma espécie, e qualquer outra situação selecionada.

[0093] Com algoritmo padronizado queremos dizer que deve haver alguma forma fixa de relacionar um primeiro conjunto de possíveis funções (que podem ter muitos formatos e definições diferentes) a um segundo conjunto de funções correspondentes. Ou seja, isso apenas significa que em alguma tecnologia de comunicação (ou mesmo todas elas), o designer do codificador e o decodificador definiram um método que especifica exclusivamente como transformar o formato (tipicamente nos eixos geométricos que são normalizados para 1,0) de qualquer função de entrada no formato da função de

saída. Pode haver vários de tais algoritmos e, portanto, em princípio, o designer de codec poderia decidir que ele talvez queira informar o número de ordem de qualquer um desses algoritmos –, por exemplo, algoritmo número 3 acordado – ao decodificador, etc., mas normalmente não há necessidade de tal complexidade, uma vez que nosso método funcionará perfeitamente e de forma mais simples realizando apenas um pré-acordo de um algoritmo de transformação de função padronizada fixa, por exemplo, aquele mencionado na matemática a seguir.

[0094] Para o entendimento rápido do leitor, o que segue seria um exemplo simples de tal algoritmo. Suponha que as funções de entrada são funções de potência: potência(x_entrada; P), então o algoritmo poderia derivar funções correspondentes: potência(x_entrada; P-1). Por inversão, as funções originais também poderiam ser novamente derivadas quando receberem as funções correspondentes (pelo algoritmo +1).

[0095] Não deve ser compreendido equivocadamente que o algoritmo padronizado em si não é tipicamente comunicado aos receptores, apenas as funções correspondentes de saída resultantes são. É por isso que ele é padronizado, ou pré-acordado, isto é, deve ser fixo de modo que o decodificador possa saber o que aconteceu no lado de codificação. A forma como isso foi acordado não é tão relevante para a compreensão da tecnologia conforme patenteada. Por exemplo, pode haver 5 algoritmos fixos diferentes, e uma operadora de comunicação por cabo pode decidir codificar com o algoritmo 3, e fornecer aos conversores de sinais de seus clientes ajustados correspondentemente para decodificação do algoritmo fixo 3

(mesmo se o STB puder ser reajustado em algumas ocasiões para algumas outras comunicações de vídeo para, por exemplo, o algoritmo 4; mas as alterações de algoritmo em geral não serão necessárias, apesar de as alterações em PB_CH para diferentes canais a cabo, por exemplo, poderem ser interessantes).

[0096] Deve-se também observar cuidadosamente o fato de que tipicamente não é a função de mapeamento de luma F_H2hCI correspondente adaptada que é comunicada aos receptores, mas sim outra função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI) então adicionalmente derivável que é comunicada, e o decodificador também precisa de alguma forma reverter essa dupla derivação. De fato, o mapeamento de reclassificação total é dividido em duas partes, de modo que se a primeira parte for padronizada, a segunda parte também estará definida, e a inversão dessa codificação de IDR pelos decodificadores poderia (embora difícil) ser vista como provavelmente possível (tornando possível uma construção e o correto funcionamento do novo codec SLHDR2PLUS).

[0097] Elucida-se um pouco mais esse conceito de alteração de algoritmo de alteração de função dependente de pico de brilho codificável padronizado com a Figura 24. Desse modo, à esquerda, vê-se que pode haver várias ocorrências da função FL_50t1 projetada pelo classificador ou pelo autômato de determinação da função de reclassificação no lado da criação de conteúdo. Por exemplo, a FL_50t1_1 pode ter sido determinada para uma cena em HDR em que há pretos bastante profundos com ação importante acontecendo, que deve ser clareada consideravelmente para ser ainda suficientemente visível em telas de faixa dinâmica mais baixa, embora as partes mais brilhantes não sejam tão críticas – como, por exemplo, lâmpadas

de iluminação pública – e podem ser representadas com uma única luminância branca quase máxima em qualquer tela (ou a imagem calculada de antemão, isto é, contendo exatamente aquelas luminâncias absolutas como devem ser renderizadas nessa tela, ou mais precisamente, geralmente os códigos de luma que codificam essas luminâncias). Em contrapartida, a FL_50t1_2 foi criada para uma imagem ou tomada de imagens sucessivas que contém um outro tipo de cena em HDR, na qual há um objeto (ou mais precisamente, regime) de brilho mais baixo importante e um de brilho mais alto, que resultaram em formatos de curvas de reclassificação especificamente ajustados em qualquer lado "do meio". A FL_50t1_3 é ainda outra possível função de entrada para o algoritmo padronizado aplicado pela unidade de geração de função de HDR 901, que pode ocorrer, por exemplo, para uma cena diurna com conteúdo muito brilhante (e uma cena mestre de PB_C não muito alto) e algumas regiões locais mais escuras, como, por exemplo, a entrada de um templo em uma cena ao ar livre da Índia.

[0098] Para qualquer uma das três situações, e todas as milhões de outras, a unidade 901 determinará uma função de saída. A propriedade desse algoritmo é que essa função será conformada de modo similar, mas mais perto da diagonal (porque se a função original representa uma reclassificação entre, por exemplo, uma imagem com PB_C de X nits e uma imagem com PB_C2 de Y nits correspondente – de aparência tão razoavelmente similar quanto as capacidades permitirem –, digamos uma imagem de 100 nits, então a reclassificação de X para uma imagem com PB_C de Z nits com Z, por exemplo, entre X e Y envolverá uma reclassificação semelhante, mas em menor grau; se se mapeasse de X para X,

teria-se uma transformada de identidade, correspondente à diagonal).

[0099] Existem várias maneiras em que se pode definir tal algoritmo padronizado para obter de modo inequívoco as funções de mapeamento de luminância F_H2hCI_1, F_H2hCI_2 e F_H2hCI_3 de saída correspondentes às respectivas funções de entrada, e os detalhes disso não são realmente um elemento essencial desta invenção, além do fato de que é preciso ter algum algoritmo padronizado disponível que apresente tal comportamento. Por exemplo, pode-se tipicamente definir alguma métrica (quantificando a dependência do PB_C_CH sobre a imagem em IDR de luminância máxima codificável da imagem em IDR com o PB_C_CH escolhido), que pode ser usada para deslocar os pontos y(x) da função de entrada para qualquer luminância de entrada normalizada em direção à diagonal de alguma maneira (por exemplo, igualmente espaçados, ou não uniformemente, etc.). Embora também seja possível deslocar verticalmente, uma modalidade preferencial que funciona muito bem conforme detalhado abaixo desloca tais pontos de função sobre trajetórias ortogonais à diagonal de [0,0] para [1,1].

[00100] Uma modalidade vantajosa do codificador de vídeo de alta faixa dinâmica (900) é caracterizada por o algoritmo padronizado da unidade de geração de função de HDR (901) aplicar uma compressão em direção à diagonal da função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) para obter a função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI), sendo que essa compressão envolve escalonamento de todos os valores de luma de saída da função com um fator de escala que depende da primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) e da segunda luminância de pixel máxima (PB_CH).

[00101] Pode haver funções F_L50t1 definidas de vários modos (a definição de “para” abaixo sendo um exemplo) e elas podem ser escalonadas de várias maneiras pelo algoritmo padronizado, mas tipicamente haverá alteração de escala envolvida, e isso depende do PB_C_H50 de partida, e do valor alvo: PB_CH=PB_IDR. Isso pode ser feito usando-se diferentes métricas, mas o requerente constatou ao longo dos anos que é útil definir o fator de escala com base em valores e razões psicovisualmente uniformes dos picos de brilho enviando-se os mesmos através da função v, isto é, definindo um fator de escala baseado nas saídas de luma da função v correspondentes aos dois picos de brilho (e possivelmente ao terceiro PB_C da imagem em SDR).

[00102] Uma modalidade vantajosa do codificador de vídeo de alta faixa dinâmica (900) compreende um limitador (1804) disposto para determinar novamente um coeficiente angular da função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI) para uma subfaixa dos lumas normalizados que compreende o luma normalizado mais brilhante igual a 1,0. Isso não é necessário para muitas modalidades, mas em particular é uma maneira útil de lidar com uma escolha específica da codificação HG_COD dos ganhos de realce de “paras” que foi padronizada no ETSI2, e, portanto, é útil estar em plena conformidade com tudo isso dessa modalidade específica.

[00103] Uma tecnologia espelho correspondente ao codificador, que de fato desfaz todo o processamento de codificação por ser capaz de derivar novamente todas as informações necessárias (mesmo que tais informações não tenham sido realmente informadas) é um decodificador de vídeo de alta faixa dinâmica (1100) que tem uma entrada de imagem (1110)

para receber uma imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR), que tem uma segunda luminância de pixel máxima (PB_CH) que é menor por um fator multiplicativo sendo de preferência igual a 0,8 ou menor que uma primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) de uma imagem de alta faixa dinâmica mestre (MsterHDR), sendo que a segunda luminância de pixel máxima (PB_CH) é recebida por meio de uma segunda entrada de metadados (1112), sendo que o decodificador tem uma primeira entrada de metadados (1111) para receber uma função de mapeamento de luma (F_I2sCI) que define a transformação de todos os possíveis lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) em lumas normalizados correspondentes de uma imagem de baixa faixa dinâmica de luminância de pixel máxima de LDR (Im_LDR), sendo que o decodificador é caracterizado por ter uma terceira entrada de metadados (1113) para receber a primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50), e sendo que o decodificador compreende:

- uma unidade de determinação de função de luminância (1104) disposta para aplicar um algoritmo padronizado para transformar a função de mapeamento de luma (F_I2sCI) em uma função de mapeamento de luma de decodificação (F_ENCINV_H2I) que especifica como saída para qualquer possível luma normalizado de entrada de um pixel da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) um luma HDR normalizado correspondente da imagem de alta faixa dinâmica mestre (MsterHDR), sendo que o algoritmo padronizado usa valores da primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) e da segunda luminância de pixel máxima (PB_CH); e

- um transformador de cores (1102) disposto para aplicar sucessivamente aos lumas normalizados inseridos como

entrada da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) a função de mapeamento de luma de decodificação (F_ENCINV_H2I) para obter lumas reconstruídos normalizados (L_RHDR) dos pixels de uma imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR); sendo que o decodificador tem adicionalmente uma saída de imagem (1120) para fornecer a imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR). A luminância máxima de LDR é, de preferência, novamente a luminância de SDR padronizada de 100 nits, embora possa ser concebida de modo similar futuras variantes em funcionamento sendo implantadas, nas quais a imagem de baixa (isto é, a menor) faixa dinâmica (isto é, luminância máxima) do espectro de imagens reclassificadas e sua comunicação é, por exemplo, uma imagem de 200 nits.

[00104] Dessa forma, a imagem MsterHDR não é realmente recebida como uma imagem, mas ainda é definida de modo inequívoco pelos dados que são recebidos (de modo que, embora formalmente essa imagem MsterHDR seja a imagem mestre correspondente que existia no local do codificador correspondente, e o decodificador esteja apenas reconstruindo quase identicamente uma imagem REC_M_HDR a partir da imagem em IDR que é recebida, várias funções realmente definem as propriedades da imagem MsterHDR, mesmo em qualquer local de decodificação). Diferentes clientes podem escolher diferentes valores tanto do PB_C_H50 como do PB_IDR. O primeiro pode ser escolhido pelo criador de conteúdo por várias razões, como, por exemplo, porque ele comprou um monitor de classificação de 4.000 nits, ou porque ele gosta de dar ao seu conteúdo mestre uma certa qualidade melhor (por exemplo, criar/definir tudo no PB_C a não menos que 10.000 nits), ou porque certos tipos de imagens exigem uma certa qualidade, isto é, PB_C_H50, pelo

menos de acordo com o criador (por exemplo, uma espetacular apresentação de fogos de artifício ou de luzes ou um concerto de música popular pode merecer um PB_C_H50 maior do que, por exemplo, uma partida de tênis razoavelmente iluminada de maneira uniforme ou uma leitura de notícias).

[00105] O valor de PB_IDR pode ser selecionado com base em considerações técnicas diferentes, por exemplo, uma avaliação do típico cliente de uma empresa de comunicação de vídeo, e como a dita empresa de comunicação pode frequentemente não ser a mesma que a empresa de criação.

[00106] Tipicamente não faz muito sentido criar conteúdo de IDR reclassificado que difere menos que ao menos 20% em PB_C (isto é, o fator 0,8, embora em princípio os valores dos PB_Cs poderiam ser mais próximos, por exemplo, 0,9), mas muitas vezes mais tipicamente haverá um fator multiplicativo 2 ou mais entre os PB_Cs (por exemplo, o material mestre de 2.000 nits enviado em algum PB_CH abaixo de 1.000 nits, por exemplo, 800, 700 ou 600 nits, tipicamente acima de 500 nits). O PB_C_H50 no local de decodificação é tipicamente similar aos outros metadados e em particular ao valor do PB_CH, então, tipicamente, ele é recebido como metadados associados aos dados de vídeo, por exemplo, mensagens SEI não limitadoras, ou pacotes especiais em um protocolo de comunicação de vídeo, etc. (quer em uma estrutura de dados lógicos ou em várias estruturas, de acordo com o que for melhor para cada protocolo de comunicação de vídeo padronizado ou não padrão, sendo este um detalhe de pouca importância da nova tecnologia apresentada). Como o decodificador usou um algoritmo padronizado para finalmente chegar à imagem em IDR e aos seus metadados compatíveis com ETSI2, um algoritmo

padronizado correspondente pode ser projetado para e no decodificador que basicamente determina a função de mapeamento de luma F_ENCINV_H2I necessária para a reconstrução dos lumas de pixel da imagem REC_M_HDR (o que quer que seja então feito adicionalmente com essa imagem, sua exibição será uma aplicação típica, mas, por exemplo, armazená-la em um gravador de disco rígido é outra).

[00107] Uma modalidade interessante do decodificador de vídeo de alta faixa dinâmica (1100) é caracterizada por o algoritmo padronizado da unidade de determinação de função de luminância (1104) calcular um fator de escala que depende da primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) e da segunda luminância de pixel máxima (PB_CH). Conforme mencionado, de modo correspondente isso pode ser feito de várias maneiras, mas os fatores de escala psicovisualmente uniformes baseados na função v são muito úteis na prática para o manuseio bem controlado de imagens em HDR, e satisfazem as várias necessidades artísticas ainda mais críticas enquanto mantêm a complexidade tecnológica sob controle simultaneamente.

[00108] Uma modalidade útil do decodificador de vídeo de alta faixa dinâmica (1100) tem a função de mapeamento de luma (F_I2sCI) definida por um mapeamento de luma que consiste em um primeiro segmento linear tendo um primeiro coeficiente angular (SG_gr) para uma faixa de lumas normalizados escuros, um segundo segmento linear tendo um segundo coeficiente angular (HG_gr) para uma faixa de lumas normalizados brilhantes, e um segmento parabólico para lumas entre as ditas duas faixas. A matemática correspondente envolve entre outras coisas resolver uma equação de segunda ordem para

obter o necessário ganho de realce adaptado por canal para fazer a reconstrução. Essa é uma abordagem útil de reclassificação de HDR de primeira ordem que é mais adequada para mercados sem grandes necessidades de um rígido controle de cores de pixels, como por exemplo, as transmissões de televisão de cenas da vida real (ao contrário, por exemplo, do detalhado controle de cores às vezes envolvido em filmes de grande sucesso). Como mencionado abaixo, isso poderia, em algumas modalidades mais divididas, ser o único componente definindo totalmente a função F_L50t1 e todas as funções deriváveis (por exemplo, as funções comunicadas juntamente com a imagem em IDR: F_I2S), mas também poderia ser uma definição parcial dessa função de reclassificação, por exemplo, definindo a reclassificação total juntamente com uma função personalizável conforme elucidado com a Figura 4.

[00109] Uma modalidade útil do decodificador de vídeo de alta faixa dinâmica (1100) tem seu transformador de cores (1102) disposto para calcular lumas de pixel de uma imagem de faixa dinâmica média (MDR_300) que tem uma luminância de pixel máxima (PB_MDR) que não é igual aos valores 100 nits, primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) e segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), e o decodificador tem uma saída de imagem (1122) para fornecer a imagem de faixa dinâmica média (MDR_300). Embora uma reconstrução da imagem REC_M_HDR possa ser tudo que é necessário para alguns aparelhos em alguns submercados (possivelmente havendo todos os tipos de outras transformações sendo aplicadas na imagem reconstruída), será vantajoso se algumas modalidades dos nosso decodificador SLHDR2PLUS puder, além de meramente reconstruir a imagem em HDR mestre, também calcular imagens correspondentes com outro

PB_C, por exemplo, uma imagem em MDR exibida diretamente em uma tela com qualquer PB_D. Nessa modalidade, também serão usados os princípios matemáticos da presente invenção, por exemplo, da maneira elucidada com a Figura 16, ou de qualquer maneira equivalente.

[00110] Uma outra modalidade útil do decodificador de vídeo de alta faixa dinâmica (1100) tem uma saída de metadados (1121) para fornecer uma função de mapeamento de luma (F_L_subsq) que define para todos os lumas normalizados da imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR) ou alternativamente os lumas correspondentes da imagem de faixa dinâmica média (MDR_300) de uma imagem que tem outra luminância de pixel máxima, que é, de preferência, de 100 nits, ou um valor maior ou menor que o valor de luminância máxima de respectivamente a imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR) ou alternativamente a imagem de faixa dinâmica média (MDR_300). Pode ser que a imagem em IDR recebida seja reconstruída em uma imagem REC_M_HDR que não deverá ser diretamente exibida em uma tela de monitor não inteligente, mas enviada a um sistema para cálculos colorimétricos adicionais. É então útil que essa modalidade do decodificador possa também fornecer uma função de mapeamento de luma adequada, ou seja, tipicamente significando uma função de mapeamento de luma que está associada à imagem que sendo fornecida, por exemplo, a imagem REC_M_HDR (“associada à” significando tipicamente que os lumas normalizados de entrada dessa função conforme definidos são os lumas normalizados da imagem que é fornecida conjuntamente, e as saídas da função são os lumas normalizados de alguma imagem de referência, que é geralmente a imagem em SDR, uma vez que é padronizada para

ter PB_C = 100 nits, que tipicamente é a mais baixa qualidade que se poderia desejar na era da HDR, sendo que isso não exclui que alguém possa querer aplicar os presentes ensinamentos com um PB_C para a ordenada de saída definindo a função comunicada conjuntamente como sendo de 80 ou 50 nits, por exemplo).

[00111] Qualquer coisa que seja formulada para aparelhos (ou partes ou agregações de aparelhos) pode ser formulada de modo equivalente como sinais, produtos de memória compreendendo imagens como discos blu-ray, métodos, etc., por exemplo:

[00112] Um método de codificação de vídeo de alta faixa dinâmica de uma imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR) recebida que tem uma primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50), compreende receber uma função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) que define uma relação entre os lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada e os lumas normalizados de uma imagem de baixa faixa dinâmica (Im_LDR) correspondente tendo uma luminância de pixel máxima de LDR com um valor de preferência igual a 100 nits, sendo que o método é caracterizado por a codificação compreender adicionalmente receber uma segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), e a codificação compreender:

- aplicar um algoritmo padronizado para transformar a função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) em uma função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI), que relaciona os lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada às luminâncias normalizadas de uma imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) que é caracterizada por ter uma possível luminância máxima igual à segunda luminância de pixel máxima (PB_CH);

- aplicar a função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI) ao lumas de pixels da imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR) para obter lumas de pixels da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR);

- derivar com base na função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) e na função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI) uma função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI), que define como saída os respectivos lumas normalizados da imagem de baixa faixa dinâmica (Im_LDR) quando recebe como entrada os respectivos lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR), que por sua vez correspondem aos lumas da imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR);

- fornecer uma imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR); e

- fornecer a segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), a função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI) e a primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50).

[00113] Ou, um método de decodificação de vídeo de alta faixa dinâmica de uma imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) recebida, sendo que a imagem tem uma segunda luminância de pixel máxima (PB_CH) que é menor em um fator multiplicativo sendo de preferência igual a 0,8 ou menor que uma primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) de uma imagem de alta faixa dinâmica mestre (MsterHDR), sendo que a segunda luminância de pixel máxima (PB_CH) é recebida como metadados da imagem de faixa dinâmica intermediária, sendo que o método de decodificação também recebe em metadados uma função de mapeamento de luma (F_I2sCI), que define a transformação de todos os possíveis lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) em lumas normalizados

correspondentes de uma imagem de baixa faixa dinâmica de luminância de pixel máxima de LDR (Im_LDR), sendo que e o método de decodificação é caracterizado por receber a primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50), e sendo que o método de decodificação é caracterizado por compreender:

- aplicar um algoritmo padronizado para transformar a função de mapeamento de luma (F_I2sCI) em uma função de mapeamento de luma de decodificação (F_ENCINV_H2I) que especifica como saída para qualquer possível luma normalizado de entrada de um pixel da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) um luma HDR normalizado correspondente da imagem de alta faixa dinâmica mestre (MsterHDR), sendo que o algoritmo padronizado usa valores da primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) e da segunda luminância de pixel máxima (PB_CH);

- aplicar aos lumas normalizados inseridos como entrada da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) a função de mapeamento de luma de decodificação (F_ENCINV_H2I) para obter lumas reconstruídos normalizados (L_RHDR) dos pixels de uma imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR); e

- fornecer a imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR).

[00114] A Figura 25 ilustra bem o sinal de imagem em HDR codificado pelo presente SLHDR2PLUS (2501), isto é, por exemplo, uma matriz 4kx2k de cores de pixel 2502 (YCbCr, ou qualquer representação de cor que possa ser calculada na representação YCbCr necessária por equações colorimétricas conhecidas por um pré-processador [não mostrado]), e os metadados necessários: uma função de mapeamento de luminância

F_I2sCI, e os dois valores de PB_C. No caso de esse sinal de imagem em HDR ser transmitido para e recebido por um decodificador SLHDR2 padrão 2510, como a F_I2sCI é a função normal que esse decodificador esperaria reclassificar a partir do pico de brilho de sua imagem recebida (PB_CH, sendo no exemplo 800 nits, para qualquer pico de brilho mais baixo, ele pode otimizar para, por exemplo, uma tela de faixa dinâmica média conectada de 350 nits calculando a Im350 por otimização de exibição (que, como dito, não é o aspecto principal deste pedido, e apenas se tornou possível como um dos critérios iniciais de design para se chegar ao framework de codec inovador, e que pode ser usado para a otimização de exibição, por exemplo, de um método conforme apresentado no documento US20160307602, ou outro similar)). Mas o que agora também se tornou possível é que qualquer pessoa tendo um decodificador SLHDR2PLUS 2520, por exemplo, recém-implantado por uma operadora de comunicação por cabo que decide introduzir esse serviço, e similares, pode criar outras imagens, com PB_C acima do valor de PB_CH, por exemplo, uma reconstrução da imagem em HDR mestre exemplificadora de 5.000 nits (isto é, a imagem de saída Im5000) ou qualquer imagem com exibição adaptada entre o PB_C_H50 e o PB_CH, ou potencialmente mesmo acima do PB_C_H50, como a imagem com exibição adaptada Im1250, etc.

[00115] Dentre as modalidades interessantes de decodificadores em termos de processamento de chroma estão, entre outras:

[00116] Um codificador de vídeo de alta faixa dinâmica (900) no qual a unidade de determinação de função de luminância (1104) é adicionalmente disposta para determinar uma curva de especificação de aumento de saturação original

(2801) que depende de uma curva de especificação de aumento de saturação de canal (2804) e da função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI).

[00117] Um codificador de vídeo de alta faixa dinâmica (900) no qual a curva de especificação de aumento de saturação original (2804) depende adicionalmente de uma função de correção de posição de saturação (FSNL) que corresponde a uma equação envolvendo uma função de potência do valor dos lumas normalizados. Os lumas normalizados mais bem usados para isso são aqueles definidos em relação a, isto é, por divisão pelo pico de brilho da imagem em HDR mestre PB_C_MHDR, por exemplo, 5.000 nits.

[00118] O mesmo corresponde em um lado de codificação a, entre outras coisas, um codificador de vídeo de alta faixa dinâmica (900) no qual a unidade de geração de função de HDR (901) é disposta para determinar uma curva de especificação de aumento de saturação que depende de uma curva de especificação de aumento de saturação original (2801) e da função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI). Ou o mesmo como métodos de processamento de cores que são executados em qualquer aparelho técnico, por exemplo, um circuito integrado de decodificação em um conversor de sinais do cliente, ou similares, ou em um telefone móvel, ou um CI de codificador em um aparelho de produção em um veículo de radiodifusão externo, ou um codificador final ou transcodificador nas instalações de uma operadora de comunicação por cabo, ou executar no servidor de um provedor de conteúdo OTT, ou fornecedor para cinemas, etc.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[00119] Estes e outros aspectos do método e aparelho de acordo com a invenção serão evidentes a partir de e elucidados com referência às implementações e modalidades descritas deste ponto em diante do presente documento, e com referência aos desenhos em anexo, que servem meramente como ilustrações específicas não limitadoras que exemplificam os conceitos mais gerais, e nos quais traços são usados para indicar que um componente é opcional, em que componentes não indicados por traços não são necessariamente essenciais. Traços podem ser usados também para indicar elementos considerados essenciais, mas que estão ocultos no interior de um objeto, ou para itens intangíveis, como, por exemplo, seleções de objetos/regiões (e a maneira como podem ser mostrados em uma tela).

[00120] Nos desenhos:

[00121] A Figura 1 ilustra esquematicamente várias transformações de cor típicas que ocorrem quando é feito um mapeamento ideal de uma imagem de alta faixa dinâmica para uma imagem correspondente em faixa dinâmica mais baixa com cor classificada de modo ideal e de aparência similar (tão similar quanto desejado e possível, dadas as diferenças entre a primeira e a segunda faixas dinâmicas DR_1 e DR_2), por exemplo uma imagem em faixa dinâmica padrão com pico de brilho de 100 nits que, no caso de reversibilidade (modo 2) corresponderia também a um mapeamento de uma imagem em SDR conforme recebida pelos receptores (decodificadores), sendo que a imagem em SDR realmente codifica a cena em HDR.

[00122] A Figura 2 mostra a aparência que pode ter um sistema para capturar imagens em HDR.

[00123] A Figura 3 ilustra uma possível maneira de transmitir imagens em HDR como algumas imagens de um pico de brilho específico (diferente) e em funções de mapeamento de luminância comunicadas juntamente com metadados tipicamente definidas como funções de mapeamento de luma, por exemplo, como imagens em SDR utilizáveis de legado Im_LDR, por exemplo, de acordo com uma abordagem preferencial do requerente, em alto nível conceitual para iniciar a elucidação para leitores ainda não familiarizados com a tecnologia.

[00124] A Figura 4 mostra vários detalhes adicionais sobre a codificação de imagens em HDR de acordo com a abordagem específica do requerente padronizada no ETSI2, cujos aspectos são necessários para compreender os vários detalhes dos vários ensinamentos da inovadora abordagem de codec SLHDR2PLUS descrita abaixo.

[00125] A Figura 5 explica como as transformadas de cor e em particular as transformadas de luma das reclassificações funcionam na gama de cores YCbCr.

[00126] A Figura 6 elucida o conceito de curva personalizável em mais detalhes, explicando uma aplicação útil.

[00127] A Figura 7 explica um ponto de vista básico sobre a codificação de faixa dinâmica intermediária (IDR) e a comunicação de uma imagem em HDR mestre original, bem como o conceito a não ser confundido de imagens de faixa dinâmica média (MDR), que são tipicamente calculadas a partir de qualquer imagem recebida para otimizá-las para exibição em qualquer tela específica com pico de brilho de tela de PB_D conforme disponíveis, por exemplo, a TV HDR específica que foi

comprada por qualquer consumidor final que pretende assistir ao vídeo em HDR que é recebido.

[00128] A Figura 8 elucida adicionalmente como começar a abordar o problema de IDR, em particular para o resolvê-lo de maneira automaticamente específica e calculável pelos decodificadores, e em especial se ao menos alguns dos decodificadores que potencialmente recebem o conteúdo forem decodificadores compatíveis com ETSI2 já no mercado, e talvez não facilmente atualizáveis com a nova tecnologia SLHDR2PLUS (por exemplo, porque o proprietário da TV ou do STB não faz sua atualização).

[00129] A Figura 9 mostra uma construção genérica das partes técnicas tipicamente necessárias para o codificador SLHDR2PLUS inovador do presente pedido.

[00130] A Figura 10 elucida alguns aspectos técnicos básicos envolvidos em derivar consecutivamente as várias funções de mapeamento de luma correspondentes por um codificador, em particular elucidados com o exemplo de uma função para de mapeamento de luma.

[00131] A Figura 11 mostra uma típica possível construção de alto nível de um decodificador SLHDR2PLUS inovador que segue alguns dos ensinamentos das modalidades das várias possibilidades abaixo descritas para realizar comunicações de vídeo SLHDR2PLUS.

[00132] A Figura 12 explica ainda alguns aspectos da compensação de níveis de preto e de branco quando selecionados pelo criador de conteúdo em suas funções de mapeamento de luma mestre que definem as necessidades de reclassificação do conteúdo de vídeo de acordo com sua visão.

[00133] A Figura 13 descreve os princípios técnicos de uma abordagem preferencial de um algoritmo fixo para derivar uma versão adaptada por canal de uma função para de acordo com um princípio de escalonamento diagonal.

[00134] A Figura 14 elucida alguns aspectos da curva inversa de uma função para, uma assim chamada “abcara”.

[00135] A Figura 15 detalha alguns aspectos de um decodificador SLHDR2PLUS.

[00136] A Figura 16 elucida uma forma útil para implementar a adaptação de exibição para calcular a imagem em MDR para qualquer tela PB_D específica integrada com os novos princípios de codificação técnica SLHDR2PLUS do presente pedido.

[00137] A Figura 17 elucida alguns aspectos adicionais de adaptação de canal de compensação de níveis de preto e de branco (BLO e WLO) para acompanhar e simplificar a matemática abaixo, e fornecer a lógica físico-técnica genérica.

[00138] A Figura 18 mostra uma outra modalidade de codificação SLHDR2PLUS (ou, na verdade, vários ensinamentos de várias combinações de modalidades elucidadas com uma figura), que é particularmente útil porque as imagens codificadas podem ser decodificadas diretamente por decodificadores ETSI2 padrão já implantados.

[00139] A Figura 19 elucida como determinar correspondentes versões de uma curva personalizada mestre original, para várias representações de imagem dependentes de pico de brilho (seja como imagem de entrada ou de saída), por exemplo, uma imagem em IDR com uma especificação conjunta de uma curva personalizada para ajustar finamente lumas IDR

mapeados sem precisão para lumas SDR finais precisos conforme desejado, por exemplo, pelo classificador de um criador de filmes.

[00140] A Figura 20 mostra os princípios técnicos subjacentes da abordagem da Figura 18 em um espectro de imagens reclassificáveis.

[00141] A Figura 21 elucida a extrapolação de uma adaptação de uma função de mapeamento de luma (por exemplo, uma função para) além de um valor máximo de uma imagem inicial (correspondente a uma transformação unitária ou à diagonal no gráfico), e com isso também uma relação entre o formato de uma função para específica selecionada e uma correspondente função abcara.

[00142] A Figura 22 elucida esquematicamente como uma modalidade específica de limitação do ganho de realce de uma função para funciona na reclassificação de luminância entre lumas normalizados de entrada e de saída.

[00143] A Figura 23 ilustra esquematicamente uma cadeia total de comunicação e manuseio de HDR, para destacar claramente a diferença entre codificação de vídeo e otimização de exibição (sendo que a primeira se refere à própria definição de imagens por si só, e a última apenas à, ainda liberalmente personalizável, de preferência levando-se em conta as necessidades de reclassificação das várias possivelmente muito diferentes e muito desafiadoras imagens de cena em HDR, otimização para exibir em qualquer tela específica de uma dada capacidade de faixa dinâmica).

[00144] A Figura 24 elucida adicionalmente o funcionamento de um algoritmo padronizado de alteração de função que receberá qualquer formato de função de entrada

criado, por exemplo, por um classificador do criador de conteúdo para especificar como a luminância normalizada de uma primeira faixa dinâmica de pico de brilho deve ser mapeada para as luminâncias normalizadas de uma segunda representação de imagem de pico de brilho, e como a partir dessa função de entrada uma função para mapear entre uma terceira representação de pico de brilho diferente, especificamente menor, e a segunda pode ser calculada de modo inequívoco, para qualquer dada função de entrada.

[00145] A Figura 25 ilustra esquematicamente como o mecanismo de codificação de vídeo e sinal SLHDR2PLUS presentemente ensinado é bem compatível com os decodificadores SLHDR2 legados, e ainda oferece possibilidades adicionais para decodificadores SLHDR2PLUS implantados.

[00146] A Figura 26 resume esquematicamente em blocos toda a matemática de decodificação abaixo, para recuperar todas as funções de mapeamento de luminância necessárias, para realizar todos os esforços de processamento de decodificação de luminância necessários para obter a imagem desejada a partir da imagem em IDR recebida.

[00147] A Figura 27 ilustra esquematicamente uma boa abordagem pragmática para obter numericamente uma versão personalizada da curva personalizável, se estiver presente.

[00148] A Figura 28 esclarece uma abordagem pragmaticamente útil para lidar com saturações de pixel em uma abordagem de SLHDR2PLUS.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES

[00149] A Figura 9 mostra genericamente o novo codificador SLHDR2PLUS 900. Como entrada ele recebe uma imagem em HDR mestre (por exemplo, uma imagem MsterHDR com PB_C de

5.000 nits), que, sem querer perder a generalidade, o leitor pode presumir como tendo sido produzida na ou próximo da hora de codificação por um classificador de cores humano utilizando software de classificação de cor, por exemplo, iniciando a partir de uma imagem em HDR capturada por uma câmera RAW (a imagem MsterHDR sendo otimizada, por exemplo, para um típico ambiente de visualização de televisão à noite com pouca iluminação, isto é, sua luminância média circundante, etc.; as presentes tecnologias também podem operar com ambientes diferentes ou variáveis, mas isso é antes uma questão de adaptação de exibição em vez de novos métodos para criar ou codificar imagens em HDR). O classificador também criou ao menos uma boa função de classificação decrescente (downgrade) de luminância FL_50t1, para converter a imagem em HDR mestre de 5.000 nits em uma imagem em SDR correspondente de boa aparência (isto é, com PB_C usual de 100 nits), e o fez completando alguns dos aspectos de reclassificação parcial 403, 404 e 405, e um bom ajuste de cor F_C[Y] de acordo com a unidade de processamento cromático 451), a qual ele verifica em seu monitor de referência SDR (outros métodos, por exemplo, na radiodifusão ao vivo, podem calcular formatos aplicáveis de função em tempo real, e então pode haver algum diretor conferindo mais ou menos o resultado, ou não, mas o princípio é que surge uma boa função FL_50t1, quer a partir de apenas uma das unidades parciais, ou da função total de todas as unidades em conjunto, etc.).

[00150] Essa função FL_50t1 deve também ser inserida como informações de partida para o codificador 900 inovador. Os metadados estáticos de pico de brilho (para todo o filme ou radiodifusão), PB_C_H50, também são inseridos como

entrada, como serão usados, mas também são fornecidos pelo codificador como o sinal de codificação de vídeo de IDR total (IDR+F_I2sCI+PB_CH+PB_C_H50, sendo que a imagem é tipicamente comprimida ou não comprimida de acordo com algum padrão adequado de transmissão de vídeo, por exemplo, HEVC, e os outros metadados podem ser transmitidos de acordo com qualquer mecanismo de comunicação de metadados disponível ou configurável, variando de mensagens SEI de MPEG a pacotes de Internet dedicados, etc.).

[00151] A unidade de geração de função de HDR 901 irá calcular a função de mapeamento de luminância de HDR para IDR, F_H2hCI, que é necessária para calcular a imagem em IDR a partir da imagem MsterHDR, e ela precisará de um valor para o PB_CH de IDR, o qual, presume-se, ela obtém de alguma outra entrada (por exemplo, o valor pode ter sido escolhido por uma operadora de comunicação por cabo, e inserido em algum lugar em uma memória, para ser carregado pelo software de configuração); presumir-se-á que PB_CH é igual a 1.000 nits (meramente para propósitos de elucidação; tipicamente, esse valor será algumas vezes maior que o PB_C de SDR, por exemplo, 4x maior, com os aspectos técnicos diferindo um pouco nos detalhes das modalidades com base em qual valor é escolhido).

[00152] Como essa unidade de geração de função de HDR 901 pode funcionar é ilustrado com a Figura 10.

[00153] Suponha que o classificador definiu alguma função (aqui no exemplo de elucidação, a função linear-parábola-linear – abreviada como para – que o requerente usa de acordo com a filosofia de codec padronizado ETSI para fazer um primeiro já amplamente bom reequilíbrio do brilho das regiões da imagem dominante (isto é, o mesmo fornece, por

exemplo, aos pretos visibilidade suficiente na imagem em SDR à custa de uma compressão controlada conjuntamente das regiões de luminância mais brilhantes).

[00154] Tal função se refere a lumas de entrada (em uma representação psicovisual equalizada ao transformar as luminâncias de pixel de acordo com as Equações 1 e 2 acima) da subfaixa de lumas mais escuros (L<Ld) nas luminâncias de saída necessárias por meio de uma relação linear com coeficiente angular SG_gr controlado, conforme idealmente escolhido para essa imagem em HDR pelo classificador:

Ln_XDR= SG_gr *Ln_Mster_HDR se(Ln_Mster_HDR<Ld)

[Equação 4]

(em que Ln_Mstr_HDR e Ln_XDR são respectivamente os lumas –, isto é, representações psicovisualmente uniformizadas das luminâncias de pixel correspondentes – da imagem em HDR mestre de entrada conforme pré-classificada pelo classificador como imagem inicial ideal, e Ln_XDR é uma síntese dos vários lumas de saída das imagens com faixas dinâmicas diferentes e, em particular, pico de brilho PB_C, todas mostradas no mesmo eixo geométrico vertical normalizado para explicar os conceitos por trás da presente invenção e suas modalidades). Em particular, quando o classificador começa a reclassificar uma imagem em SDR ideal correspondente para sua imagem Mster_HDR já idealmente classificada, XDR será a SDR de espécie, e o formato da função de mapeamento de luminância correspondente é mostrado como F_Mt1 [usa-se a notação abreviada xty para indicar a partir de qual PB_C x inicial a qual PB_C y final a função mapeia os lumas, e x e y podem, cada um, indicar genericamente o PB_C de uma imagem, como M para Mestre, ou indicar numericamente um valor exemplificador,

em que então se elimina dois zeros, por exemplo, 50 significa 5.000, e 1 significa 100 nits].

[00155] De modo similar para lumas de entrada Ln_Mster_HDR maiores que Lb há novamente uma relação linear controlável:

Ln_SDR=HG_gr* Ln_Mster_HDR +(1-HG_gr) se(Ln_Mster_HDR>Lb) [Equação 5]

[00156] A parte parabólica da função para que se estende entre Ld=mx-WP e Lb=mx+WP tem uma definição funcional de L_XDR=a*x^2+b*x+c, cujos coeficientes a, b e c podem ser calculados calculando-se o ponto no qual as tangentes lineares à curva provenientes de seus extremos se cruzam, e sua abcissa mx (como definido no padrão ETSI1; mx=(1-HG)/(SG-HG)).

[00157] Uma ideia geral subjacente à invenção é descrita como segue (e pode ser explicada em uma visão multiplicativa). Qualquer luminância de HDR mestre pode ser transformada em si mesma aplicando-se a transformação de identidade (a diagonal). Se no final do espectro de imagens reclassificadas, isto é, para criar a luminância de SDR correspondente (XDR=SDR), temos de obter a luminância de saída L_SDR=F_Mt1(Ln_M), em que Ln_M é um valor específico das luminâncias Ln_Mstr_HDR, então isso pode ser visto também como um aumento multiplicativo da luminância de entrada L_SDR=b_SDR(Ln_M)*Ln_M. Agora, se for possível definir algumas funções intermediárias F_Mt1_ca, então o processamento final será uma aplicação consecutiva de duas funções F_IDRt1(F_Mt1_ca(Ln_Mster_HDR)), em que a F_IDRt1 faz o mapeamento de luminância final em direção à luminância de SDR de qualquer pixel (ou objeto), começando a partir da já calculada luminância de pixel de IDR (derivada a partir da

luminância de HDR mestre). Em termos multiplicativos, pode-se que dizer L_SDR=b_IDR*b_ca*Ln_M, em que os dois aumentos correspondem à função intermediária (ou função de adaptação de canal), e a função de reclassificação restante (que é a função que transmitimos juntamente com a imagem em IDR para criar uma codificação de vídeo em HDR em conformidade com o padrão ETSI2). Deve-se notar que esses fatores de aumento são em si funções de Ln_Mster_HDR (ou de fato qualquer luma intermediário associável às mesmas).

[00158] Agora, é conveniente se não precisamos comunicar quaisquer funções adicionais (que poderiam, por exemplo, se perder no caso de o gerenciamento de metadados ser imperfeito, etc.).

[00159] Isso pode ser útil se a filosofia SLHDR2PLUS usar uma forma fixa, pré-acordada de transformar a função F_Mt1 do classificador (isto é, um mecanismo para qualquer formato de função que ele desejar usar) na função adaptada por canal, correspondendo a PB_IDR (cujo valor é também tipicamente transmitido aos receptores de acordo com a abordagem de codificação ETSI2, como PB_CH). Pode ser mostrado que não é necessário comunicar conjuntamente em metadados associados às imagens em IDR a função de classificação ascendente F_H2h, porque ela é fixa e conhecida pelos decodificadores, então o inverso F_?? provavelmente poderia ser calculado a partir da função F_I2s recebida, como será efetivamente mostrado (se PB_C_H50 também for comunicado aos receptores). A novidade do decodificador é essa nova abordagem para derivar as imagens de PB_C > PB_IDR. Em princípio, qualquer abordagem fixa para derivar uma função F_Mt1_ca a partir da F_Mt1 mestre serviria, desde que ela fosse

matematicamente invertível, ou pelo menos decodificável de acordo com os requisitos, mas é desejável selecionar uma abordagem de classe de espécie na qual a reclassificação HDR para IDR é feita (isto é, o formato de F_Mt1_ca é derivado) de modo que sua deformação adicional para derivar imagens em MDR seja compatível com o que o padrão ETSI2 produziria (em princípio, as imagens ETSI2 são padronizadas apenas entre o PB_C e 100 nits, de modo que se poderia começar a exigir uma quase igualdade das aparências das imagens, isto é, todas as luminâncias e cores de pixel, para todas as imagens da faixa dinâmica entre 100 nits e PB_IDR, mas também se poderia tentar impor à solução a ser obtida as limitações técnicas de que as imagens atualizadas a partir da IDR recebida em direção à imagem em HDR mestre, isto é, com F_?? a ser calculada por um decodificador SLHDR2PLUS, tivessem as mesmas aparências que seriam obtidas pela adaptação de exibição de um ETSI2 que recebesse as imagens Mster_HDR com PB_C de, por exemplo, 5.000 nits, e a função de remapeamento de luminância total F_Mt1.

[00160] Explica-se primeiro como tal adaptação de canal preferencial (isto é, cálculo de F_Mt1_ca, ou F_H2hCI calculada na Figura 9; e a imagem (ou imagens) IDR correspondente) pode ser projetada, o que é útil para várias abordagens/modalidades do padrão SLHDR2PLUS.

[00161] A Figura 12a mostra uma compensação de nível de branco WLO_gr conforme selecionada idealmente pelo classificador (ou autômato), e se disponível também uma compensação de nível de preto (BLO_gr); correspondendo à unidade 403 na Figura 4.

[00162] Pode-se por um momento presumir que esse é o único ajuste de faixa dinâmica, isto é, operação de

mapeamento de luminância para obter a imagem em SDR a partir da imagem inicial Mster_HDR (esse branco sobre branco e preto sobre preto é uma conversão de faixa dinâmica um tanto não inteligente que fornece imagens em LDR de má qualidade, que já não têm o brilho médio nem o contraste médio visual corretos, quanto mais os descritores de imagem de qualidade mais alta da imagem resultante como desejado, mas como uma primeira etapa de uma cadeia de reclassificação de acordo com a abordagem do requerente ela é uma boa etapa, e precisamos primeiro explicá-la e sua adaptação de canal). A ideia é que se (apesar do potencial de codificar lumas de até PB_HDR = 5.000 nits) realmente não houver luminâncias de pixel acima de um valor MXH na imagem atual a ser mapeada (ou uma sequência de imagens em um vídeo da mesma cena, caso se decida usar a mesma função para todas essas imagens temporalmente sucessivas), então faz sentido mapear esse valor MXH mais alto para ser o código de luminância máxima em SDR (isto é, por exemplo, 1024, correspondendo à luminância de 100 nits). Qualquer outra abordagem de mapeamento (por exemplo, mapeamento branco HDR sobre branco SDR) tornará realmente presentes luminâncias ainda mais escuras, e isso não é ideal dado que a faixa de luminâncias de SDR é suficientemente pequena como se encontra, no entanto, ela ainda precisa conter idealmente uma emulação correspondente de uma grande faixa de luminâncias de HDR.

[00163] A questão é, então, se esse valor WLO deve ser ajustado para a imagem em IDR (conforme pode ser visto na Figura 12b, o luma mais brilhante nas imagens intermediárias pode já estar mais próximo ao PB_IDR, havendo ainda um deslocamento final para mapear em 1,0 par a imagem em SDR reclassificada; sendo que o mapeamento pode também ser mostrado

de modo equivalente na faixa de luminâncias normalizadas da imagem em HDR de 5.000 nits, conforme indicado por ON na figura). Em uma primeira abordagem isso não é preciso (pois há alguma liberdade em como projetar o algoritmo para calcular a função F_Mt1_ca), mas no caso de haver alteração de escala, a seguinte abordagem pode ser usada.

[00164] Um fator de escala para tal alteração de escala horizontal precisa ser determinado para que seja possível alterar a escala da função de mapeamento de luminância, que, neste caso, são seus parâmetros WLO_ca, e de modo similar, um BLO_gr escalonado (notação BLO_ca). Se for desejado que esse parâmetro seja escalonado linearmente com o PB_IDR, então as restrições são de que a ação será totalmente ativada, isto é, a compensação tem seu BLO_gr de extensão máxima, quando PB_IDR=PB_SDR. Por outro lado, para a imagem em HDR, o parâmetro BLO ou WLO deve ser zero, pois não há nada que precise ser corrigido, já que temos a transformação de identidade para mapear Mster_HDR de 5.000 nits para Mster_HDR.

[00165] Logo, pode-se formular a seguinte definição dos parâmetros

WLO_ca=scaleHor*WLO_gr (0<=ScaleHor<=1)

BLO_ca=scaleHor*BLO_gr [Equação 6]

[00166] A questão é então como definir o ScaleHor.

[00167] A Figura 12b mostra um espectro de diferentes faixas dinâmicas, mais especificamente diferentes imagens PB_C organizadas ao longo do eixo geométrico horizontal. Elas podem ser posicionadas ao longo de posições perceptualizadas do pico de brilho PB_C de cada imagem. Logo, elas podem ser dispostas em uma posição de abscissa sendo v(PB_C), por meio de que v é a função da Equação 1, com o valor

de PB_C usado para o parâmetro L_in, e com o valor RHO da Equação 2 sendo calculado para o pico de brilho da imagem Mster_HDR que foi classificada (isto é, por exemplo, RHO é 25 para uma imagem Mster_HDR com PB_C de 5.000 nits). Se também o eixo geométrico das ordenadas tiver seus lumas L parametrizados de acordo com a função v (no eixo geométrico vertical), com o mesmo RHO = 25, então os PB_Cs seguirão idealmente uma linha reta, e as definições e os cálculos podem ser feitos nesse framework. Por exemplo, podemos projetar os lumas dos picos de brilho PB_C de qualquer imagem intermediária sobre o eixo geométrico de lumas mestre (5.000 nits). A notação utilizada é "P_I1oI2", significando o valor do luma correspondente por meio da aplicação da função v do pico de brilho (que é uma luminância normal) da imagem I1, quando representado na faixa de lumas da imagem I2. Assim, por exemplo, P_IoH é o luma do pico de brilho da imagem em IDR selecionada na faixa de lumas Mster_HDR, e P_SoH é o luma de 100 nits (note-se que 1,0 nesta faixa corresponde ao PB_C da imagem Mster_HDR, de modo que a posição de, por exemplo, 100 nits, por exemplo, 0,5, irá variar dependendo da representação escolhida da imagem Mster-HDR, razão pela qual as Equações 1 e 2 são uma família de curvas parametrizadas por RHO).

[00168] Uma função adequada para ScaleHor seria, então, começar a partir de 1-P_IoH. Essa função irá de fato aumentar à medida que PB_IDR diminuir, isto é, quanto mais à direita escolhemos nossa representação de imagem em IDR da imagem MsterHDR. E o resultado será 0 no caso de P_IoH = 1, o que ocorre quando uma imagem em IDR de 5.000 nits é escolhida (pura para a explicação teórica da equação scaleHor, pois não faz sentido tecnicamente). Entretanto, essa equação não é igual

a 1,0 quando IDR = SDR, e, portanto, precisamos alterar sua escala com um fator k.

[00169] Pode-se verificar que a normalização está correta se k=1-P_SoH (o que está em contradistinção com o valor da variável P_IoH correspondendo a várias posições de IDR a um valor fixo), logo:

ScaleHor=(1-P_IoH)/(1-P_SoH) [Equação 7]

[00170] A determinação da função para correta (Figura 4, unidade 404) para a conversão de canal é mais complexa, e será elucidada com a Figura 13.

[00171] Nesse caso, os inventores decidiram fazer a transformação da função em uma direção diagonal, ortogonal à diagonal de identidade ([0,0]-[1,1]). Isto precisa ser convertido em uma parametrização equivalente na representação normal do sistema de coordenadas Mster_HDR/XDR de todas as reclassificações funcionais.

[00172] A alteração de escala básica é definida em um sistema de eixo geométrico rotacionado em 45 graus que altera a diagonal para o eixo geométrico horizontal (Figura 13a). Vê-se uma função Fx, que é, por exemplo, a função para rotacionada. Faz sentido alterar a escala de qualquer valor dY para um ponto na diagonal rotacionada, isto é, o novo eixo geométrico x (em que dX corresponde a alguma abscissa, isto é, o luma L_Mster_HDR no sistema de eixo geométrico original) em um fator La/K, em que K é a ação plena da função, isto é, o valor total dY, e um valor de escala dY_ca seria (La/K)*dY nesse sistema rotacionado.

[00173] Define-se uma sc_r=La/K, com La= 1/P_IoH e K=1/P_SoH (note-se que o valor de um luma I2 no eixo geométrico I1 pode ser reformulado como um valor de um luma I1 no eixo

geométrico I2, em particular, por exemplo, 1/P_IoH=P_HoI; por exemplo, se P_IoH=0,7, isto significa que o PB_Mstr_HDR ficaria 1/0,7 acima do PB_IDR).

[00174] Precisa-se agora calcular uma alteração de escala vertical equivalente sc* em relação à diagonal sc_r.

[00175] Isso pode ser feito aplicando-se a matemática de rotação contrária (na verdade, definindo-se primeiro um K e La para 1,0 em vez de 1,4), trazendo a representação da Figura 13a sobre a diagonal da Figura 13b. Isso resulta por rotação de matriz (qualquer x_r, y_r no sistema diagonal, por exemplo, 1, dY, rotacionado para a representação principal) em:

[x1,y1]=[cos(pi/4) -sen(pi/4); sen(pi/4) cos(pi/4)]*[1, P_HoI= 1/La]

[x2,y2]=[cos(pi/4) -sen(pi/4); sen(pi/4) cos(pi/4)]*[1, P_HoS= 1/K] [Equação 8]

[00176] Deve-se notar que, devido à alteração de escala diagonal, as coordenadas x e y serão alteradas, mas SG e HG, bem como qualquer outra alteração de ponto escalonado, são definidos como coeficientes angulares em vez de ângulos.

[00177] A rotação entre a linha a partir de (0,0) na Figura 13b até o quadrado representando um ponto escalonado diagonalmente da função de mapeamento de luma e a linha a partir de (0,0) até o círculo que é o ponto da função de mapeamento de luminância original, ou vice-versa, pode ser determinada dividindo-se os coeficientes angulares em qualquer valor fixo de abscissa, por exemplo, a (as alterações de ângulo correspondem a uma alteração vertical de um fator de escala normalizado sc*):

sc* = (y2/x2)/(y1/x1)=[(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)] [Equação 8]

[00178] Subsequentemente, a distância real de ordenada n correspondendo à alteração de escala vertical completa (sc*=1) precisa ser calculada, e isso pode ser feito percebendo-se que, devido ao ângulo de 45 graus envolvido na alteração de escala diagonal, mip é um ponto médio, tendo uma distância Fd abaixo do mesmo até a diagonal e acima do mesmo até o ponto de intersecção (mx, my) dos dois segmentos lineares da função para. Logo, n=Fd é igual a metade do coeficiente angular diferencial SG-1 em mx, isto é, mx*(SG-1)/2.

[00179] Subsequentemente, o ponto de intersecção deslocado (mxca, myca) precisa ser calculado, da seguinte forma:

mxca=mx+d= mx+ [mx*(SG-1)/2]*(1-sc*)

myca=my-d=SG*mx-(mxca-mx)=-mxca+mx*(SG+1) [Equação 9]

[00180] Com a localização do novo ponto pode-se finalmente calcular o ganho de sombra adaptado por canal (SG_ca, vide Figura 10) e o ganho de realce adaptado por canal HG_ca:

SG_ca = myca/mxca

HG_ca=(myca-1)/(mxca-1) [Equação 10]

[00181] Finalmente, para a seção parabólica intermediária existem várias abordagens/modalidades.

[00182] Em uma abordagem, que na prática produz resultados visuais muito bons, toma-se WP_ca=WP_gr, com WP_gr a largura original da seção parabólica conforme otimizada pelo classificador ou autômato do criador de conteúdo relacionando

as imagens HDR mestre e SDR mestre, e WP_ca a largura para a função para adaptada por canal. Uma outra abordagem é definir WP_ca=v(abs(sc*), 100)*WP_gr, com a função v novamente definida pelas Equações 1 e 2 acima.

[00183] Com essa tecnologia disponível, ela pode ser usada para uma definição de IDR adequada para SLHDR2PLUS.

[00184] Novamente com referência à Figura 10, as equações acima definem como se pode definir de modo inequívoco a função F_Mt1_ca, para, por exemplo, um PB_IDR de 1.000 nits selecionado, partindo-se, por exemplo, de uma imagem em HDR mestre de 5.000 nits. Se essa função for determinada pela unidade de geração de função de HDR 901, ela pode ser fornecida como F_H2hCI e enviada como entrada para a unidade de cálculo de imagem IDR 902. Essa unidade aplicará essa função a todas as luminâncias de pixel da imagem MsterHDR que receber como entrada de imagem [L_IDR=F_H2hCI(L_MsterHDR)= F_Mt1_ca(L_MsterHDR)], para obter as luminâncias de pixel de imagem em IDR correspondentes, e fornecerá a imagem em IDR.

[00185] A questão agora ainda é qual função de mapeamento de luminância adicionar em metadados à imagem em IDR, para dar a impressão de que essa fosse uma imagem ETSI2 normal (isto é, de modo que qualquer decodificador ETSI2 legado possa decodificá-la normalmente, fornecendo uma imagem em SDR ou qualquer imagem em MDR com a aparência pretendida).

[00186] Essa função de mapeamento de luminância de IDR secundária, F_I2sCI, que também será uma função para, pode ser definida como descrito abaixo (e será calculada pelo gerador de função de mapeamento de IDR 903). O ganho de sombra para a SG_IDR da imagem em IDR pode ser visto como a multiplicação (ou coeficiente angular) restante depois de

passar da imagem Mster_HDR para a imagem em IDR (isto é, o brilho relativo restante para obter a imagem em SDR, partindo-se da imagem em IDR):

Y_saída (x_entrada)=SG_gr*x_entrada; = F_I2sCI(L_IDR=SG_ca*x_entrada)

[00187] É fato conhecido, ainda, que o mesmo mapeamento de segmentos lineares da função para os pixels mais escuros é aplicado às novas entradas de luma IDR luma:

Y_saída=SG_IDR*L_IDR

[00188] Logo:

SG_gr= SG_IDR*SG_ca [Equação 11]

(por exemplo, tomado-se uma entrada x_entrada=L_Mster_HDR=0,2, que, a partir da diagonal, é mapeada para L_IDR=0,3=(0,3/0,2)*x_entrada, que por fim é mapeada para Y_saída=0,4=k*0,3, com k=0,4/0,3; Y_saída=SG_gr*0,2=(0,4)*0,2=(0,4/0,3)*(0,3/0,2)*0,2).

[00189] Logo, a partir da Equação 11 tem-se a maneira para calcular a SG_IDR necessária (dado que usamos a abordagem fixa para determinar SG_ca conforme descrito acima):

SG_IDR=SG_gr/SG_ca [Equação 12]

[00190] De modo similar:

HG_IDR=HG_gr/HG_ca [Equação 13]

[00191] Em que HG_gr é novamente o ganho de realce ideal conforme determinado pelo criador de conteúdo relacionando a aparência da imagem em SDR mestre à aparência da imagem em HDR mestre (isto é, a distribuição de seus lumas), e HG_ca é o ganho de realce adaptado por canal, correspondente ao ganho de realce original HG_gr.

[00192] Deve-se notar que pode ser determinado um ajuste básico de ganho de sombra relacionado ao ganho de sombra

simples esperado resultante da diferença de pico de brilho entre a imagem em SDR e a imagem em IDR como: ShadBst=SG_IDR/P_IoS. Como dito, P_IoS é a máxima luminância codificável da imagem em IDR quando representada no eixo geométrico de lumas normalizados da imagem em SDR, isto é, por exemplo, 7,0.

[00193] Deve-se notar que existem algumas modalidades práticas nas quais o ganho de realce não pode ser maior que um número predefinido (no modo como o padrão ETSI codifica os ganhos de realce), caso em que é necessário recalcular adicionalmente o ganho de realce, consultar abaixo, mas não é essencial para todas as modalidades. Isso pode ser feito, por exemplo, da seguinte forma:

[00194] Se HG_IDR>KLIM, então HG_IDR_adj=KLIM [Equação 14], com KLIM sendo de preferência igual a 0,5.

[00195] De fato, supondo que o classificador tenha criado um HG_gr próximo ao valor máximo de 0,5, e que um HG_ca correspondente (que, como um mapeamento mais flexível, deveria ter um HG_ca mais próximo à diagonal, isto é, maior que o HG_gr) é, por exemplo, 0,75, então determina-se que a divisão é 0,67, que é maior que o valor máximo que pode ser comunicado de acordo com um sinal puro de vídeo HDR de ETSI2 conforme padronizado. Uma solução é, por exemplo, redefinir um HG_gr menor de modo que HG_IDR não será maior que 0,5, o valor máximo padronizado. Novamente, precisa-se de um considerável cálculo considerando-se todos os aspectos de reclassificação, conforme será mostrado a seguir. Uma outra opção é, por exemplo, tornar o sinal de IDR + metadados compatível limitando-se o HG_IDR a 0,5, enquanto se comunica como metadados adicionais o HG_IDR exato não limitado. O HG_gr dependerá tipicamente do PB_C da

imagem Mster_HDR, mas também de que tipos de objetos de imagem estão na imagem (por exemplo, objetos brilhantes e coloridos, que são importantes o suficiente para não ter uma compressão demasiada de suas luminâncias, sendo um exemplo extremo uma imagem de um planeta brilhante perto de um poderoso sol, que é classificado com muitos valores de luma L_Mster_HDR muito altos e poucos escuros). O HG_ca irá tipicamente depender, entre outras coisas, de quão próximo o PB_IDR selecionado está do PB_Mster_HDR.

Além disso, presume-se que WP_IDR=WP_gr [Equação 15]

[00196] Como dito, outras modalidades são possíveis, mas para elucidar os princípios de uma maneira mais fácil, por ora faremos essa suposição.

[00197] Com a Equação 6, foram calculados os valores adequados adaptados por canal da compensação de nível de preto e da compensação de nível de branco (caso alguma dessas compensações tenha sido definida pelo criador de conteúdo). Resta agora como calcular (pelo codificador de vídeo IDR) os valores correspondentes de BLO_IDR e de WLO_IDR.

[00198] Primeiro, em uma maneira preferencial de se codificar, é calculado um valor de luz:

luz= {log[1+(rhoSDR-1)*potência((0,1/100);1/2,4)]/log(rhoSDR)}/{log[1+(rhoHDR-1)*potência(1/PB_Mster_HDR;1/2,4)]/log(rhoHDR)} [Equação 16]

com rhoSDR=1+32*potência(100/10.000;1/2,4), e

rhoHDR=1+32*potência(PB_Mster_HDR/10.000; 1/2,4)

[00199] Isso levará a uma maneira fácil de adaptar a BLO, porque, de fato, na abordagem dos padrões ETSI1 e ETSI2 de decodificação HDR existe em paralelo à cadeia de processamento de luminância (unidades 402 a 406 na Figura 4 e

1502 a 1506 na Figura 15, sendo que as Figuras para facilidade de compreensão elucidaram apenas as etapas de reclassificação sequencial parcial da abordagem do requerente), também um limitador de ganho linear que aplica uma curva linear com uma luz de ângulo ao Y'HP perceptualizado e compara com o valor de Y'GL conforme calculado pelas unidades explicadas, e toma um máximo dentre os dois valores calculados em paralelo (isto, entre outras coisas, é importante para a reversibilidade de ETSI1, para permitir a reconstrução dos lumas HDR mais escuros).

[00200] Agora pode ser mostrado que devido à ação desse limitador, os valores de BLO podem ser facilmente adaptados por canal com a seguinte equação:

BLO_IDR=BLO_gr*luz [Equação 17]

a luz mostrada acima depende da escolha específica do PB_Mster_HDR, e pode ser, por exemplo, 0,6.

[00201] Isso é ilustrado com a Figura 17. A Figura 17b mostra uma ampliação para os lumas mais escuros de um mapeamento de luma de faixa completa mostrado na Figura 17a. Várias funções são novamente mostradas em um gráfico normalizado, cujas funções correspondem a vários PB_Cs de entrada e PB_Cs de saída.

[00202] FL_gr é a função como criada pelo criador de conteúdo para mapear, por exemplo, de Mster_HDR de 4.000 nits em SDR. A curva pontilhada FL_ca é a adaptação de canal para criar, por exemplo, IDR de 500 nits a partir da Mster_HDR. A curva tracejada FL_IDR é a curva para mapear os lumas IDR para lumas SDR. No gráfico ampliado da Figura 17b, pode ser visto que a curva FL_gr tem uma dobra acentuada na entrada em torno de 0,03, que é onde o limitador de ganho paralelo entra

em operação (isto é, sua saída linear i=luz*Y’HP é selecionada como a saída da função para entradas de lumas mais baixos em vez do valor Y’GL resultante da ação de todas as unidades na cadeia conforme mostrado na Figura 4 (para uma descrição do circuito completo, consultar o padrão ETSI1 na Figura 4)).

[00203] O valor BLO de qualquer curva é a intersecção com o eixo geométrico horizontal que ocorreria se não houvesse nenhuma limitação de ganho, isto é, por exemplo, a BLO_gr mostrada estendendo-se o coeficiente angular local acima de 0,3 da curva FL_gr, como faz a linha pontilhada.

[00204] Para essa aplicação, é suficiente saber que é possível também estender a curva FL_IDR para se obter um valor BLO_IDR (note-se que existe um valor de luz_IDR, que o ETSI2 padrão irá usar, que é diferente de luz_gr), e que esse valor BLO_IDR menor pode ser encontrado como luz*BLO_gr (note-se que essa luz, a única luz que é preciso calcular para SLHDR2PLUS, é o que mostramos na Figura 17b como luz_gr).

[00205] Subsequentemente, os seguintes cálculos são realizados para se obter a WLO_IDR.

[00206] O que Figura 17a também mostra é que há três diferentes WLOs, ou seja, a WLO_gr originalmente criada pelo classificador como sua estratégia de mapeamento de HDR mestre para SDR (também na Figura 12b a indicação ON), a WLO_ca adaptada por canal em que a curva FL_ca cruza a linha horizontal superior, e que é o mapeamento do luma WLO_gr sobre o eixo geométrico de luma IDR (que pode ser imaginado com representações como a da Figura 12, em que o MXH se projeta em MXI, e, por último, há também uma WLO_IDR, que é a WLO restante para mapeamento de luma dos lumas IDR descendente para SDR (que não é a mesma que a WLO_ca escalonada porque a definição

do eixo geométrico das abcissas dos lumas normalizados muda quando se começa a partir de um PB_C=5.000 associado para a WLO_gr e a WLO_ca, uma vez que a imagem de entrada para reclassificação com essas funções é a Mster_HDR de 5.000 nits, para um PB_C=1.000 nits para as definições relacionadas à IDR das necessidades reclassificadas, uma vez que nessa vista em conformidade com ETSI2 a imagem inicial para derivar outras imagens a partir da qual ela é recebida é, por exemplo, a imagem em IDR com PB_C de 1.000 nits).

[00207] A Figura 17c é ampliada nesse canto superior (próximo a [1,1]) da plotagem das funções. O valor WLO_IDR segue do envio do valor WLO_gr como uma entrada através da curva FL_ca, conforme mostrado pela projeção circular a partir de uma posição ordenada (normalizada) para uma posição de abcissa. Pode ser visto na Figura 12b que a posição MXI é de fato a posição normalizada no eixo geométrico de luma IDR que é mapeada para um luma SDR de 1,0, e, portanto, isso é o que é necessário por definição como a WLO_IDR.

[00208] À primeira vista, pode-se pensar que se a curva do mapeamento através da qual um valor WLO subsequentemente entra em um lado de codificação for uma função para (consultar a Figura 4, unidade 404 mapeando após unidade 403), que ela é tipicamente o segmento linear superior da função para que estará envolvido.

[00209] No entanto, devido à maneira como a função para é definida, qualquer parte da mesma pode ser envolvida (existem mesmo configurações em que apenas um valor especial do SG da função para define um ponto de intersecção muito alto movendo teoricamente acima de 1,0, logo, o comportamento nesse caso até os lumas mais brilhantes é determinado apenas pelo

coeficiente angular do ganho de sombra, levando a uma curva linear que é útil para reclassificar em SDR uma imagem em HDR que contém principalmente lumas muito brilhantes, como, por exemplo, de um planeta deserto sendo iluminado por 5 sóis em um filme de ficção científica). Dessa forma, esse se torna um cálculo um tanto envolvido em que é preciso ser testado qual das três subpartes da função para é aplicável, sendo que a realização matemática preferencial é:

WLO_co=255*WLO_ca/510

BLO_co=255*BLO_ca/2.040

Xh=(1-HG_ca)/(SG_ca-HG_ca)+WP_ca

WW=(1-WLO_gr*255/510-BLO_co)/(1-WLO_co-BLO-co)

SE WW>=Xh THEN WLO_IDR=HG_ca*(1-WW)*510/255 [o segmento linear superior]

ELSE {

Xs=(1-HG_ca)/(SG_ca-HG_ca)-WP_ca

Se WW>Xs

{[a entrada, isto é, WLO_gr, precisa ser mapeada através da subparte parabólica da função para adaptada por 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)* 2*WP_ca)

WLO_IDR=(1-(A*WW*WW+B*WW+C))*510/255

}

ELSE [em casos especiais em que a subparte de ganho de sombra da função para se aplica]

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

}

[00210] Esses parâmetros SG_IDR, HG_IDR, WP_IDR, BLO_IDR, WLO_IDR (e, de modo similar, parâmetros adicionais para a curva personalizável, se necessário) são os parâmetros que caracterizam e, portanto, são fornecidos como a função F_I2sCI (se realmente são esses parâmetros caracterizando o formato dessa curva necessária para fazer adaptação de exibição que são fornecidos, ou se é fornecida uma LUT caracterizando a função, é apenas uma escolha de modalidade; o aspecto principal é que o formato correto da função de mapeamento de luminância F_I2sCI no eixo geométrico normalizado para o sistema de eixo geométrico 1,0 é comunicado juntamente com a imagem (ou imagens) de IDR, como metadados).

[00211] O codificador está agora caracterizado de acordo com a nova abordagem SLHDR2PLUS. A questão então é como um decodificador deve ser projetado. Deve-se compreender que esse decodificador receberá agora apenas a função F_I2sCI, e então ele deve de alguma forma calcular a função F_?? necessária para reconstruir a imagem Mster_HDR original a partir da imagem em IDR recebida. Nessa abordagem de codificação de SLHDR2PLUS, esse seria o inverso da função F_H2hCI usada no codificador para gerar os lumas IDR, mas essa função ainda deve ser calculável.

[00212] Como a Figura 11 esclarece genericamente, o decodificador de vídeo SLHDR2PLUS 1100, uma unidade de determinação de função de luminância 1104 tem de calcular a função F_?? com base apenas nas informações que recebe, isto é, F_I2sCI, e nos dois picos de brilho PB_CH e PB_C_H50. Uma vez determinada, essa função pode ser aplicada para reconstruir as luminâncias Mster_HDR originais, aplicando-as (no transformador de cores 1102) aos lumas IDR conforme recebidos:

L_REC_M_HDR=F_??(L_IDR), a partir de cujos lumas as luminâncias de HDR correspondentes podem ser calculadas, aplicando-se o inverso das Equações 1 e 2 a esses lumas L_REC_M_HDR. Finalmente, a imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR) pode ser fornecida pelo transformador de cores 1102 em qualquer formato desejado, por exemplo, uma formulação de cor YCbCr baseada em PQ, etc. O decodificador 1100 pode, em modalidades preferenciais, também ser configurado para calcular qualquer imagem com exibição adaptada, por exemplo, MDR_300 no caso de uma tela conectada com PB_D de 300 nits precisar ser suprida com o melhor equivalente da imagem em HDR recebida, e isso pode ser feito pela matemática do SLHDR2PLUS, ou apenas uma decodificação ETSI2 normal, uma vez que a imagem adequada (IDR) e a função de mapeamento de luminância (F_I2sCI) já estão disponíveis como entrada no transformador de cores 1102).

[00213] A Figura 14 mostra o que está envolvido para a função para, a fim de reconstruir a imagem REC_M_HDR a partir da imagem em IDR recebida (cálculos similares serão feitos para WLO e BLO, e os pontos de formato de curva personalizável, quando aplicável (note-se que, como discutido abaixo, algumas modalidades não aplicarão a filosofia de curva personalizável entre Mster_HDR e IDR, mas apenas como uma tecnologia SDR de classificação decrescente, isto é, entre IDR e SDR).

[00214] Agora um novo ganho de sombra (SG_REC) de reconstrução de HDR mestre e ganho de realce (HG_REC) de reconstrução precisam ser calculados, e uma equação parabólica inversa para o segmento parabólico tem de ser calculada para completar o formato necessário da função de mapeamento de

luminância da função para de reconstrução F_L_RHDR (deve-se notar que apenas para propósitos ilustrativos, o inverso da função de mapeamento de luminância de SDR para Mster_HDR também foi mostrado nesse gráfico normalizado como a linha pontilhada; deve-se notar que, devido à propriedade da função inversa do mapeamento SDR para HDR, o ganho de sombra daquela curva SG_RM é igual a 1/SG_gr, etc.).

[00215] A Figura 15 elucida primeiro alguns aspectos da típica topologia de cálculo do núcleo do decodificador 1502. Como pode ser visto, é aproximadamente a mesma estrutura que o codificador, apesar de executar uma reclassificação na direção oposta (REC_M_HDR de reconstrução a partir de IDR), o que é útil porque permite reconfigurar facilmente tal topologia de cálculo, de acordo com a necessidade. Se o mapeador de luminância 1501 receber uma LUT total (de todas as sucessivas ações de reclassificação parcial), ele de fato funcionaria de maneira similar à do codificador.

[00216] Obviamente, algumas diferenças precisam ser configuradas para que o decodificador faça a reclassificação de reconstrução de HDR correta. Em primeiro lugar, L_in será agora uma luminância normalizada IDR, e a luminância de saída Lh será uma luminância normalizada que é escalonada corretamente para, por exemplo, renderização de tela com PB_D de 5.000 nits. Pode ser visto também que o último multiplicador, que produz cores de pixel da imagem REC_M_HDR (Rs, Gs, Bs) agora é multiplicado pelo valor PB_C_H50 conforme recebido em metadados. Na verdade, o loop de cálculo externo de perceptualização realizado pelo perceptualizador 1502 e pelo linearizador 1506 aplica um valor PB_CH e PB_C_H50,

respectivamente, nas Equações 1, 2 e nas inversas dessas equações. Deve-se notar também que agora a ordem das várias reclassificações parciais, até o ponto em que estão presentes, é invertida: primeiro, o luma Y'IP de IDR perceptual é finamente classificado pela curva personalizável inversa na unidade de classificação fina 1503, produzindo lumas Y'IPG de IDR reclassificados. Depois disso, um primeiro mapeamento para o eixo geométrico de luma HDR (isto é, correspondente aos lumas redistribuídos para uma aparência HDR correta correspondente, na realidade uma aparência de Mster_HDR com PB_C_H50 5.000 nits) é realizado pela unidade de mapeamento de luminância 1504 sem precisão, que aplica a função para inversa da Figura 14, que ainda precisa ser calculada corretamente, e produzirá lumas HDR Y'HC iniciais. Por fim, um compensador inverso de preto e de branco 1505 criará os lumas normalizados de REC_M_HDR corretos (Y'HR), para serem usados em cálculos adicionais com as saturações, para chegar à cor tridimensional total de cada pixel. Conforme explicado, a unidade 1504 receberá tipicamente a SG_REC calculada, etc. (ou uma versão LUT da função de mapeamento de luma a ser aplicada correspondente a esses três valores). Deve-se notar que se os vários valores de PW foram mantidos idênticos, então WP_REC será novamente WP_gr. A unidade 1505 irá, de modo similar, obter a compensação de preto e de branco para a reconstrução da Mster_HDR (WLO_REC, BLO_REC). A parte inferior da unidade de núcleo realizando o processamento cromático (processador de crominância 1550) será similar à topologia do codificador da Figura 4, exceto para o carregamento da C_LUT F_C[Y] correta na unidade de determinação de processamento cromático 1551 (consultar o respectivo cálculo explicado abaixo).

[00217] A questão agora é se e como os parâmetros das funções a serem aplicadas no decodificador programado para reconstruir Mster_HDR a partir de IDR podem ser calculados (esta é uma situação que não ocorria antes na decodificação de vídeo em HDR).

[00218] Por exemplo, podemos ver a abordagem para o ganho de sombra.

[00219] Antes de calcular SG_REC, podemos perguntar se o ganho de sombra total SG_RM a partir da Mster_HDR para SDR pode ser determinado, e a partir disso poderíamos então através da divisão da Equação 12 determinar a SG_REC.

[00220] Assim, SG_IDR=SG_gr/SG_ca.

[00221] Pode-se mostrar também que SG_ca= (mx/mxca)*(SG_gr+1) -1

[00222] Isto pode ser visto porque myca=SG_ca*mxca (pela definição do menor segmento linear da função para adaptada por canal), e também myca=my-d = mx*SG_gr+(mx-mxca).

[00223] A segunda relação de mxca/mx é obtida pela divisão da equação superior da Equação 9 por mx.

[00224] Como mediante a inserção da primeira relação na segunda (removendo-se a parte mx/mxca) pode-se escrever SG_ca em termos de SG_gr, uma última relação pode agora ser formada entre SG_IDR e SG_gr:

SG_ca= (SG_gr+1)/[(SG_gr-1)*(1-sc*)/2+1]-1

[00225] De onde:

SG_IDR=SG_gr/{(SG_gr+1)/[(SG_gr-1)*(1-sc*)/2+1]-1}

[Equação 18]

[00226] Essa equação pode agora ser resolvida para a SG_gr desconhecida, dada a SG_IDR conhecida (recebida) (e

sc* foi calculado apenas a partir de picos de brilho, que também são conhecidos, uma vez que ambos os PB_CH, isto é, PB_IDR e PB_C_H50 são recebidos e o PB_SDR é geralmente de 100 nits, mas pode também ser colocado em metadados do sinal, caso contrário).

[00227] Chamando SG_IDR= y e SG_gr =x para notação simplificada, então:

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

logo: x^2+x*(y-1)*[(sc*+1)/(sc*-1)]-y=0 [Equação 19]

[esses coeficientes (chamados abaixo de A', B', C') sendo funções de y e sc* serão usados abaixo para resolver a equação quadrática, no sistema total de equações para reconstruir os lumas da imagem Mster_HDR].

[00228] Para determinar todos os parâmetros que fornecem o formato da função de mapeamento de luminância de reconstrução, as seguintes equações podem tipicamente ser feitas em uma das modalidades (isto reconstrói o inverso da função que foi usada para gerar a imagem em IDR no lado do codificador). Primeiramente, a função para correta é determinada, e, a partir da mesma, as compensações de preto e de branco são subsequentemente calculáveis.

[00229] rhoSDR é calculado novamente conforme descrito acima, e rhoCH é calculado como:

rhoCH=1+32*potência(PB_CH/10.000; 1/2,4)

mu= log[1+(rhoSDR-1)*potência(PB_CH/PB_SDR;1/2,4)]/log(rhoSDR)

K, La e sc* são calculados como descrito acima, com K=P_HoS e La=P_HoI

A'=1

B’=(SG_IDR-1)*(sc*+1)/(sc*-1)

C’=-SG_IDR

[00230] Uma vez capaz de determinar, no lado de decodificador, os parâmetros necessários de todas as funções necessárias (isto é, a partir de outros parâmetros disponíveis recebidos SG_IDR, etc.), o restante da decodificação deve-se à reversibilidade aplicar apenas a curva (ou curvas) inversa da codificação, por exemplo, uma função para como a da Figura 14 (adequadamente formatada pelo cálculo de seus parâmetros definidores corretos 1/SG_REC, etc.) irá desfazer a ação da função para de codificação de IDR conforme ilustrado na Figura 10, isto é, definir a nova decodificação de IDR em lumas Mster_HDR, etc.).

[00231] Daí segue-se que:

SG_gr=[-B’+SQRT(B’ ^2-4*A’*C’)]/2*A’

[00232] Em que ^2 indica uma potência quadrada.

SG_REC = SG_gr/SG_IDR [Equação 20]

[00233] Assim, o ganho de sombra adaptado por canal inverso (1/SG_REC) já é conhecido.

[00234] De modo similar, o ganho de realce necessário pode ser calculado.

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

B’’=SG_gr-HG_IDR-(SG_REC*HG_IDR-1)*(SG_gr+1)/(SG_REC+1)

C’’=HG_IDR-1

MxRec=[-B’’+SQRT(B’’ ^2-4*A’’*C’’)]/2*A’’

IF MxRec =1 THEN HG_REC= 0

ELSE = HG_REC= max[0,(MxRec *SG_gr-1)/(MxRec -1)]

[00235] Como uma função para é definida a partir de seus parâmetros, uma vez calculados, a função para necessária é definida.

[00236] Para obter BLO_REC e WLO_REC, as seguintes equações são resolvidas:

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*potência(PB_C_H50/10.000;1/2,4)

luz = {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, a mesma luz conforme usado pelo codificador, porque na abordagem ETSI esse é um desvio fixo paralelo do mecanismo Im_PB_C_1 <> Im_PB_C_2, aquelas duas imagens são definidas como reclassificadas a partir do mesmo PB_C_1, e nesta abordagem SLHDR2PLUS específica são, respectivamente, a Mster_HDR e imagem em IDR].

[00237] BLO_gr=BLO_IDR/luz [o inverso da Equação 17, e, portanto, isso é determinado com relativa facilidade sem a necessidade de equações de ordem mais alta, e subsequentemente basta aplicar o mecanismo de adaptação de canal fixo para se obter a WLO_REC necessária, que é igual à WLO_ca usada pela codificação, mas agora será invertida, com a adição tornando-se subtração]:

BLO_REC=BLO_ca=BLO_REC*ScaleHor

[00238] Subsequentemente, a WLO_REC é calculada sendo projetada através da função para, como foi o princípio de codificação, para ser posteriormente invertida.

```
IF e HG_ca=0 WLO_REC=0
ELSE
{
BLO_co=255*BLO_ca/2.040
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
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)
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_RE)]
WCA=(-B’’’+SQRT(B’’’^2-4*A’’’*{C’’’-
WW_REC})/(2*A’’’)
WCA=min (WCA,1)
}
ELSE WCA=WW_REC/SG_REC
WLO_REC=(1-WCA)*(1-BLO_co)/[(1-
WCA*ScaleHor)*(510/255)]
```

[00239] Deve-se notar que, embora a BLO seja de fato uma contribuição aditiva pura em termos de mapeamento, a

WLO é convertida em uma alteração de escala multiplicativa ao máximo (por exemplo, na Figura 4):

$$Y'HPS= (Y'HP-BLO)/(1-BLO-WLO) \quad \text{[Equação 21]}$$

[00240] Todas essas informações podem tipicamente ser incluídas em uma única LUT de processamento de luminância, que relaciona, por exemplo, no domínio perceptual Y'PI a Y'HR (ou melhor ainda uma LUT total que define Lh para cada valor L_in). Isso reconstruiria a imagem REC_M_HDR.

[00241] Conforme mencionado acima, também é útil se o decodificador puder fornecer diretamente uma imagem com exibição adaptada, por exemplo, MDR_300.

[00242] Para isso, a seguinte tecnologia pode ser usada conforme elucidada com a Figura 16 (em que duas LUTs parciais são usadas; na prática, é mais útil carregar apenas uma LUT, chamada P_LUT, uma vez que a trilha superior de cálculo de luminância está em unidades de cálculo de núcleo preferenciais, por exemplo, o processador de cor de pixel de um CI de decodificação dedicado, tipicamente incorporado simplesmente como uma LUT. Os valores de luma Y_IDR são inseridos como entrada (por exemplo, tipicamente codificados como YCbCr baseado em PQ), e são convertidos pelo linearizador 1601 em luminâncias normalizadas L_in. Um perceptualizador 1602 funciona como explicado acima (Equações 1 e 2), e usa o valor RHO para o pico de brilho de IDR PB_IDR, por exemplo, 1.000 nits. Isso produz lumas IDR perceptualizados Y'IP. Uma unidade de mapeamento de luminância 1603 reconstrói a imagem em HDR mestre conforme explicado acima, isto é, recebe todos os parâmetros calculados que definem a função de mapeamento de luminância, F_L_REC, de reconstrução de IDR para MsterHDR, ou tipicamente a LUT desse formato de função. Isso produz lumas

Mster_HDR reconstruídos Y’HPR. Essa imagem forma uma boa base para calcular imagens de faixa dinâmica/pico de brilho PB_C mais baixos. Basicamente, essa tecnologia opera como o mecanismo ETSI2, desde que sejam aplicadas as funções corretas. Essas funções podem ser escalonadas a partir da F_L_IDR transmitida conjuntamente como metadados, ou calculada a partir da função F_50t1 reconstruída que é uma reconstrução do que o criador de conteúdo definiu em seu lado como a função ideal para calcular a imagem em SDR mestre a partir da imagem Mster_HDR. Essa função F_50t1 pode então ser calculada na função de adaptação de exibição apropriada F_L_DA para, por exemplo, um PB_D de 300 nits, de acordo com os princípios definidos no padrão ETSI2 (consultar padrão para obter detalhes). Isso é carregado no mapeador de luminância de HDR para MDR 1604, se houver um. Na prática, a única P_LUT conterá a ação total da F_L_REC e subsequentemente da F_L_DA.

[00243] Por fim, as luminâncias relativas de MDR obtidas são enviadas para o primeiro multiplicador 454 da Figura 4, para realizar o mesmo processamento (também com o acompanhamento da F_C[Y] correta).

[00244] Finalmente, a C_LUT apropriada (F_C[Y], na Figura 4 ou na Figura 15, respectivamente), precisa ser calculada, o que dá às cores de saída reclassificadas da luminância suas crominâncias adequadas (para ter tanto quanto possível uma aparência da imagem Mster_HDR, isto é, as cromaticidades dos pixels da imagem de saída e da imagem Mster_HDR devem, na medida do possível tendo-se em conta as diferentes faixas dinâmicas menores, ser aproximadamente idênticas).

[00245] A C_LUT para a reconstrução Mster_HDR é da seguinte forma (outros cálculos de C LUTs de reclassificação seguem princípios semelhantes, por exemplo, levando-se em conta os ensinamentos do padrão ETSI2).

[00246] Primeiramente, é calculada uma CP-LUT, que é a inversa da P_LUT acima mencionada que foi aplicada ao codificador para mapear a imagem Mster_HDR à imagem em IDR (assim, no decodificador, essa correção de crominância inversa será usada para reconverter a partir das crominâncias Cb e Cr da imagem em IDR recebidas para as crominâncias reconstruídas Mster_HDR).

[00247] A C_LUT para reconstrução da Mster-HDR pode, então, ser calculada como:

XH=v(PB_M_HDR;10.000)

XS=v(PB_SDR=100;10.000)

XD=v(PB_D;10.000)

XC=v(PB_CH;10.000)

[00248] Com v novamente a função v(x,Rho) conforme definido pelas Equações 1 e 2 acima.

CfactCH=1-(XC-XS)/(XH-XS)

CfactCA=1-(XD-XS)/(XH-XS)

C_LUT[Y}=[1+CfactCA*potência(CP_LUT[Y];2,4)]/[Y*{1+ CfactCH* potência(CP_LUT[Y];2,4)}] [Equação 22]

[00249] O PB_D de exibição alvo pode ser ajustado para PB_Mster_HDR para a reconstrução, caso em que apenas o divisor permanece como determinador da C_LUT. Em uma modalidade prática, a potência 2,4 também pode ser incluída na LUT como, por exemplo, CPP_LUT = potência(CP_LUT [Y];2,4) o que pode economizar alguns cálculos em algumas modalidades.

[00250] Foi dito acima que algumas modalidades práticas (para fins de conformidade com a definição atual de metadados ETSI2) o codificador SLHDR2PLUS recalcula o HG_gr para valores HG_IDR em conformidade. Isso pode ser feito da seguinte forma:

[00251] Por exemplo, os metadados podem ter reservado uma palavra de código de 8 bits para o HG da função para, isto é, neste caso, como se espera que a imagem em IDR + seus metadados sejam um sinal em conformidade com ETSI2, a questão é saber se o HG_IDR necessário irá se enquadrar no código alocado. O padrão tipicamente usa uma função de alocação de código para transformar o HG_IDR fisicamente necessário em algum HG_COD: HG_COD em [0,255] = F_COD[HG_IDR]. Por exemplo, FCOD pode ser 128*(4*HG_IDR), o que significa que um máximo de 255 corresponde a um HG_IDR máximo de 0,5.

[00252] É desejado ter a certeza de que a imagem em IDR é gerada de modo que o HG_IDR se enquadre apenas na faixa de código, isto é, uma modalidade pragmática pode realizar isso de certa forma adaptando o HG_gr do classificador (de modo que, com a adaptação de canal fixo e em seguida com base na determinação de metadados de IDR, esse transbordamento seja simplesmente evitado).

[00253] Os cálculos para essa modalidade podem ser (opcionalmente) por exemplo:

Ajustar HG_IDR=(254*2)/(255*4);

Exposição=sombra/4+0,5 [com sombra sendo a codificação ETSI2 de ganhos de sombra SG_gr]

SG_gr=K*exposição

A= SG_gr*(HG_IDR-1)-0,5*(SG_gr-1)*(1-sc*)*(HG_IDR+SG_gr)

B=SG_gr-HG_IDR+1+0.5*(SG_gr-1)*(1-sc*)*(HG_IDR+1)

C=HG_IDR-1

MxLM=[-B+raiz quadrada(B*B-4*A*C)]/(2*A)

SE MxLM = 1 THEN HG_gr_LM = 0

ELSE HG_gr_LM=max[0, (MxLM*SG_gr-1)/(MxLM-1)]

[00254] Em que HG_gr_LM é o valor de HG_gr ajustado. O resto do algoritmo trabalhará então conforme descrito acima, simplesmente como se o classificador tivesse selecionado o valor ideal de HG_gr_LM desde o início.

[00255] Isso detalha um método para abordar o problema de design do novo codec SLHDR2PLUS. Existem maneiras alternativas, dependendo das escolhas técnicas feitas, em particular quais aspectos são considerados de importância fundamental, em relação a quais outros aspectos podem ser relaxados.

[00256] A matemática acima define uma maneira totalmente nova de implementar o decodificador de HDR, seja ao menos com uma abordagem de cálculo principal consistente com as abordagens ETSI1 e ETSI2: em particular, embora de formatos diferentes, as funções P-LUT e C_LUT serão calculadas como as abordagens ilustram acima (apesar de as Figuras 4 e 15 detalharem a filosofia técnica-física por trás da maneira como a abordagem de codificação em HDR do presente documento funciona e por que, na prática, todo o processamento de luma que é equivalente a um processamento de luminância [em um aspecto de cor unidimensional essas duas abordagens estão relacionadas através de uma transformação funcional não linear que pode ser dependente da imagem] na trilha de processamento de luma 401 respectivamente 1501 é realizado pelo carregamento do formato correto total da função de mapeamento de luma P_LUT,

e de modo similar para a C-LUT chamada F_C[Y] respectivamente nas unidades 451 e 1551), a topologia de cálculo é reutilizável, o que é uma propriedade altamente útil para clientes (eles precisam comprar um CI em, por exemplo, um STB uma vez, e ele pode ser reconfigurado para várias novas filosofias de codificação, mediante reprogramação do manuseio de metadados, mas mantendo o mecanismo de transformação de cor por pixel).

[00257] Pode-se também projetar uma tecnologia de codificação de IDR que reutiliza a mesma matemática de decodificação ETSI2 em profundidade (isto é, a cadeia de reclassificações parciais 1503 a 1505), simplesmente instruindo-se o decodificador ETSI2 para adequadamente extrapolar em vez da sua tarefa normal de classificar para baixo a imagem recebida, e adaptar sua exibição para uma tela com PB_D < PB_IDR. Deve ser enfatizado que essa não é uma "extrapolação cega", que fornece "simplesmente qualquer" aparência de imagem de faixa dinâmica mais alta correspondente à aparência (isto é, em particular, a distribuição estatística dos lumas relativos ou luminâncias absolutas dos pixels de IDR) da imagem em IDR, mas que na verdade produz "automaticamente" por tal modo de codificação uma imagem de saída em HDR cuja aparência é tão próxima quanto possível da imagem Mster_HDR original do lado da criação de conteúdo (que também, em tais modalidades, ainda não foi realmente recebida, e nem seus metadados, por exemplo, SG_gr, foram recebidos). Isso automaticamente não é certamente tão simples, e envolve a abordagem correta no lado de codificação de conteúdo. Para o decodificador em algumas modalidades dessa filosofia, o PB_C_H50 recebeu funções de pico de brilho secundárias na

programação do decodificador por pixel de núcleo de modo equivalente como se fosse um brilho de tela PB_D desejado (que é então, por exemplo, 5x mais alto que PB_IDR).

[00258] A Figura 18 elucida essa abordagem (esquema de blocos da maneira como a matemática do codificador funciona conceitualmente). Além disso, por uma questão de simplicidade, assume-se (embora essas seleções não estejam necessariamente ligadas como fosse preciso a esse exemplo) que a liberdade de escolha do algoritmo de adaptação de canal fixo foi selecionada de modo a fazer apenas uma transformação de função para que liga Mster_HDR e IDR, e deixa qualquer BLO e WLO (se aplicável à imagem atual ou tomada de imagens) e curva personalizável para a transformação secundária, isto é, a reclassificação de IDR para SDR, e os metadados pertencentes ao sinal de IDR compatível com ETSI2 a ser transmitido aos receptores (sejam receptores ETSI2 legados ou receptores de decodificação SLHDR2PLUS).

[00259] Primeiro, são necessárias algumas definições introdutórias:

[00260] A inversa de uma curva de função para como mostrado na Figura 10, isto é, com a definição de formato padronizada por ETSI conforme formulado nas equações 4 e 5 acima e a parte intermediária da parabólica definida por a*x^2+b*x+c, é uma curva que, para fins de concisão, será chamada aqui de uma abcara. De acordo com a secção 7 do ETSI1 (reconstrução do sinal de HDR) ela é definida como:

L_out = 1/SG * L_in (se 0<= L_in <= xS)

L_out = -b/2a+ raiz quadrada(b^2-4*a*(c-L_in))/2a (se xS< L_in < xH)

L_out = 1/HG *(L_in-1)+1 (se xH<= L_in) [Equação 23]

[00261] Sendo xS e xH os pontos em que os segmentos lineares se transformam na seção intermediária da parabólica, em conformidade com a forma como a função para foi definida para a codificação (ou qualquer outro uso).

[00262] O princípio básico do que a modalidade do codificador de vídeo da Figura 18 está tentando alcançar é mostrado na Figura 20 (neste exemplo decidimos elucidar o exemplo de uma IDR com PB_C de 500 nits, não querendo dizer que este método é um tanto limitado ou mais adequado a PB_IDR menor).

[00263] Se tivermos um mecanismo fixo (em um decodificador compatível com ETSI2 ou ETSI2 legado) para extrapolar da IDR para PB_Cs mais altos que o PB_IDR (usando tal ajuste de PB_C como se fosse um pico de brilho de tela), então também poderíamos projetar um codificador que inverte esse processo, isto é, cria a imagem em IDR com o uso da F_ENCINV_H2I inversa da função de mapeamento de luminância com extrapolação adequadamente adaptada F_E_I2S (adaptada a partir da função F_I2S que é conforme à especificação ETSI2 recebida pelos receptores do sinal de IDR, isto é, a imagem em IDR + metadados que incluem a função F_I2S), e subsequentemente adiciona os metadados corretos, os quais, como dito, seriam F_I2S, que devem ser derivados a partir da função de mapeamento de luminância total F_H2S (por exemplo, F_50t1) conforme criada pelo criador de conteúdo, por exemplo, um classificador humano, ou um autômato em qualquer processo de codificação em tempo real intermediário, etc.

[00264] As relações também podem ser formuladas em 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

[00265] Em que m_F_I2S ou m_F_I2S (L_HDR) é um multiplicador correspondente necessário para realizar a reclassificação de luminância de acordo com qualquer valor L_HDR selecionado, correspondendo ao formato da função de mapeamento de luminância F_I2S, e de modo similar para os outros multiplicadores.

[00266] Dessa forma, é preciso resolver que uma inversa de uma função para de HDR para IDR, isto é, uma abcara operando de IDR para HDR, tem o mesmo efeito que alguma função para sendo extrapolada para PB_HDR (começando em qualquer L_IDR).

[00267] Para compreender isso um pouco melhor usamos a Figura 21. No modo de interpolação normal partindo do PB_C de imagem de entrada mais alto (isto é, trabalhando em quaisquer luminâncias de entrada normalizadas L_in_X que correspondem a luminâncias reais através de um PB_Ch que é maior que o PB_D das luminâncias da imagem de saída normalizada) ao PB_D mais baixo, a função para F_H2S do classificador original (como recebida nos metadados por uma cadeia de comunicação de vídeo de codificação de ESTI2 padrão) teria sua escala alterada diagonalmente seguindo a seta em direção à diagonal [0,0]-[1,1], produzindo uma F_ENCIV_H2I (que agora corresponde à razão de distância pseudologarítmica visualmente uniformizada entre PB_IDR/PB_HDR e PB_SDR/PB_HDR, isto é, por exemplo, de v(100/5.000)/v(500;5.000)=0,54/0,72 [em que v(x;y) é a função da Equação 1 com abcissa x, e um RHO correspondente a y por meio da Equação 2]). Pode-se imaginar que continuar o comportamento de reclassificação, em qualquer situação de PB_D mais alto para mais baixo, através do

mapeamento de processamento de identidade de PB_HDR para PB_HDR, produziria curvas tornando-se gradualmente decrescentes, de fato para curvas de mapeamento de luminância de espécie, elas se tornariam abcaras matematicamente. Na verdade, a função necessária para extrapolar qualquer imagem em IDR recebida (com base na função de mapeamento de luminância inicial F_H2S recebida nos metadados, com o uso do mecanismo de adaptação de exibição do capítulo 7.3 do padrão ETSI2) F_E_I2S seria a função espelho obtida pelo espelhamento em torno da diagonal de F_ENCINV_H2I (e vice-versa).

[00268] Logo, o que resta, dado que se quer reempregar mecanismos de cálculo ETSI2 padrão para implementar a funcionalidade SLHDR2PLUS, é definir o codificador correspondente, conforme elucidado com a Figura 18.

[00269] Por exemplo, o SG da F_ENCINV_H2I está na definição de abcara 1/SG * L_in_X.

[00270] Em termos da SG_COD (isto é, codificação definida por ETSI do ganho de sombra SG físico-matemático), obtemos (SG_COD=SGC*255/2 em conjunto com a Equação ETSI1 C23 exposição=SGC/4 +0,5 em conjunto com C24 ganho de exposição=v(PB_HDR=5.000/PB_alvo=500; PB_alvo) em conjunto com a Equação C27 SG=ganho de exposição*exposição):

1/[(SGC/4+0,5)*v(5.000/500;500)]=(X/4+0,5)* v(500/5.000;500) [Equação 24]

[00271] A ser resolvida para o controle de ganho de sombra X da função para desconhecido (isto é, X sendo o SG de F_ENCINV_H2I).

[00272] Ou seja, o decodificador define como, para qualquer seleção de F_H2S do classificador, qual será a aparência do formato de F_E_I2S (usando o algoritmo ETSI2 7.3),

mas é necessário interpretar isso como uma abcara ETSI1, para que possamos relacionar essa abcara com a correspondente função para inversa F_ENCINV_H2I necessária, para, por fim, usar no novo codificador SLHDR2PLUS a correspondente função para, para calcular as luminâncias de imagem em IDR (em uma primeira modalidade preferencial dessa abordagem de espécie específica da abordagem SLHDR2PLUS genérica, ou seja, os cálculos das derivadas das funções de mapeamento de luminância utilizando o segundo pico de brilho; as compensações de branco e de preto serão ignoradas nessa espécie, pelo menos na subfaixa HDR<>IDR, porque elas serão aplicáveis à subfaixa HDR<>SDR do espectro das diferentes imagens de PB_C, conforme mostrado na Figura 7).

[00273] Na prática, entretanto, o codificador trabalha na outra ordem (mas com as mesmas relações obedecidas, para manter o sistema em conformidade com ETSI2). O adaptador de canal 1801 calcula (a partir do formato da função F50t1 recebido) a função para necessária para transformar os lumas L_HDR nos lumas L_IDR com PB_C de, por exemplo, 500 nits (a matemática de adaptação de canal da modalidade anterior descrita acima pode ser usada, mas então ignorando a adaptação da WLO e da BLO, isto é, a função para funciona apenas entre duas representações de luma 0 e 1,0 sem nenhuma compensação envolvida, simplesmente pela aplicação de uma função para apenas). O inversor 1802 calcula a abcara correspondente, com o uso do inverso da Equação 24 (isto é, com 1/X à esquerda sendo calculado dado um SGC conhecido no lado direito da equação). Esse é o mapeamento que reconstruirá os lumas de pixel de L_HDR a partir dos lumas de L_IDR recebidos. Presumindo, por exemplo, um WP que permanece constante em toda

a cadeia de definição de codec, o inversor 1802 irá, desse modo, calcular o ganho de sombra SG_abc e o ganho de realce HG_abc da abcara. A trilha inferior que faz o gerenciamento de metadados acabará por ter de calcular a F_L_IDR (=F_I2S), então o adaptador 1803 determina a função de mapeamento F_I2S necessária (em particular seu SG_IDR e HG_IDR) aplicando na direção inversa o algoritmo de ETSI2 7.3 (realizando a transformação F_I2S restante da transformação total F_H2S no caso de uma reclassificação de luminância parcial já ter sido feita nos lumas da imagem em IDR com o uso de F_ENCINV_H2I).

[00274] Conforme já mencionado acima, em alguns cenários pode acontecer de o valor HG_IDR ficar acima do que pode ser codificado em conformidade com ETSI2 como HG_COD. O que pode ser feito em tal cenário é limitar o dito valor do HG_IDR até atingir o seu máximo, e voltar através da cadeia ao que isso significa, em particular a qual função F_H2S diferente do classificador original corresponderia. Todos os cálculos podem então ser reiniciados a partir dessa situação, e é isso que as unidades opcionais mostradas em linhas tracejadas executam em uma linha de processamento consecutiva.

[00275] A Figura 22 explica o que o limitador 1804 executa como reformatação da curva de mapeamento de luminância. A linha pontilhada mostra a F_H2S inicial, e como a partir da mesma com o algoritmo de adaptação de canal fixo uma função F_ENCINV_H2I pode ser derivada, e como a função de reclassificação parcial restante (original) F_I2S_or pode ser derivada (a F_IDR original no caso de não haver limitações específicas adicionais no ETSI2 como atualmente formulado, solicitando uma abordagem de modalidade específica mais detalhada conforme explicado a seguir). O HG_IDR_or dessa

função, dado que esta é uma abordagem totalmente nova na codificação de vídeo em HDR, pode não se enquadrar na definição do HG_COD, isto é, exige um valor acima de seus 8 bits, máximo de 255, que pode ser transmitido em um sinal codificado por vídeo em HDR em conformidade com ETSI2. Assim, o HG_IDR_or tem de ser reduzido para no máximo o valor limitado ainda codificável de HG_IDR_LIM (que nas modalidades atuais do ETSI2 é 2,0, mas isso não é uma limitação fundamental da abordagem). Isso cria uma função para que tem um segmento linear de realce um pouco mais perto do limite horizontal superior (L_out_X=1,0), que corresponde a imagens em IDR um pouco mais brilhantes, mas essa não é a questão fundamental (como mencionado acima de que existe alguma possibilidade de relaxamento no sistema para projetar diversas variantes). Isso significará que as regiões de mais alta luminância em uma imagem de cena em HDR obtêm uma representação de IDR menos contrastante (embora a HDR mestre original seja totalmente recuperável, e a aparência SDR e todas as reclassificações MDR também terão uma boa aparência), mas esse não é o verdadeiro problema, uma vez que se classifica a partir de imagens HDR mestre com PB_C mais alto, e isso corresponde ao que está na faixa de 3.000 a 5.000 nits, por exemplo, que inclui tipicamente lâmpadas e similares, que podem sofrer uma pequena deterioração (uma vez que algum mapeamento de deterioração é sempre necessário, de qualquer maneira, e de certa forma esperado para tais regiões ultrabrilhantes). Um segundo adaptador de canal 1805 irá então aplicar novamente toda a matemática acima, mas agora com a situação de HG_IDR limitado (então, primeiramente, pode ser calculada uma F_H2S equivalente, o que, como dito nessa categoria de modalidades,

pode ser feito extrapolando-se o F_I2S_LIM limitado para uma situação como PB_D=PB_Mster_HDR, e então a adaptação de canal pode ser aplicada novamente).

[00276] Esse F_H2I_LIM resultante (isto é, mapear lumas L_HDR para lumas L_IDR) pode agora ser aplicado pelo mapeador de luminância de pixel de imagem 1806, para determinar pixel por pixel todos os lumas de IDR (ou de fato, usando-se também o processamento cromático de ETSI2, isto é, a C_LUT lá definida correspondente ao formato da função de mapeamento de luma de F_H2I_LIM, todas as cores YCbCr da IDR). Finalmente, o determinador de metadados de IDR 1807 calcula o conjunto completo de metadados para realizar a reclassificação baseada em metadados em conformidade com ETSI2 para imagens com PB_C mais baixo (para qualquer PB_D de tela), menor que PB_IDR que é (ou por extrapolação mais alto que PB_IDR). Assim, novamente SG_IDR, HG_IDR e WP_IDR são determinados de acordo com qualquer uma das possíveis combinações formando uma modalidade, conforme explicado acima. Agora, também a BLO_IDR e a WLO_IDR são determinadas (conforme explicado acima, um determinado luma no eixo geométrico de luma Mster_HDR pode ser mapeado para 1,0 no eixo geométrico de luma SDR, e isso pode ser reformulado como um mapeamento de um luma de IDR adequadamente escalonado, isto é, definindo a WLO_IDR, e de modo similar para a BLO_IDR).

[00277] Por fim, a curva personalizável pode ser otimizada para a nova situação de metadados de IDR, pelo otimizador de curva personalizável 1808 (no caso de curvas personalizáveis serem usadas, porque algumas variantes da modalidade da tecnologia de codec de submercados como, por exemplo, radiodifusão ao vivo, podem ter sido escolhidas para

nunca utilizar curvas personalizáveis, e então a antiga matemática da função para + compensação se aplica).

[00278] A Figura 19 explica o funcionamento da adaptação de uma curva personalizável. Ela é sempre composta por dois componentes conceituais (sejam aplicados diretamente em uma única direção apenas, ou invertidos). O primeiro componente pode ser entendido concentrando-se o pensamento em um objeto: presuma por um momento que um dos pontos de controle da curva personalizável de múltiplos segmento lineares corresponda a um par de calças (de modo que o luma L_in_S normalizado específico xo1I seja, por exemplo, a média de luma de todos os pixels de calças). Uma transformação é usada para, por exemplo, iluminar esses pixels de calças (ao redor de e em particular o ponto de controle), para fornecer lumas normalizados que são lumas melhores para essas calças, de acordo com o classificador humano (ou software autômato). Pode-se ver também na Figura 4 que na abordagem ETSI isso acontece como uma última etapa (opcional) de codificação de classificação fina no codificador (unidade 405), e de modo correspondente uma primeira etapa no decodificador. Então, na verdade, essa transformação de luma é de fato definida no domínio de luma de SDR (após o mapeamento de luma de HDR para SDR sem precisão da função para + compensação, se houver).

[00279] Então pode-se raciocinar que qualquer luma precisa de uma transformação (para esse objeto!) que pode ser escrita multiplicativamente como L_out=m(L_in_SDR)*L_in_SDR.

[00280] A necessária mudança de luma multiplicativa (percentual) pode ser diferente em qualquer outra imagem, por exemplo, a imagem em IDR, mas uma coisa em que se deve poder confiar é que a correção de uma classificação

fina corresponde a um “objeto” específico que precisa de uma reclassificação (mesmo que a curva personalizável seja usada para outro de seus benefícios em adição à classificação fina específica do objeto, por exemplo, melhoria do formato da curva de mapeamento de luminância de classificação sem precisão, fisicamente ela ainda pode ser interpretada como uma melhoria baseada em objeto, seja pela definição de um conjunto de objetos virtuais correspondentes a algumas subfaixas de luma). Então se for feito o rastreamento dos objetos para uma outra faixa de lumas, o valor de abscissa normalizado pode mudar, mas não a essência do objeto (por exemplo, o homem sobre a motocicleta tem um luma normalizado diferente em HDR, ou seja, 5/5.000 do luma em SDR, ou seja 5/100). Dessa forma, é necessário recalcular a função para essa nova distribuição de posições de lumas normalizados (isto pode ser feito para qualquer quantidade de funções de mapeamento de luminância de reclassificação parcial intermediária; mesmo para cima e para baixo, várias faixas parciais por mais complexas que sejam, seria desejável projetar uma modalidade de codificação de vídeo em HDR). Assim a Figura 19a mostra isso genericamente: o luma do objeto SDR original (por exemplo, um ponto final de segmento de um segmento linear da curva personalizável) xo1I se move para xo1N (isto aconteceria aplicando-se, por exemplo, a abcara sendo a inversa de F_I2S da Figura 20. O mesmo acontece com outros pontos, por exemplo, o ponto de segmento do pentágono (tipicamente pode-se presumir que há pontos de segmentos suficientes bem espalhados, por exemplo, 16, dos quais, por exemplo, 10 podem ser automaticamente ajustados pelo software de classificação se o classificador, por exemplo, aplica uma reclassificação personalizada linear sem precisão a uma

subfaixa relativamente grande dos lumas mais escuros). Então, com todos esses pontos deslocados, pode-se agora, a partir da curva CC_gr original do classificador de metadados de conteúdo mestre (F_H2S com CC na faixa de lumas de SDR) definir uma curva intermediária CC_XRM aplicando-se as compensações CC_gr originais, isto é, L_out_SDR=CC_gr [L_in_S], em que os valores de L_in_S eram os valores originais xo1I, etc. (mas agora os valores de L_out são aplicados às posições de luma de IDR remapeadas de xo1N (produzindo a curva tracejada). É claro que esses não serão os multiplicadores de HDR para IDR adequados (ou mais exatamente, de IDR para IDR), de modo que a correção seja feita na etapa 2, conforme ilustrado na Figura 19b.

[00281] Como é possível ver novamente na Figura 19b, a correção fina multiplicativa pode ser interpretada como um processo escalável que muda entre nenhuma correção (os lumas de pixel de Mster_HDR já estão corretos por definição, porque essa imagem foi classificada de modo ideal pelo criador de conteúdo) e a correção total para a imagem com PB_C mais extremamente diferente (a partir da Mster_HDR) no espectro das imagens reclassificadas, que na abordagem do requerente é tipicamente a imagem em SDR de 100 nits (na qual a correção total para um determinado pixel é, por exemplo, mso1, que pode ser escrito como uma compensação absoluta, mas também como uma correção multiplicativa yio1=mso1*xso1 (qualquer formato de curva de mapeamento de luma yio1=F_L(xso1) pode ser formulado como uma curva de valores de multiplicação dependentes de luma).

[00282] Como a vista de correção multiplicativa pode ser formulada como compensações a partir da diagonal em que yio1=xso1, pode-se introduzir um fator de escala vertical:

ScaleVer= max [(1-La)/(1-K); 0] [Equação 25]

[00283] Com La e K conforme definidos acima.

[00284] Os valores necessários adaptados da curva personalizável são então determinados como:

yiDA=Min[(yio1-xso1)*ScaleVer+xio1;1] [Equação 26]

e esta sendo calculada para todos os valores de xso1.

[00285] A Figura 27 fornece outra maneira de determinar os pontos finais de segmento de uma curva de classificação fina personalizável de uma maneira tecnicamente elegante para decodificadores. Já descrevemos como os parâmetros da curva da função para de classificação sem precisão podem ser recalculados (e, se presente, uma compensação de preto e/ou de branco, mas aqui simplificaremos a explicação considerando apenas a função para). Presumimos que a função para faça a classificação sem precisão a partir de qualquer faixa dinâmica inicial, até a faixa dinâmica final, por exemplo, a faixa dinâmica LDR. A compensação de preto e de branco pode levar em conta discrepâncias de faixas normalizadas se alguma for necessária, de modo que a curva personalizável seja apenas sobre reposicionar as luminâncias relativas de regimes específicos ao longo dos eixos geométricos normalizados. Portanto, a curva terá, respectivamente, início em (0,0) e fim em (1,1), e terá alguns pontos conectores de segmento entre os mesmos, no formato de curva do exemplo 2 determinando pontos (por exemplo, (x1,y1)). Também faz sentido que em qualquer representação, e reclassificação da mesma, os números de segmentos lineares e pontos sejam iguais, uma vez que a natureza dos regimes não muda (por exemplo, o regime das cores mais escuras, por exemplo, em ambientes internos, pode terminar em um luma normalizado diferente (tipicamente

uniforme perceptualmente) em uma imagem com PB_C de 200 nits, por exemplo, do que em uma imagem com PB_C de 1.500 nits, mas o fato de que existem dois regimes – interior e exterior – não muda nas reclassificações.

[00286] Logo, para uma nova determinação do formato de função de reclassificação multilinear, precisamos apenas determinar os pontos finais correspondentes (xnew, ynew).

[00287] Pode-se fazer uso de outra propriedade a ser satisfeita (idealmente), a saber, a possibilidade de se reclassificar diretamente uma imagem em HDR mestre com a amplitude total da função FL_50t1 (que neste caso irá consistir em duas funções a serem aplicadas consecutivamente: uma função para total 2710 e uma função multilinear total 2711), ou se a reclassificação é feita em duas etapas, primeiro a partir da imagem mestre de 5.000 nits para a imagem em IDR de 700 nits (novamente usando-se duas funções: uma função para gerando IDR 2701 e uma função multilinear de geração de IDR 2702), e depois disso classificar para baixo até a imagem em LDR de 100 nits (com a função para de canal 2703 e a função multilinear de canal 2704), o resultado deve ser o mesmo: a mesma imagem em LDR, porque essa é a imagem em LDR que se deve sempre criar para a imagem em HDR mestre, isto é, aquela que o criador de conteúdo codificou e comunicou (com os formatos das funções de mapeamento de luminância classificados de modo decrescente). Ou seja, dentre todos os possíveis lumas normalizados de HDR de entrada, qualquer que seja o luma x1_MH escolhido, o luma de saída de LDR final deve ser o mesmo. Logo, isto também será verdadeiro para lumas de entrada que são mapeados (através dos mapeamentos anteriores) para uma coordenada x do canal

multilinear: x1_CH_L. Esse pode ser usado para recalcular segmentos, uma vez que tendo-se a igualdade nas coordenadas de ordenada y, é necessário apenas calcular uma x_nova para o segmento particular da correspondente curva personalizada multilinear na outra faixa dinâmica.

[00288] Assim, no lado de codificação, pode-se, para qualquer entrada x1_MH, calcular o Y_CHA adaptado por canal mediante a aplicação do algoritmo padronizado de alteração de escala. Esse valor Y_CHA formará a coordenada de entrada x correspondente do próximo bloco, que entra em uma função para determinada por PB_C de canal, cujas equações são dadas acima. O valor yi_CH já é conhecido, uma vez que é igual ao valor y1_L para a reclassificação total de 5.000 nits para 100 nits, que, certamente, no lado de codificação, em contrapartida ao lado de decodificação, é diretamente conhecido (feito, por exemplo, pelo classificador humano). Fazendo isso para todos os pontos da função multilinear, obtém-se todos os seus parâmetros caracterizantes, a serem escritos no sinal de vídeo (como parte da F_I2sCI).

[00289] No lado do decodificador, novamente pode-se usar a mesma lógica para se chegar a um algoritmo um tanto diferente, uma vez que agora alguns parâmetros desconhecidos precisam ser calculados. Então, agora, os valores de x1_ML correspondentes aos valores de x1_CH_L recebidos, e, portanto, conhecidos, precisam ser calculados, porque a primeira etapa foi recuperar a função (ou funções) de reclassificação total. Há, tipicamente, uma precisão digital das funções, por exemplo, 256 valores x quantizados (isto é, não os específicos, por exemplo, dois ou três pontos entre segmento, mas todos os pontos, assim também os pontos intermediários sobre as linhas),

e, portanto, pode-se simplesmente construir numericamente uma tabela LUT para todos os pontos da curva personalizável como ela foi personalizada, isto é, o y1_L daquela curva sendo conhecido, o x1_ML necessário correspondente a x1_CH_L.

[00290] Fazendo-se o mapeamento do luma de LDR ao luma de IDR, obtemos o x1_CH para qualquer yi_CH, e esse valor pode ser mapeado inversamente através da função para 2703. Pode-se também determinar qual dentre todos os possíveis valores de x1_MH mapeia para esse valor Y_CHA se conhecermos a função para 2701 e a função multilinear 2702. Com isso, sabe-se como calcular a função para 2701 a partir dos metadados de função recebidos do lado do decodificador, conforme explicado acima. Não se conhece (ainda) a função multilinear 2702, mas ela não é necessária no momento. Devido ao fato de que se sabe que a curva personalizada 2702 também segue a equação de alteração de escala vertical do algoritmo padronizado, qualquer X1_MH testado pode ser convertido em um X_CHA correspondente, e o valor Y_CHA correspondente ao mesmo (e necessário) é determinado a partir de: Y_CHA=(y1_L - x1_ML)*scaleVer + X_CHA, e x1_ML pode ser calculado a partir de x1_MH aplicando-se a função para total 2710.

[00291] Assim, será determinado exatamente um valor correspondente a x1_MH, respectivamente x1_ML, que irá recuperar a função multilinear total 2711. Devido ao fato de que se pode conhecer a reclassificação total e a reclassificação da parte do canal, a reclassificação restante, isto é, entre a imagem mestre de 5.000 nits e a IDR de 700 nits, também pode ser determinada, portanto tudo é decodificado, isto é, as funções são determinadas, e o

processamento de todas as cores de pixel de imagem em IDR pode começar, conforme explicado com a Figura 26.

[00292] A Figura 26 novamente explica conceitualmente em uma forma resumida, para assegurar um melhor grau de compreensão para o leitor, tudo o que o leitor versado na técnica já poderia encontrar nas explicações detalhadas acima. As caixas de trilha superiores se referem ao recálculo de metadados, isto é, as várias etapas das várias determinações da função de mapeamento de luminância (a unidade inferior 2650, etc., é a que realiza o real processamento de cores de pixel). Agora pode-se ver muito bem o cálculo em duas etapas, correspondente à aplicação do algoritmo padronizado na unidade de função de HDR 901, respectivamente a determinação de função do gerador de função de mapeamento de IDR 903 no codificador, mas agora a partir do lado do decodificador de vídeo SLHDR2PLUS. Conforme explicado, os decodificadores recebem a função F_I2sCI que especifica o comportamento de reclassificação de luminância entre a imagem em IDR selecionada recebida com seu pico de brilho de canal PB_CH e a classificação de 100 nits. Mas é preciso determinar a função de amplitude maior, entre 100 nits e um pico de brilho de HDR mestre de, por exemplo, PB_C_H50 = 6.000 nits, isto é, a função FL_50t1 (ou mais precisamente a função de formato inverso daquela usada no lado de codificação), que o calculador de função original 2601 fará. Mas ainda não chegamos lá, queremos decodificar as luminâncias normalizadas de IDR (ou mais precisamente, em nossa típica topologia de decodificação, os lumas de pixel uniformemente normalizados) nas luminâncias reconstruídas de HDR mestre. Assim, nem a F_I2sCI originalmente recebida, nem a função FL_50t1, que determina a reclassificação

entre os nits do PB_C_H50 mestre e 100 nits, não a imagem em IDR com nits de PB_CH e qualquer uma das outras duas, e, portanto, é necessário determinar a função F_IDRt50 para aplicar aos lumas de pixel de IDR recebidos, para obter os lumas de pixel YpMstr (uniformizados perceptualmente) da imagem em HDR mestre reconstruída, que é o que fará o determinador de função de reconstrução 2602. Demonstrou-se a possibilidade de adaptação de exibição como uma unidade de cálculo de função de otimização de exibição tracejada 2603, porque, como dito, embora ela tipicamente também será habilitada nos CIs de decodificação SLHDR2PLUS de plena capacidade, ela é, em princípio, opcional para uma decodificação SLHDR2PLUS. O pico de brilho de canal PB_CH será usado para converter normalmente luminâncias de pixel de IDR codificadas (por exemplo, YCbCr de 10 bits) em lumas de pixel YpIDR de IDR perceptualmente uniformes, sobre os quais será feito o mapeamento de luminância tipicamente reconstrutivo nos CIs de SLHDR2PLUS preferenciais (embora o versado na técnica compreenda como se pode incorporar os princípios da presente invenção em circuitos alternativos ou software que não aplicam a uniformização perceptual, ou outro método, etc.). O uniformizador perceptual 2650 aplica as equações 1 e 2 com PB_C_H=PB_CH. O desmapeador de luminância 2651 reconstrói os lumas da imagem em HDR mestre simplesmente aplicando a função determinada, isto é, YpMstr=F_IDRt50(YpIDR). Caso a adaptação de exibição seja necessária para criar, por exemplo, uma imagem com PB_C de 350 nits, o otimizador de tela 2652 apenas aplica a função de otimização de exibição determinada, produzindo lumas de pixel otimizados por tela: Yluz= F_DO(YpMstr). Esses podem ser convertidos em luminâncias de pixel normalizadas

reais L pelo linearizador 2653, que aplica o inverso das equações 1 e 2, mas agora com o PB_C_DO de, por exemplo, 350 nits da otimização de exibição em vez do PB_CH. Por fim, opcionalmente pode haver tipicamente um outro gerador de código de luma 2654 que aplica a função EOTF de Quantizador Percentual do SMPTE 2084 para fornecer lumas de saída YPQ no formato HDR10 popular.

[00293] Na Figura 28, é fornecida uma especificação exemplificadora do processamento de chroma (isto é, que afeta a saturação das cores dos pixels em vez das luminâncias). Presume-se o uso de uma topologia de aparelho de processamento (por exemplo, tipicamente um circuito integrado, por exemplo, no interior de um dispositivo do consumidor) conforme mostrado na Figura 15, na qual o processamento de chroma (multiplicador) precisa obter o valor multiplicativo adequado para cada pixel, ou mais precisamente cada possível cor de pixel YCbCr. Esse valor é determinado pela unidade de determinação de processamento cromático 1551 por meio de uma função que permite apresentar um valor diferente para diferentes valores de luma de pixel, isto é, habilitando a modificação de saturação diferencial ao longo da escala de cores, que é especificamente ao longo da altura Y da escala de cores.

[00294] Um exemplo de tal função F_C(Xi), em que Xi é agora a representação normalizada de Y em uma escala terminando, por exemplo, em 1,0 tipicamente representando um valor fixo de 10.000 nits. É uma curva de segmento de múltiplas linhas (como um exemplo meramente não limitador) que define, para vários lumas de pixel possíveis, o fator de saturação (Ys=F_C(Xs), por exemplo 0,33). Nesse exemplo, um valor de ½

significa identidade de chroma, isto é, nem um aumento nem a diluição da saturação. Nesse exemplo específico, valores inferiores a 0,5 definem um aumento de saturação, e valores mais altos, uma redução da saturação, portanto, pode-se ver que essa curva de especificação de ganho de saturação F_C(Xi), que, por exemplo, um criador de conteúdo humano ou um autômato pode selecionar livremente para ser de qualquer formato dependendo das necessidades da cena em HDR específica e suas imagens (por exemplo, uma rua à noite com sinais de TL coloridos, ou uma violenta explosão que precisa de outro ajuste de chroma ideal para converter uma imagem de uma primeira faixa dinâmica de luminância em uma imagem de saída correspondente de modo ideal de uma segunda faixa dinâmica de luminância diferente), reduz a saturação para objetos mais brilhantes, para enquadrá-los na extremidade da gama de cores, por exemplo.

[00295] Nesse exemplo, parte-se do princípio de que a nossa imagem em HDR mestre original tinha um pico de brilho codificável, ou máxima ocorrência de luminância de pixel de 4.000 nits, que corresponde a um valor PQ normalizado uniforme PQ_4.000=0,9.

[00296] Visto que não há nada nessa imagem em HDR mestre acima de 4.000 nits, os valores de aumento de saturação acima de 4.000 nits não precisam, em princípio, ser especificados, mas pode-se, por exemplo, especificá-los para manter constante e igual a 4.000 nits o valor Ys3. Pode-se ver que a curva de especificação de aumento de saturação original, denotada pelas pequenas letras “s”, é definida pelos pontos (Xs1, Ys1), (Xs2, Ys2) etc., em que a coordenada X é um luma normalizado (no eixo geométrico uniformizado perceptualmente, neste exemplo usando a EOTF do SMPTE 2084), e a coordenada Y

representa o fator de aumento multiplicativo aplicável para esse valor X, isto é, por exemplo, 0,88, a ser multiplicado por Cb e Cr de modo similar.

[00297] Essa situação de partida, e a função de ganho de saturação original 2801, define como se deve processar os chromas de pixel quando se vai da primeira faixa dinâmica de referência, neste caso HDR de PB_C de 4.000 nits, à segunda faixa dinâmica de referência, que neste exemplo é a típica imagem PB_C_SDR de 100 nits com seus lumas de pixel e chromas Cb, Cr.

[00298] A tarefa do SLHDR2PLUS é novamente representar isso realmente como um processamento relacionado a canal-PB_C diferente, por exemplo, se PB_CH = 600 nits, precisamos encontrar uma curva de especificação de aumento de saturação de canal 2804, que corresponde à curva de especificação de aumento de saturação original 2801 no sentido de aplicar a mesma alteração de chroma de cor se precisássemos começar da imagem em IDR de comunicação de canal correspondente à imagem em HDR mestre original.

[00299] Ou seja, se qualquer pixel da imagem em HDR mestre (Y_HDR, Cb_HDR, Cr_HDR) for mapeado para qualquer cor de faixa dinâmica secundária, por exemplo, um pixel SDR (Y_SDR, Cb_SDR, Cr_SDR), ou uma cor de pixel correspondente para uma imagem em MDR de 250 nits para acionar de modo ideal uma tela com PB_D de 250 nits (Y_MDR2, Cb_ MDR2, Cr_ MDR2), isto é, envolvendo a função (ou funções) mapeamento de luma especificadas e tipicamente como metadados comunicados conjuntamente e a função F_C original, então deveríamos obter exatamente a mesma cor (ou cores) de pixel, ou pelo menos bem aproximadas, por exemplo (Y_MDR2, Cb_ MDR2, Cr_ MDR2) quando

se parte das cores de imagem de canal (Y_CDR6, Cb_ CDR6, Cr_ CDR6), mas então aplicando-se a curva de especificação de aumento de saturação de canal 2804 correspondente (ou seja, essa função pode então ser carregada na unidade de determinação de processamento cromático 1551 e o aparelho pode começar o processamento por lote dos pixels de entrada); e também o mapeamento de luma de canal correto, conforme explicado em detalhes nas várias possíveis modalidades acima.

[00300] E mais interessante, os decodificadores que são fornecidos com essas funções de mapeamento de luma e chroma relacionadas ao PB_C de canal devem ser capazes de reconstruir a situação original (em particular, determinar a curva de especificação de aumento de saturação original a partir da curva de especificação de aumento de saturação de canal recebida), por exemplo, recuperar a imagem em HDR, etc., ou até mesmo executar qualquer mapeamento para cima ou para baixo para qualquer faixa dinâmica secundária (MDR), mas começando a partir da imagem em IDR recebida e suas cores de pixel (e, de preferência, usando a mesma topologia de processamento de pixel, de preferência a topologia mostrada na Figura 15).

[00301] No lado de codificação, a imagem em IDR para a comunicação de canal pode ser gerada fazendo-se um mapeamento de PB_C_master_HDR de, por exemplo, 4.000 nits, para um PB_CH de 600 nits dos lumas normalizados, conforme elucidado com qualquer uma das modalidades acima sobre a parte de mapeamento de luma (consultar, por exemplo, F_H2hCI da Figura 9). Isto é mostrado pelo movimento horizontal ao longo da distância PL(Xs2) do ponto de segmento da função mestre original 2802 ao ponto de segmento adaptado por canal 2803 (o

efeito desse deslocamento só é mostrado pela fina curva de pontos e tracejada, que é apenas mostrada, mas não usada tecnicamente). Como o mapeamento da IDR de 600 nits para 100 nits realiza apenas uma parte do processamento de chroma completo de 4.000 para 100 nits, o codificador ainda precisa calcular novos valores Y de saída para os pontos, correspondendo a um deslocamento vertical (por exemplo, o ponto de valor de aumento de chroma adaptado por canal 2805, que corresponde ao círculo acima do mesmo, isto é, tem o mesmo valor Xc).

[00302] A função de aumento de saturação precisa ser modificada de um primeiro modo, para mapear da representação mestre para a representação de canal (por exemplo, PB_C_MHDR = 4.000 nits para PB_CH = 600 nits), e isto está de acordo com este exemplo, de preferência realizado da seguinte forma:

[00303] Primeiramente, um fator de modificação é calculado de acordo com:

MF= 1- (invPQ[PB_CH]-invPQ[PB_SDR]/(invPQ[PB_C_MHDR]-invPQ[PB_SDR) [Equação 27],

no exemplo com PB_SDR = 100 nits, e invPQ é uma abreviação para a função inversa da função EOTF de PQ conforme padronizado no SMPTE 2084.

[00304] Subsequentemente, é calculada uma função adaptada por canal g(Xn), que é definida como:

g(Xn)=F_C[Xn]*MF+(1-MF)/Rs [Equação 28]

com Rs sendo uma constante que é tipicamente escolhida para ser 2,0.

com Xn sendo qualquer possível representação de luma de escala PQ normalizada de uma luminância de pixel, conforme mostrado na Figura 28.

[00305] Uma nova LUT para o processamento a ser carregada na unidade de determinação de processamento cromático 1551 pode, por exemplo, em uma modalidade preferencial ser definida como:

F_C_chadap[Xn]=Min{LC0; (1+MF*POWER[Xn; 2,4])/(Xn*Max[Rs/255;Rs*g(Xn)])*S} [Equação 29]

[00306] Em que F_C_chadap é a função de aumento de saturação adaptada correspondente à F_C do criador de conteúdo original para o conteúdo HDR mestre, mas para o PB_CH específico e a correspondente imagem de faixa dinâmica intermediária, LC0 é uma constante, que é, por exemplo, de preferência igual a 1/8, e POWER indica a função de potência; Rs é outra constante, que é de preferência igual a 2, e S é uma constante que depende do número de bits que o comprimento de palavra dos códigos de luma usa, S=1/(POWER[2; tamanho da palavra]), por exemplo, 1/1.023 para imagens de entrada de 10 bits.

[00307] O que é interessante é a função de potência no numerador da Equação 29. Esse é um exemplo de uma função que funciona bem para corrigir a não linearidade no comportamento de saturação que ocorre devido à codificação dos lumas e saturações em um domínio definido por PQ (em contrapartida ao comportamento normal da raiz quadrada, conforme era a definição original de YCbCr na época da SDR/MPEG).

[00308] A primeira etapa de modificação é apenas o ponto de partida para o cálculo adicional da curva de

especificação de aumento de saturação 2804 (na verdade, essa etapa realiza “metade” do mapeamento de 4.000 nits para 600 nits – a partir da especificação original de 4.000 para 100 nits – mas o interesse real é na curva de especificação de aumento de saturação 2804 de 600 para 100 nits, e então é preciso dividir a ação total em duas partes, e, tendo na primeira etapa de modificação já calculada a primeira parte, agora resta calcular a parte restante da totalidade).

[00309] Para obter a curva 2804, o codificador SLHDR2PLUS precisa fazer duas coisas.

[00310] Primeiramente, ele precisa calcular novos pontos de definição para os segmentos lineares da curva F_C_chacomm[Xc] 2804 (ou de modo similar com uma representação de curva F_C contínua), rastreando tais pontos através do mapeamento de luma.

[00311] Ou seja, cada ponto original (a partir da curva F_C de 4.000 a 100 nits originais fornecida pelos metadados), por exemplo, Xs2, precisa ser mapeado para um novo ponto normalizado Xc2, etc.

[00312] Isso é feito aplicando-se o mapeamento de luma total PL(Xs2) como foi definido em qualquer situação de modalidade descrita acima, isto é, a curva PL é a curva F_H2hCI da Figura 9.

[00313] Se, por exemplo, o mapeamento de luma foi definido apenas com uma função Para, uma função Para adequadamente deformada será utilizada (de acordo com as equações acima) para mapear as posições de lumas normalizados de PB_C_MHDR de 4.000 nits [indicadas com o subscrito s na Figura 28] para as correspondentes posições de lumas

normalizados de PB_CH de 600 nits [indicadas com o subscrito c na Figura 28].

[00314] Se o mapeamento de luma também envolveu uma compensação de branco e/ou um formato de curva personalizada, etc., todos esses aspectos têm de ser ajustados de modo similar à situação de 600 nits, e as correspondentes posições de lumas normalizados de 600 nits (Xc…) têm de ser calculadas, a partir de onde começa a definição da curva 2804.

[00315] Mas o ajuste de chroma para todas as posições Xc (novamente determinadas), precisa realizar apenas a parte restante para corrigir a partir de 600 nits (ou qualquer que seja o PB_CH da IDR) para o nível de referência da faixa dinâmica mais baixa que é tipicamente PB-SDR de 100 nits.

[00316] Os valores Yc são calculados de acordo com:

Yc=Ys/{Rs*(Ys*MF+(1-MF)/Rs)} [Equação 30]

[00317] Deve-se notar que Ys= F_C[Xs].

[00318] Observe que isso explica apenas a parte mais importante da curva, ou seja:

Xs<=invPQ[PB_C_MHDR], para ser completa, para lumas normalizados de PQ acima, por exemplo, do valor 0,9 correspondente ao PB_C_MHDR = 4.000 nits exemplar, usa-se, de preferência, a seguinte equação, para manter uma relação de alteração de escala correta:

Xc=Xs*invPQ[PB_CH]/invPQ[PB_C_MHDR] [Equação 31]

[00319] Os valores Yc para esses valores Xc superiores serão calculados de modo similar, ou mantidos constantes no último valor relevante se essa parte da curva não for usada na prática.

[00320] Finalmente, pode haver tipicamente algum arredondamento envolvido em algum nível de quantização, por exemplo:

(Xcr, Ycr)=round[255*(Xc,Yc)]/255 [Equação 32]

[00321] O decodificador SLHDR2PLUS precisa recuperar os pares (Xs,Ys) originais a partir dos pares transmitidos e recebidos (Xc,Yc) respectivamente (Xcr,Ycr) da definição da curva F_C_chacomm[Xc] (isto é, a curva de especificação de aumento de saturação de canal 2804).

[00322] As duas etapas inversas do codificador são, portanto, aplicadas.

[00323] Primeiramente, o decodificador precisa remapear os pontos de definição de segmentos lineares da curva de aumento de saturação a partir de suas posições Xc para Xs. Foi mostrado acima como calcular o mapeamento de luma das posições de luma de PB_CH de IDR de, por exemplo, 600 nits para as posições de luma HDR mestre originais, começando a partir da função de mapeamento de luma adaptada por canal, recebida em metadados transmitidos juntamente com as imagens em IDR.

[00324] Essa operação no domínio PQ será chamada (como mostra a Figura 28, ambos os valores Xs e Xc são definidos no SMPTE 2084 de aplicação no domínio PQ):

Xs=PQICA(Xc) [Equação 33]

[00325] Com o formato dessa função inversa de adaptação de canal novamente dependendo, entre outras coisas, de qual definição da função de mapeamento de luma foi usada, por exemplo, a função Para sozinha em comparação, por exemplo, com a função Para mais a curva personalizada, e por outro lado, os valores de parâmetros específicos como ShadowGain (ganho de

sombra) definindo a função Para específica que é aplicável a uma cena em HDR de exploração de caverna, etc.(tudo isso foi ensinado em detalhes para as várias modalidades acima).

[00326] A situação corretiva é novamente:

If Se Xc>invPQ(PB_CH) then Xs=Xc*invPQ[PB_C_MHDR]/invPQ[PB_CH] [Equação 34]

[00327] Os valores Ys necessários são calculados de acordo com:

Ys=(MF-1)*Yc/(Rs*MF*Yc-1) [Equação 35]

[00328] Finalmente, um arredondamento pode novamente estar envolvido, por exemplo, nas etapas de 1/255.

[00329] Por último, embora isso seja útil para reconstruir meramente as cores da imagem em HDR mestre original (Y, Cb, Cr) a partir da imagem em IDR recebida, será vantajoso se o decodificador SLHDR2PLUS puder converter imediatamente para (isto é, calcular as respectivas cores, por exemplo (Y_MDR2, Cb_ MDR2, Cr_ MDR2)) qualquer imagem de faixa dinâmica média necessária para acionar de modo ideal uma tela com PB_D_MDR de, por exemplo, 250 ou 400 nits, e que, então, de uma vez só, isto é, começando a partir das cores IDR adaptadas por canal (Y_CDR6, Cb_ CDR6, Cr_ CDR6); isto é, por exemplo, mediante o carregamento adequado das funções de processamento de luma (ou uma LUT, etc.) e da função de determinação do multiplicador de chroma F_C_MDR na topologia de processamento de cores de pixel, como ilustrado na Figura 15.

[00330] Para este efeito, a F_C específica que define a equação da Equação 29 pode ser vantajosamente aplicada.

[00331] Tanto o numerador como o denominador precisam ser ajustados à nova situação, isto é, o novo

mapeamento de chroma de PB_CH para PB_MDR, este último sendo, por exemplo, de 250 nits quando uma tela de 250 nits precisa ser fornecida com a imagem com exibição otimizada ideal (do que era antes a imagem em HDR mestre original, e quanto ao decodificador, uma imagem de entrada em IDR de 600 nits correspondente, sendo que nenhuma delas é boa o suficiente para exibição em uma tela de 250 nits).

[00332] Para este efeito, primeiramente são calculados dois fatores de modificação:

MF_ch= 1- (invPQ[PB_CH]-invPQ[PB_SDR]/(invPQ[PB_C_MHDR]-invPQ[PB_SDR) [Equação 36]

MF_do= 1- (invPQ[PB_MDR]-invPQ[PB_SDR]/(invPQ[PB_C_MHDR]-invPQ[PB_SDR) [Equação 37]

[00333] Se CPL[Xc] for a função de mapeamento de luma que é definido como:

[00334] Para cada luma de entrada normalizada Xc definido por PB_CH:

[00335] Aplicar primeiro a EOTF de PQ, então converter para o domínio perceptual usando a função de perceptualizador Philips (PPF) com o parâmetro RHO para o valor PB_CH, então aplicar o formato de função da função de mapeamento de luma do PB_CH de volta para o PB_C_MHDR como foi ensinado de acordo com qualquer uma das modalidades possíveis e os formatos de função do criador de conteúdo, então converter para o domínio linear com o uso da inversa da função de perceptualizador Philips (PPF), mas agora com o parâmetro RHO para o valor PB_C_MHDR, e finalmente uma EOTF de PQ inversa de acordo com SMPTE 2084 que produz o valor CPL[Xc] correspondente.

[00336] Então uma função CLY[Xc] é calculada como:

CLY[Xc]=(1+MF_do*POWER[CPL[Xc];2,4])/
(1+MF_ch*POWER[CPL[Xc];2,4]) [Equação 38]

[00337] Isso envolve uma correção da situação antiga (não mais aplicável) dessa parte dos multiplicadores de chroma que definem a função (tipicamente uma C_LUT) que chamaremos de função de correção de posição de saturação (FSNL) para a nova situação daquela equação para a otimização de exibição.

[00338] Então, duas funções g são calculadas da seguinte forma:

Gch[Xn] =F_C_[CPL[Xc]]* MF_ch+(1-MF_ch)/Rs;

Gdo[Xn] =F_C_[CPL[Xc]]* MF_do+(1-MF_do)/Rs

[Equação 39]

(com F_C_[CPL[Xc]] o multiplicador de chroma do criador de conteúdo original produzindo a função de ganho de saturação original 2801 calculada a partir da F_C_ chacomm[Xc] curva de ajuste de chroma conforme recebida pelo decodificador SLHDR2PLUS em metadados, isto é, correspondente à curva 2804, isto é, realizada, por exemplo, pelo cálculo acima dos pontos (Xs,Ys)).

[00339] Finalmente, a C-LUT que produz os multiplicadores de chroma adequados para uma otimização de exibição de IDR para MDR é calculada como:

F_C_DO[Xn]= CLY[Xc]*max{Rs/255; Rs*Gch[Xn]}/
max{Rs/255; Rs*Gdo[Xn]} [Equação 40]

[00340] Essa função F_C_DO[Xn] pode ser carregada diretamente na unidade 1551 antes do início de uma nova imagem de entrada para começar a executar o processador de cor de pixel, para produzir a imagem em MDR com exibição otimizada para tela corretamente em tempo para exibir, ou similares, por

exemplo, armazenar (o leitor versado na técnica entende que outras realizações variantes são possíveis, mas então todos os cálculos precisam ser modificados de acordo).

[00341] Embora algumas modalidades/ensinamentos tenham sido apresentados para elucidar alguns dos aspectos que podem ser variados, sozinhos ou conjuntamente, pode ser entendido que várias outras variantes podem ser formadas ao longo dos mesmos princípios básicos: derivar novamente as equações de mapeamento de luma de diferentes metadados de imagem de faixa dinâmica intermediária conforme recebidos em conformidade com o padrão de comunicação de vídeo ETSI2 de HDR, ou similar, para reconstruir uma imagem em HDR mestre que foi classificada de modo ideal em um local de criação de conteúdo. Os componentes algorítmicos aqui revelados podem (inteira ou parcialmente) ser obtidos na prática como hardware (por exemplo, partes de um CI específico de aplicação), ou como software executado em um processador de sinal digital especial, ou um processador genérico etc.

[00342] O versado na técnica compreenderá, a partir da presente apresentação, quais componentes podem ser aprimoramentos opcionais e podem ser concebidos em combinação com outros componentes, e como as etapas (opcionais) dos métodos correspondem aos respectivos meios de aparelhos, e vice-versa. A palavra “aparelho” neste pedido é usada em seu sentido mais amplo, a saber, um grupo de meios que permitem alcançar um objetivo específico, e podem, assim, ser (uma pequena parte do circuito de) um CI, ou um aparelho dedicado (como um aparelho com uma tela), ou parte de um sistema ligado em rede, entre outras coisas. O termo “disposição” destina-se também a ser usado em seu sentido mais amplo, de modo a

compreender, entre outras coisas, um único aparelho, uma parte de um aparelho, um conjunto de (partes de) aparelhos que operam em conjunto etc.

[00343] A denotação de produto de programa de computador deve ser entendida como abrangendo qualquer concretização física de um conjunto de comandos que permitem que um processador para fins genéricos ou especiais, após uma série de etapas de carga (que podem incluir etapas de conversão intermediárias, como tradução para uma linguagem intermediária, e uma linguagem de processador final) insira os comandos no processador e executar qualquer uma das características da invenção. Em particular, o produto de programa de computador pode ser concebido como dados em um portador, como, por exemplo, um disco ou fita, dados presentes em uma memória, dados se deslocando através de uma conexão de rede – com fio ou sem fio – ou código de programa em papel. Além do código de programa, dados característicos necessários para o programa podem também ser incorporados sob a forma de um produto de programa de computador.

[00344] Algumas das etapas necessárias para a operação do método podem já estar presentes na funcionalidade do processador em vez de descritas no produto de programa de computador, como as etapas de entrada de dados e de saída de dados.

[00345] Deve-se notar que as modalidades mencionadas acima ilustram, e não limitam, a invenção. Nos pontos onde o versado na técnica puder realizar facilmente um mapeamento dos exemplos apresentados para outras regiões das reivindicações, por uma questão de concisão, nem todas as opções foram mencionadas em profundidade. Além das combinações

de elementos da invenção, conforme combinados nas reivindicações, outras combinações dos elementos são possíveis. Qualquer combinação de elementos pode ser executada em um único elemento dedicado.

[00346] Qualquer sinal de referência entre parênteses na reivindicação não se destina a limitar a reivindicação. O uso do verbo "compreender" e suas conjugações não exclui a presença de elementos ou aspectos não mencionados em qualquer uma das reivindicações. O artigo indefinido "um" ou "uma" antes de um elemento não exclui a presença de uma pluralidade de tais elementos.

Jargão e abreviações utilizados:

[00347] PB_C: a luminância máxima codificável de uma imagem indicada genericamente para qualquer situação, C representando codificação (não deve ser confundida com a profundidade de bits), por exemplo, uma imagem em HDR pode ter um PB_C_HDR = 4.000 nits (que também define todas as luminâncias relativas abaixo, porque L_norm = L/PB_C, sendo L_norm uma luminância normalizada situada entre 0,0 e 1,0.

[00348] PB_D: a luminância exibível máxima (também conhecida como pico de brilho) de qualquer tela, por exemplo, as atuais telas HDR tipicamente têm um PB_D de 1.000 nits (mas valores de até 600 nits ou até 2.000 e mesmo 4.000 nits também podem ser comprados atualmente e, no futuro, pode haver PB_Ds ainda mais altos).

[00349] IDR (faixa dinâmica intermediária): um mecanismo para representar uma imagem que foi originalmente (isto é, a imagem mestre) definida com um PB_C1 de, por exemplo, 10.000 nits, na verdade como uma imagem em HDR

secundária com PB_C2 < PB_C1 (por exemplo, tipicamente um fator 2 ou mais, mais baixo, e PB_C2 tipicamente >= 500 nits).

[00350] MDR (faixa dinâmica média; certamente não deve ser confundida com a IDR): uma imagem com PB_C_MDR tipicamente situado entre o PB_C da imagem em HDR recebida (PB_C_H), e o PB_C_SDR = 100 nits (por definição acordada no campo de vídeo), sendo que o valor de PB_C_MDR é definido como sendo igual ao PB_D de qualquer tela (dessa maneira a imagem em HDR de entrada que tem a faixa dinâmica errada, e consequentemente, mais importante, a distribuição estatística relativa errada de lumas normalizados uns em relação aos outros, pode ser reclassificada de modo ideal para uma determinada tela disponível de capacidade de faixa dinâmica mais baixa, isto é, PB_D< PB_C_H).

[00351] Para: uma função específica altamente útil e pragmática para mapear lumas definidos em uma primeira faixa de lumas normalizados correspondendo a um PB_C1, a normalizados pelo PB_C2, e a função sendo aqui definida pelas equações 4 e 5 e o segmento parabólico entre as mesmas, ou formalmente na ETSI TS 103 433-1 V1.2.1 (2017-08) [abreviada como ETSI1] página 70, Equações C-20.

[00352] Abcara: a função inversa de qualquer função para (isto é, com os parâmetros definindo seu formato de modo inequívoco), sendo que o formato inverso também pode ser intuitivamente determinado trocando-se o eixo geométrico (mas às vezes precisa ser calculado matematicamente).

[00353] WLO (compensação de nível de branco): o luma normalizado em uma faixa de lumas normalizados de uma primeira imagem (im1) que é mapeado para 1,0 em uma segunda faixa de lumas normalizados, de modo que PB_C_im1>PB_C_im2.

Nessa aplicação, existem vários diferentes WLOs para as várias imagens de diferentes PB_Cs ao longo da definição do processo de codificação, portanto para diferenciá-los facilmente eles recebem sufixos como, por exemplo, WLO_gr.

[00354] BLO (compensação de nível de preto): o luma normalizado em uma faixa de lumas normalizados de uma primeira imagem que é mapeado para 0,0 em uma segunda faixa de lumas normalizados, de modo que PB_C_im1>PB_C_im2. Nessa aplicação, existem vários diferentes BLOs para as várias imagens de diferentes PB_Cs ao longo da definição do processo de codificação, portanto para diferenciá-los facilmente eles recebem sufixos como, por exemplo, BLO_IDR.

[00355] P_LUT: o mapeamento total (compreendido por reclassificações parciais em nossa abordagem de codec como explicado com a Figura 4) necessário para converter qualquer possível luma normalizado de uma primeira imagem para um luma normalizado correspondente de uma segunda imagem, de modo que PB_C_im1 != PB_C_im2 (tipicamente ao menos um fator multiplicativo 1,02 diferente). Como o P_LUT[L], que é tipicamente dependente do conteúdo da imagem, por exemplo, otimizado por um autômato inteligente de análise de imagem ou um ser humano, muda a distribuição relativa dos lumas normalizados, isto é, o histograma, é um aspecto essencial de uma transformação de faixa dinâmica, por exemplo, envolvido na definição de imagem em IDR que é fundamental na presente filosofia de codec de HDR inovadora.

[00356] C_LUT: um mapeamento dependente de lumas de pixel das crominâncias (também conhecidas como chromas) das cores de pixel, juntamente com o P_LUT completando a transformação de cor (YCbCr_saída=T[Y_cbCr_entrada])

[00357] Função de perceptualizador Philips (PPF): uma função (como definida na Equação 1) disposta para luminâncias parametricamente convertidas definidas em uma faixa entre 0 e PB_C em luminâncias perceptualmente uniformes, o valor de PB_C sendo através do parâmetro RHO o parâmetro de controle do formato da função PPF, e, consequentemente, a alocação dos lumas de codificação visualmente uniformes para as várias luminâncias de entrada.

REIVINDICAÇÕES

1. CODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (900), disposto para receber, através de uma entrada de imagem (920), uma imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR) que tem uma primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) para a qual o codificador tem uma primeira entrada de metadados (922), e disposto para receber, através de uma segunda entrada de metadados (921), uma função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) que define a relação entre os lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada e os lumas normalizados de uma imagem de baixa faixa dinâmica (Im_LDR) correspondente tendo uma luminância de pixel máxima de LDR, que é de preferência igual a 100 nits, sendo o codificador caracterizado por compreender adicionalmente uma terceira entrada de metadados (923) para receber uma segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), que é menor que a primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50), e o codificador compreendendo adicionalmente:

- uma unidade de geração de função de HDR (901) disposta para aplicar um algoritmo padronizado para transformar a função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) em uma função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI), que relaciona os lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada às luminâncias normalizadas de uma imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) que é tendo uma possível luminância máxima igual à segunda luminância de pixel máxima (PB_CH);

- uma unidade de cálculo de imagem IDR (902) disposta para aplicar a função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI) aos lumas de pixels da imagem de alta faixa dinâmica de entrada

(MsterHDR) para obter lumas de pixels da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) que é produzida por essa unidade; e

- um gerador de função de mapeamento de IDR (903) disposto para derivar com base na função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) e na função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI) uma função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI), que define como saída os respectivos lumas normalizados da imagem de baixa faixa dinâmica (Im_LDR) quando recebe como entrada os respectivos lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR), que por sua vez correspondem aos lumas da imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR); sendo o codificador compreendendo adicionalmente:

- uma saída de imagem (930) para fornecer a imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR);

- uma primeira saída de metadados (932) para fornecer a segunda luminância de pixel máxima (PB_CH);

- uma segunda saída de metadados (931) para fornecer a função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI); e

- uma terceira saída de metadados (933) para fornecer a primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50).

2. CODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (900), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo algoritmo padronizado da unidade de geração de função de HDR (901) aplicar uma compressão em direção à diagonal da função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) para obter a função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI), sendo que essa compressão envolve escalonamento de todos os valores de luma de saída da função com um fator de escala que depende da

primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) e da segunda luminância de pixel máxima (PB_CH).

3. CODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (900), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 e 2, caracterizado por compreender um limitador (1804) disposto para determinar novamente um coeficiente angular da função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI) para uma subfaixa dos lumas normalizados que compreende o luma normalizado mais brilhante igual a 1,0.

4. CODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (900), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pela unidade de geração de função de HDR (901) ser disposta para determinar uma curva de especificação de aumento de saturação que depende de uma curva de especificação de aumento de saturação original (2801) e da função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI).

5. DECODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (1100) que tem uma entrada de imagem (1110) para receber uma imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR), que tem uma segunda luminância de pixel máxima (PB_CH) que é menor por um fator multiplicativo sendo de preferência igual a 0,8 ou menor que uma primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) de uma imagem de alta faixa dinâmica mestre (MsterHDR), sendo que a segunda luminância de pixel máxima (PB_CH) é recebida por meio de uma segunda entrada de metadados (1112), o decodificador tendo uma primeira entrada de metadados (1111) para receber uma função de mapeamento de luma (F_I2sCI) que define a transformação de todos os possíveis lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) em lumas normalizados correspondentes de uma imagem de baixa faixa

dinâmica de luminância de pixel máxima de LDR (Im_LDR), sendo o decodificador caracterizado por ter uma terceira entrada de metadados (1113) para receber a primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50), e o decodificador compreender ainda:

- uma unidade de determinação de função de luminância (1104) disposta para aplicar um algoritmo padronizado para transformar a função de mapeamento de luma (F_I2sCI) em uma função de mapeamento de luma de decodificação (F_ENCINV_H2I) que especifica como saída para qualquer possível luma normalizado de entrada de um pixel da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) um luma HDR normalizado correspondente da imagem de alta faixa dinâmica mestre (MsterHDR), sendo que o algoritmo padronizado usa valores da primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) e da segunda luminância de pixel máxima (PB_CH); e

- um transformador de cores (1102) disposto para aplicar sucessivamente aos lumas normalizados inseridos como entrada da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) a função de mapeamento de luma de decodificação (F_ENCINV_H2I) para obter lumas reconstruídos normalizados (L_RHDR) dos pixels de uma imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR); sendo que o decodificador tem adicionalmente uma saída de imagem (1120) para fornecer a imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR).

6. DECODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (1100), de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo algoritmo padronizado da unidade de determinação de função de luminância (1104) calcular um fator de escala que depende da primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) e da segunda luminância de pixel máxima (PB_CH).

7. DECODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (1100), de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 e 6, caracterizado pela função de mapeamento de luma (F_I2sCI) ser definida por um mapeamento de luma que consiste em um primeiro segmento linear tendo um primeiro coeficiente angular (SG_gr) para uma faixa de lumas normalizados escuros, um segundo segmento linear tendo um segundo coeficiente angular (HG_gr) para uma faixa de lumas normalizados brilhantes, e um segmento parabólico para lumas entre as ditas duas faixas.

8. DECODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (1100), de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, caracterizado pelo transformador de cores (1102) ser disposto para calcular lumas de pixel de uma imagem de faixa dinâmica média (MDR_300) que tem uma luminância de pixel máxima (PB_MDR) que não é igual aos valores da luminância máxima LDR, da primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) e da segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), e sendo que o decodificador tem uma saída de imagem (1122) para fornecer a imagem de faixa dinâmica média (MDR_300).

9. DECODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (1100), de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 8, caracterizado por ter uma saída de metadados (1121) para fornecer uma função de mapeamento de luma (F_L_subsq) que define para todos os lumas normalizados da imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR) ou alternativamente os lumas correspondentes da imagem de faixa dinâmica média (MDR_300) de uma imagem que tem outra luminância de pixel máxima, que é, de preferência, de 100 nits, ou um valor maior ou menor que o valor de luminância máxima de respectivamente a imagem em HDR

mestre reconstruída (REC_M_HDR) ou alternativamente a imagem de faixa dinâmica média (MDR_300).

10. DECODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (900), de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 9, caracterizado pela unidade de determinação de função de luminância (1104) ser adicionalmente disposta para determinar uma curva de especificação de aumento de saturação original (2801) que depende de uma curva de especificação de aumento de saturação de canal (2804) e da função de mapeamento de luma (F_I2sCI).

11. CODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA (900), conforme definido em qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado pela curva de especificação de aumento de saturação original depender adicionalmente de uma função de correção de posição de saturação (FSNL) que corresponde a uma equação envolvendo uma função de potência do valor dos lumas normalizados.

12. MÉTODO DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE UMA IMAGEM DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE ENTRADA (MsterHDR) RECEBIDA que tem uma primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50), que compreende receber uma função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) que define uma relação entre os lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada e os lumas normalizados de uma imagem de baixa faixa dinâmica (Im_LDR) correspondente tendo uma luminância de pixel máxima de LDR com um valor de preferência igual a 100 nits, sendo que o método é caracterizado pela codificação compreender adicionalmente receber uma segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), e a codificação compreender:

- aplicar um algoritmo padronizado para transformar a função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) em uma função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI), que relaciona os lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada às luminâncias normalizadas de uma imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) que tem uma possível luminância máxima igual à segunda luminância de pixel máxima (PB_CH);

- aplicar a função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI) aos lumas de pixels da imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR) para obter lumas de pixels da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR);

- derivar com base na função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) e na função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI) uma função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI), que define como saída os respectivos lumas normalizados da imagem de baixa faixa dinâmica (Im_LDR) quando recebe como entrada os respectivos lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR), que por sua vez correspondem aos lumas da imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR);

- fornecer uma imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR); e

- fornecer a segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), a função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI) e a primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50).

13. MÉTODO DE DECODIFICAÇÃO DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE UMA IMAGEM DE FAIXA DINÂMICA INTERMEDIÁRIA (IDR) RECEBIDA, sendo que a imagem tem uma segunda luminância de pixel máxima (PB_CH) que é menor em um fator multiplicativo sendo de preferência igual a 0,8 ou menor que uma primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) de uma imagem de alta

faixa dinâmica mestre (MsterHDR), sendo que a segunda luminância de pixel máxima (PB_CH) é recebida como metadados da imagem de faixa dinâmica intermediária, sendo que o método de decodificação também recebe em metadados uma função de mapeamento de luma (F_I2sCI), que define a transformação de todos os possíveis lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) em lumas normalizados correspondentes de uma imagem de baixa faixa dinâmica de luminância de pixel máxima de LDR (Im_LDR), e sendo que o método de decodificação é caracterizado por receber a primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50), e sendo que o método de decodificação compreende adicionalmente:

- aplicar um algoritmo padronizado para transformar a função de mapeamento de luma (F_I2sCI) em uma função de mapeamento de luma de decodificação (F_ENCINV_H2I) que especifica como saída para qualquer possível luma normalizado de entrada de um pixel da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) um luma HDR normalizado correspondente da imagem de alta faixa dinâmica mestre (MsterHDR), sendo que o algoritmo padronizado usa valores da primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50) e da segunda luminância de pixel máxima (PB_CH);

- aplicar aos lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) a função de mapeamento de luma de decodificação (F_ENCINV_H2I) para obter lumas reconstruídos normalizados (L_RHDR) dos pixels de uma imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR); e

- fornecer a imagem em HDR mestre reconstruída (REC_M_HDR).

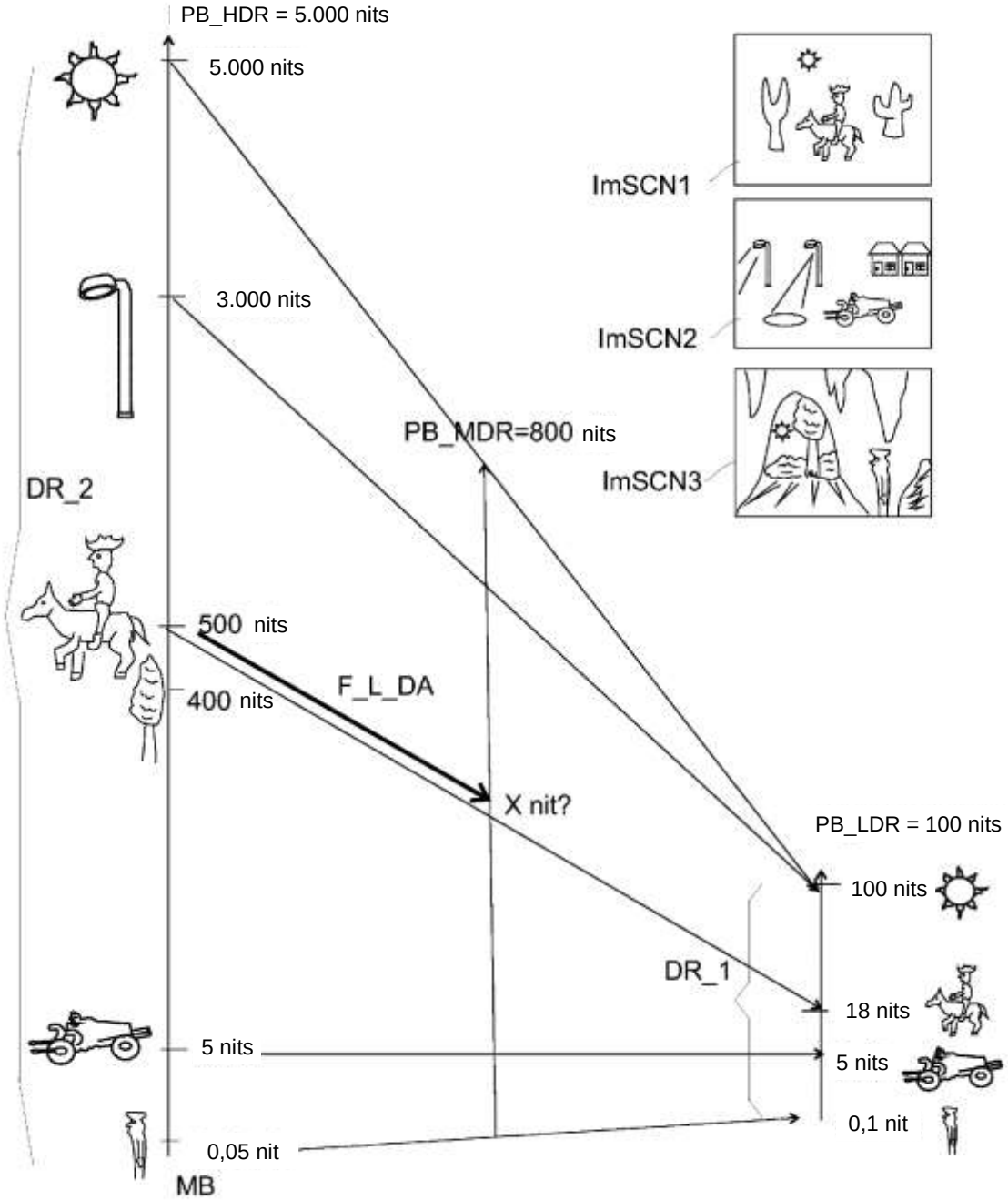

PB_HDR = 5.000 nits
5.000 nits
3.000 nits
PB_MDR=800 nits
DR_2
500 nits
400 nits
F_L_DA
X nit?
5 nits
0,05 nit
MB
ImSCN1
ImSCN2
ImSCN3
PB_LDR = 100 nits
100 nits
DR_1
18 nits
5 nits
0,1 nit

Fig. 1

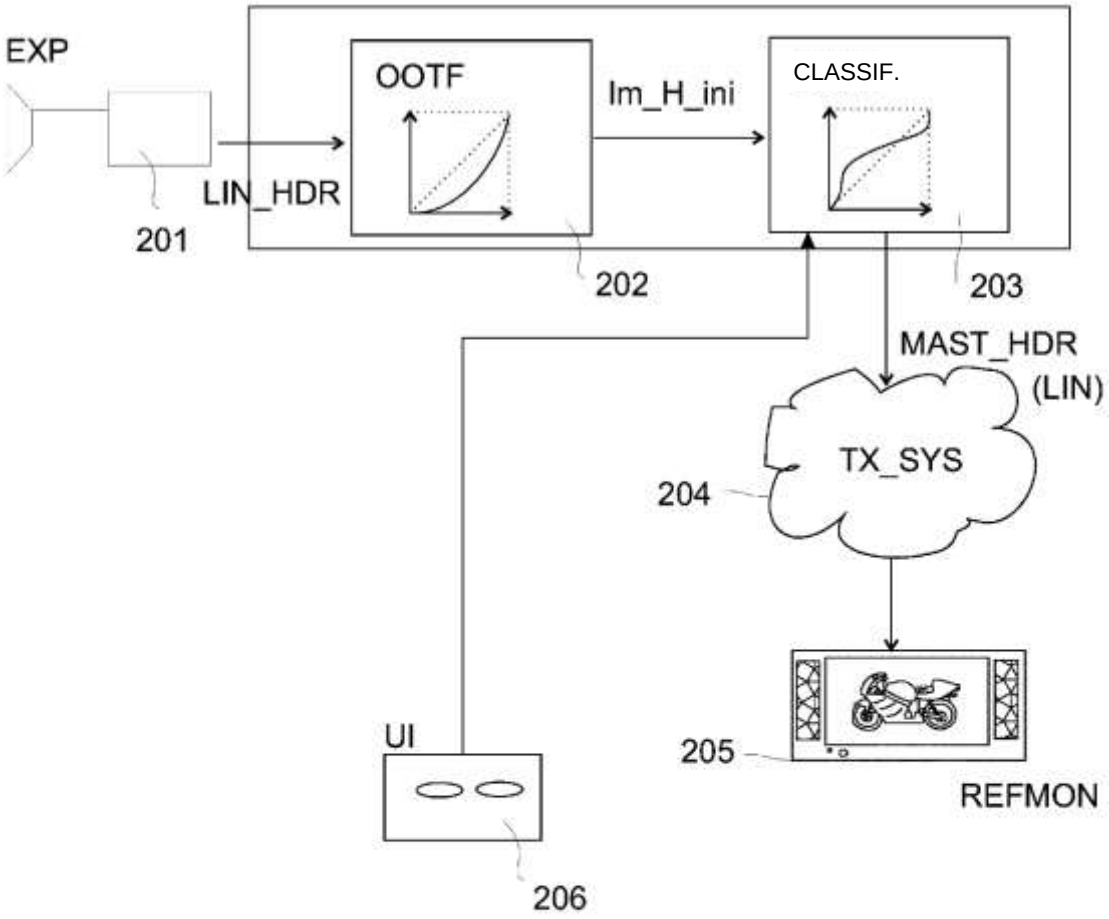

EXP
OOTF
Im_H_ini
CLASSIF.
LIN_HDR
201
202
203
MAST_HDR
(LIN)
TX_SYS
204
UI
205
REFMON
206

Fig. 2

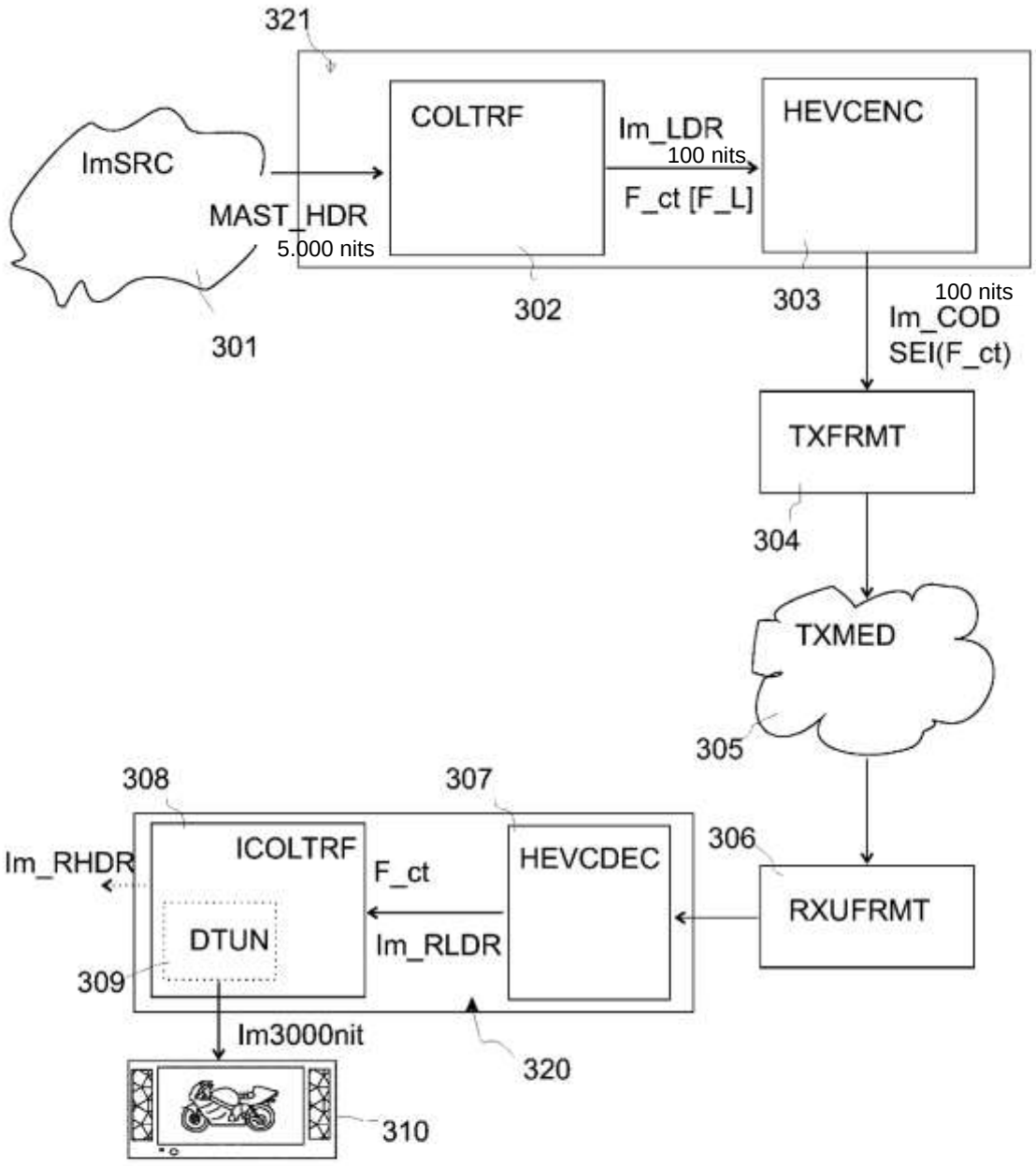

321
COLTRF
Im_LDR
100 nits
F_ct [F_L]
HEVCENC
ImSRC
MAST_HDR
5.000 nits
302
303
100 nits
Im_COD
SEI(F_ct)
301
TXFRMT
304
TXMED
305
308
307
ICOLTRF
F_ct
HEVCDEC
306
Im_RHDR
DTUN
Im_RLDR
RXUFRMT
309
Im3000nit
320
310

Fig. 3

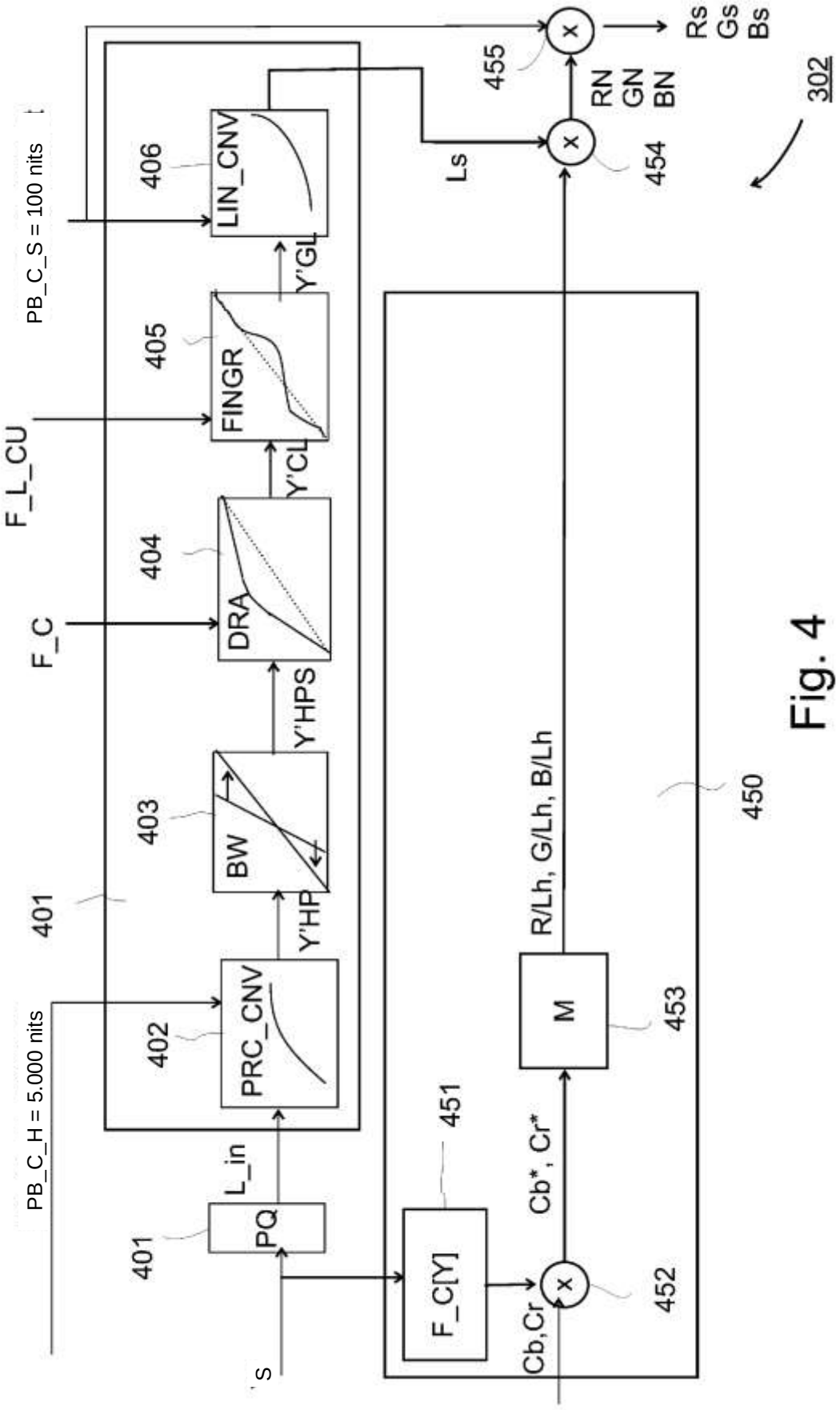

PB_C_H = 5.000 nits
PB_C_S = 100 nits
F_L_CU
F_C
401
401
402
403
404
405
406
PQ
L_in
PRC_CNV
BW
DRA
FINGR
LIN_CNV
Y'HP
Y'HPS
Y'CL
Y'GL
F_C[Y]
Cb,Cr
Cb*, Cr*
451
452
M
453
R/Lh, G/Lh, B/Lh
450
455
454
Ls
RN
GN
BN
Rs
Gs
Bs
302

Fig. 4

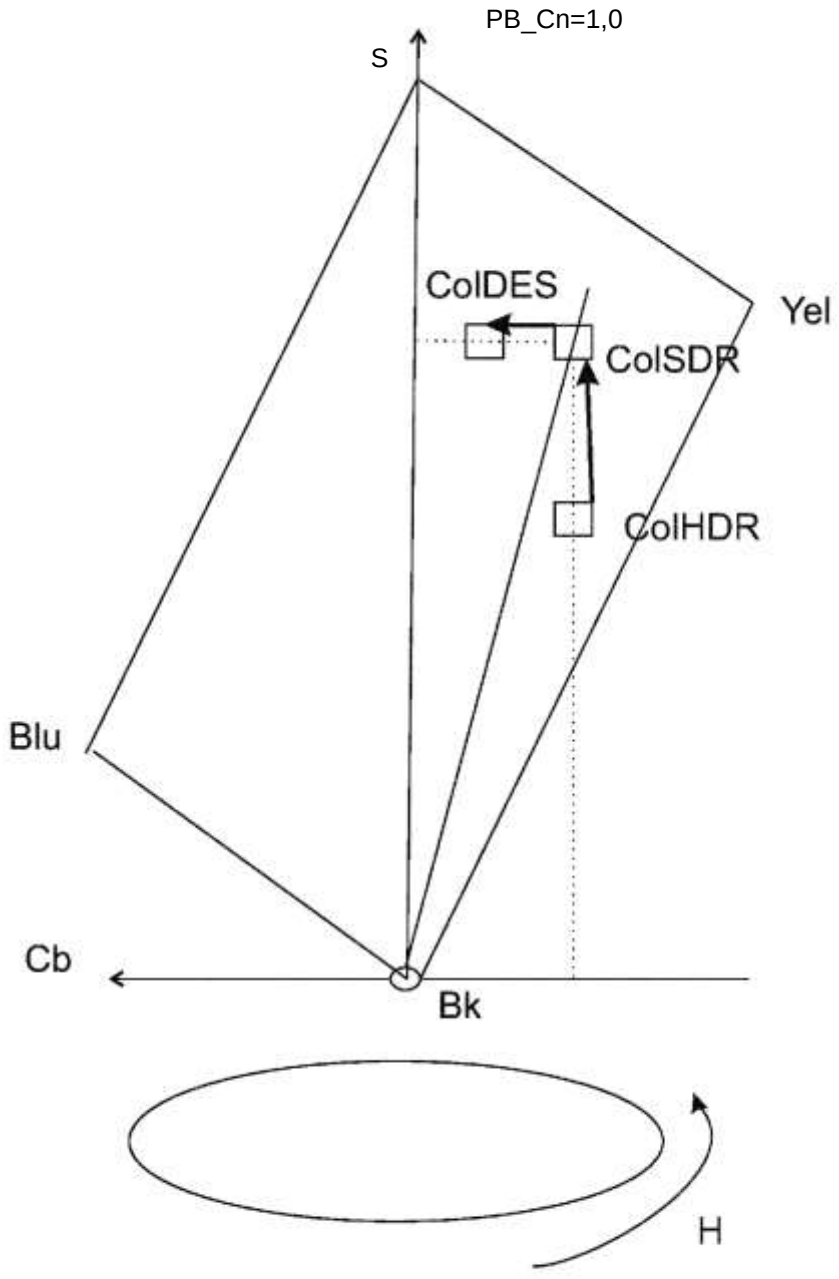


Fig. 5

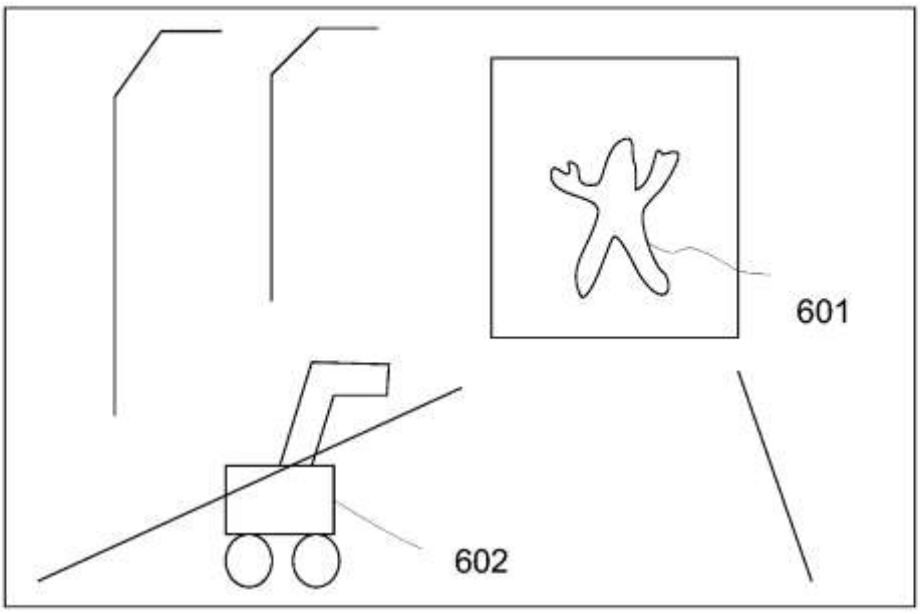


Fig. 6A

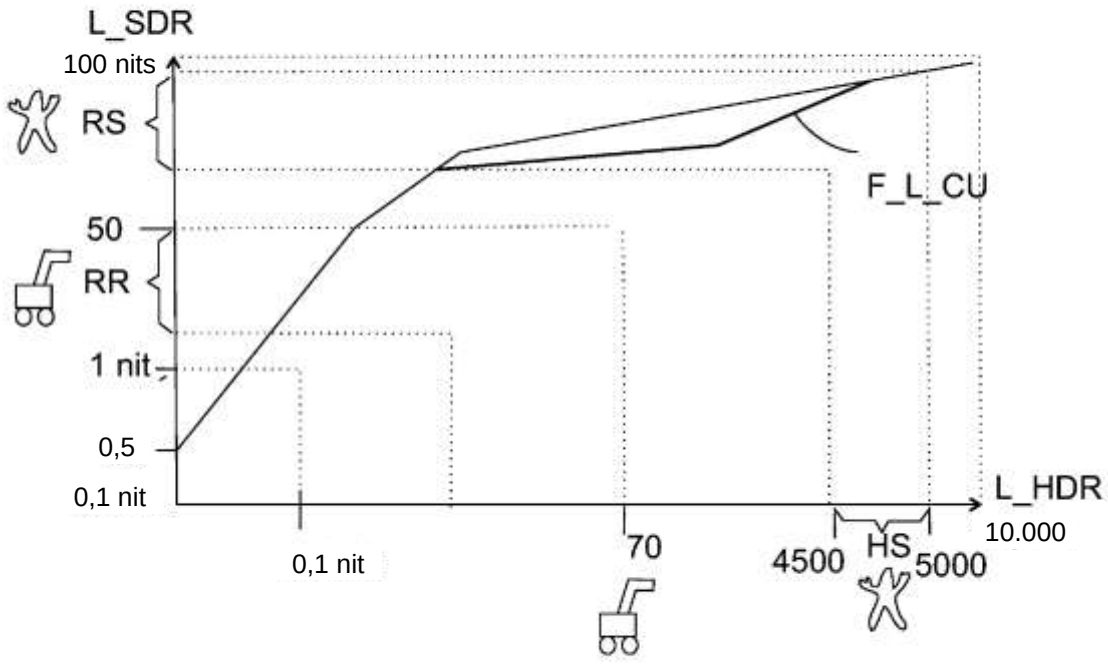


Fig. 6B

Fig. 6

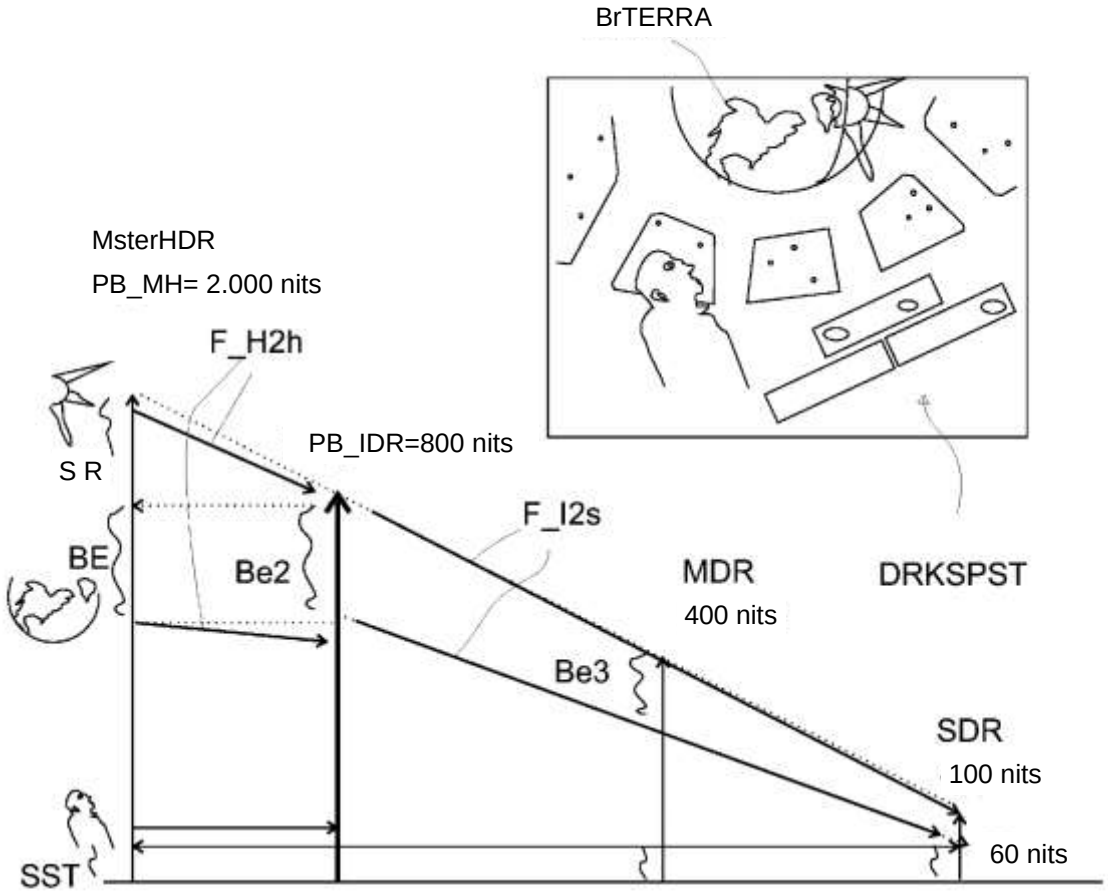

BrTERRA
MsterHDR
PB_MH= 2.000 nits
F_H2h
PB_IDR=800 nits
S R
F_I2s
BE
Be2
MDR
400 nits
DRKSPST
Be3
SDR
100 nits
60 nits
SST

Fig. 7

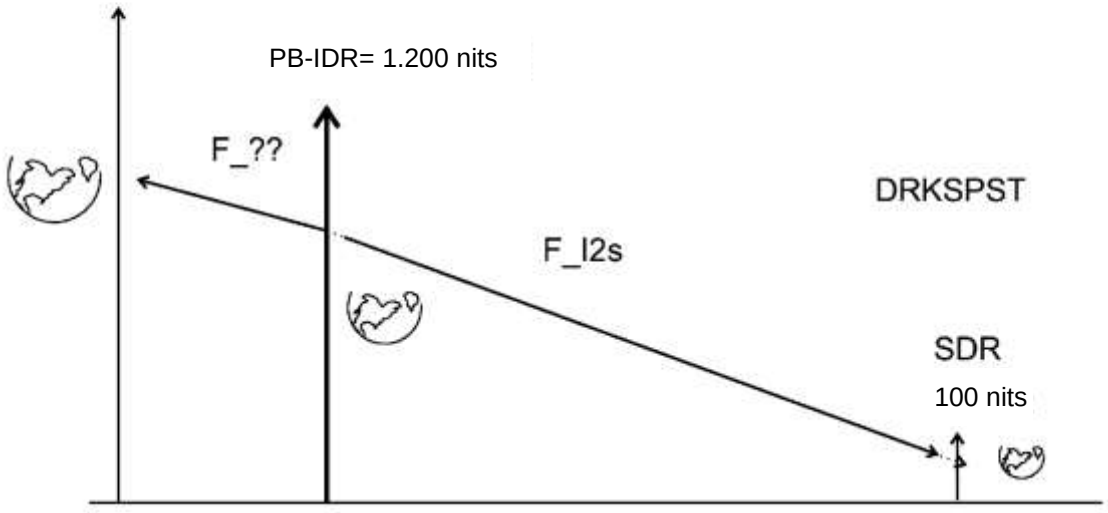

MsterHDR
PB_MH= 4.000 nits
PB-IDR= 1.200 nits
F_??
DRKSPST
F_l2s
SDR
100 nits

Fig. 8

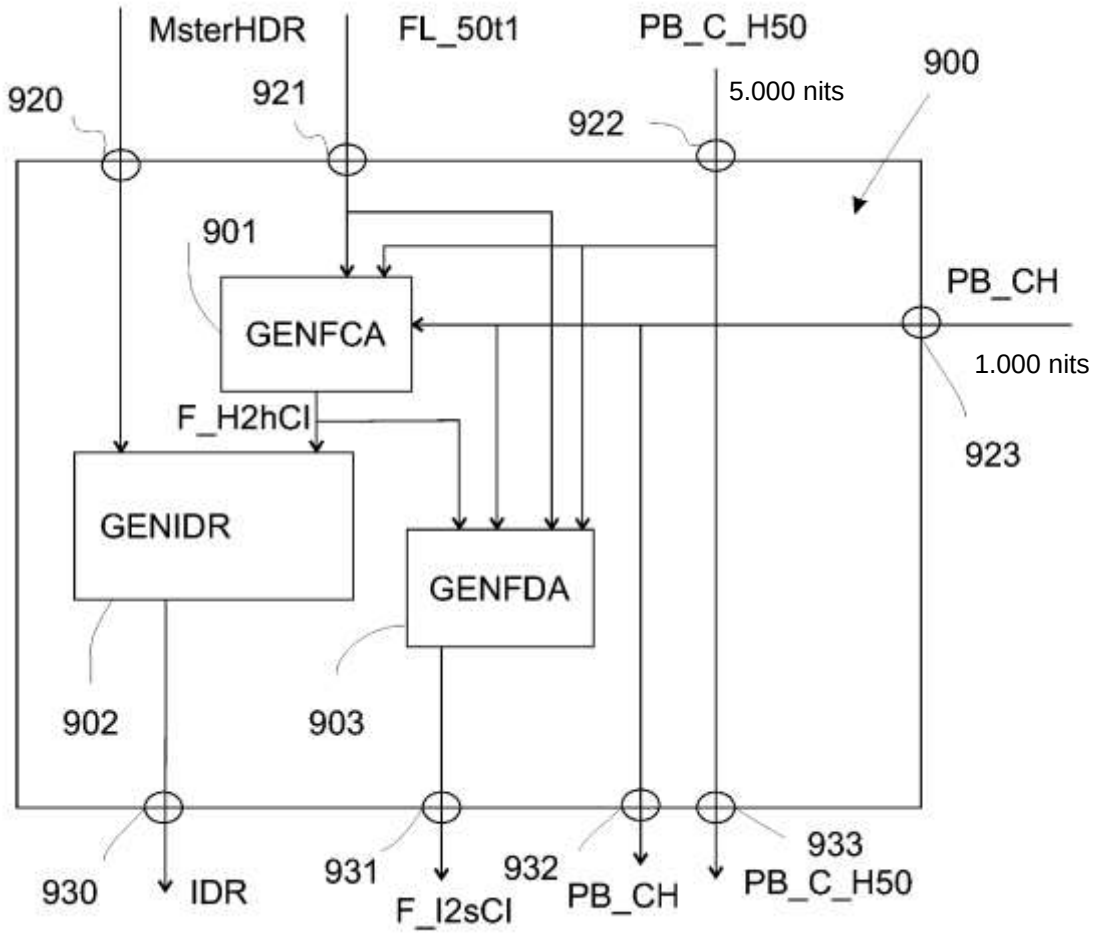

MsterHDR
FL_50t1
PB_C_H50
900
920
921
5.000 nits
922
901
PB_CH
GENFCA
1.000 nits
F_H2hCI
923
GENIDR
GENFDA
902
903
930
IDR
931
F_I2sCI
932
PB_CH
933
PB_C_H50

Fig. 9

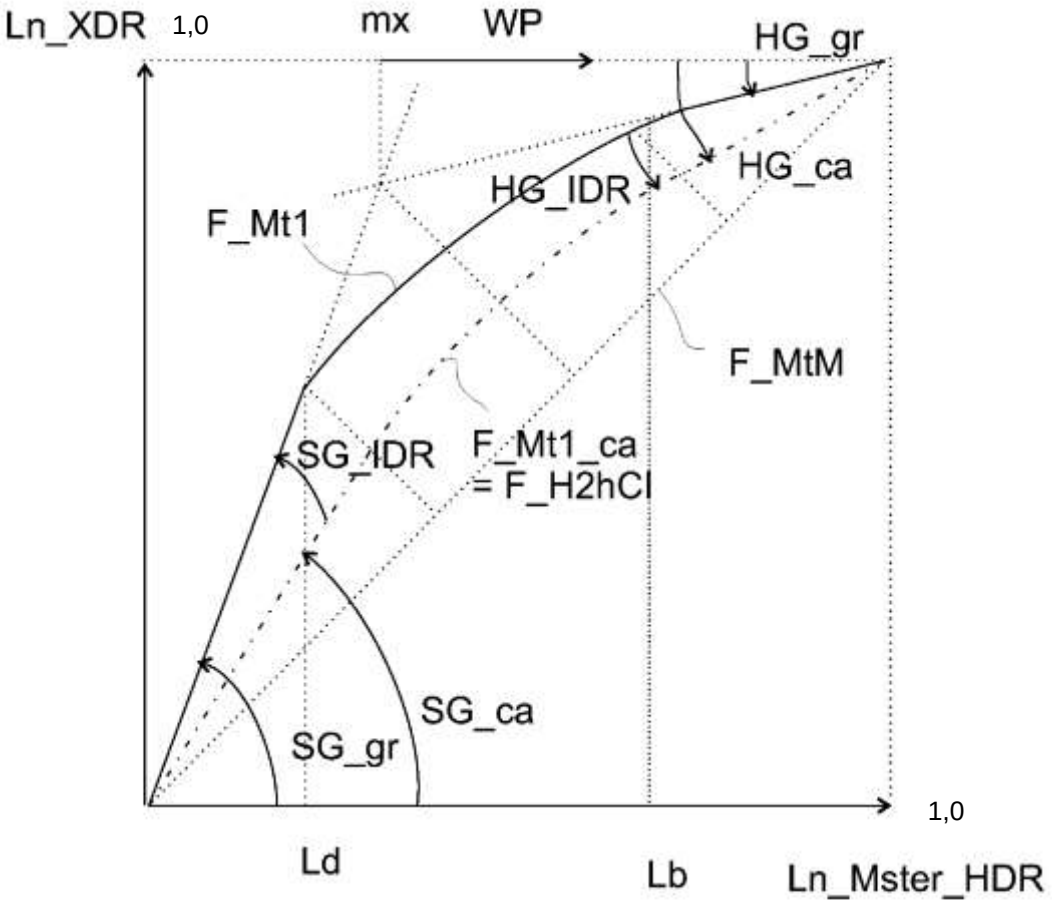

Ln_XDR
1,0
mx
WP
HG_gr
HG_ca
HG_IDR
F_Mt1
F_MtM
SG_IDR
F_Mt1_ca
= F_H2hCl
SG_ca
SG_gr
1,0
Ld
Lb
Ln_Mster_HDR

Fig. 10

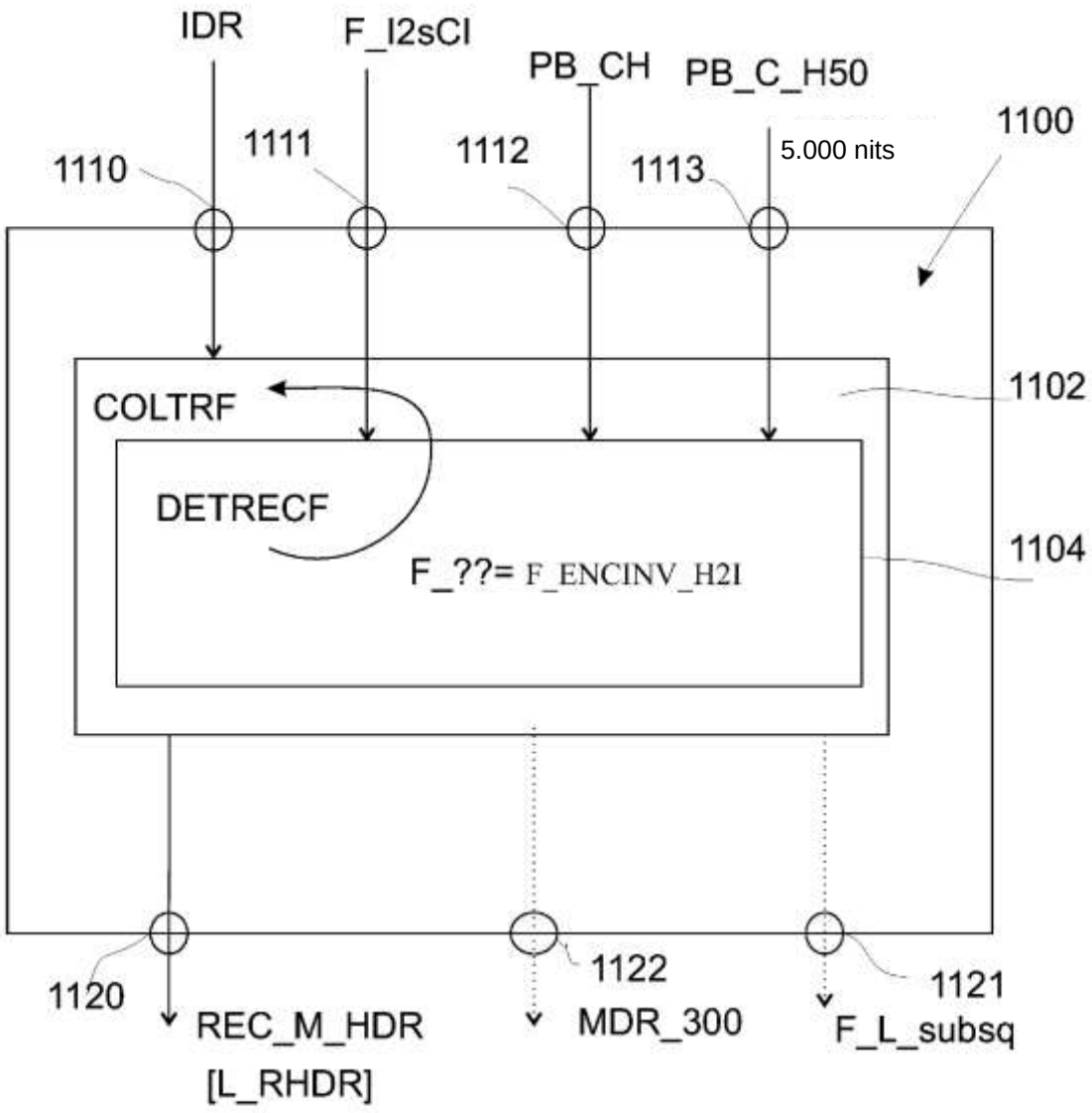

IDR
F_I2sCI
PB_CH
PB_C_H50
5.000 nits
1100
1110
1111
1112
1113
COLTRF
1102
DETRECF
F_??= F_ENCINV_H2I
1104
1120
REC_M_HDR
[L_RHDR]
1122
MDR_300
1121
F_L_subsq

Fig. 11

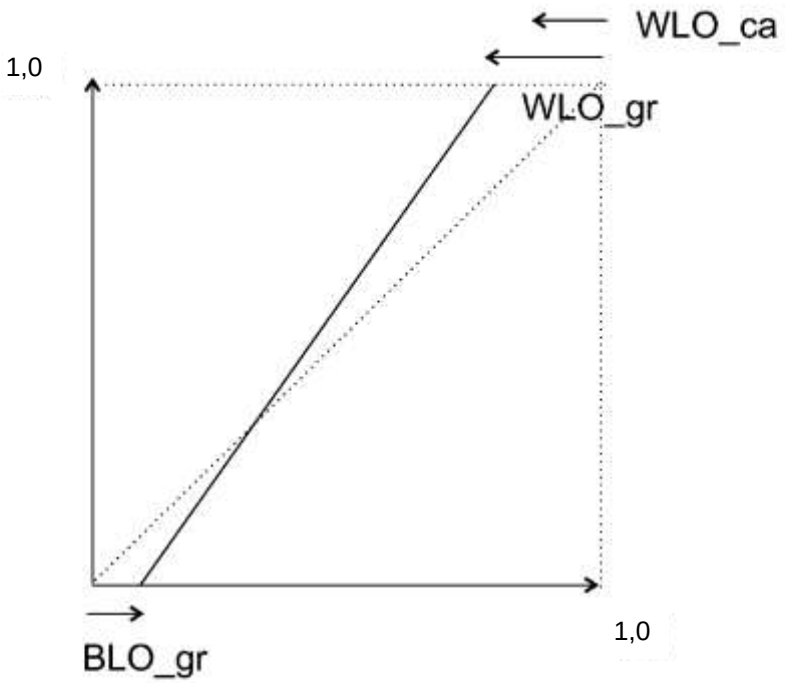


Fig. 12a

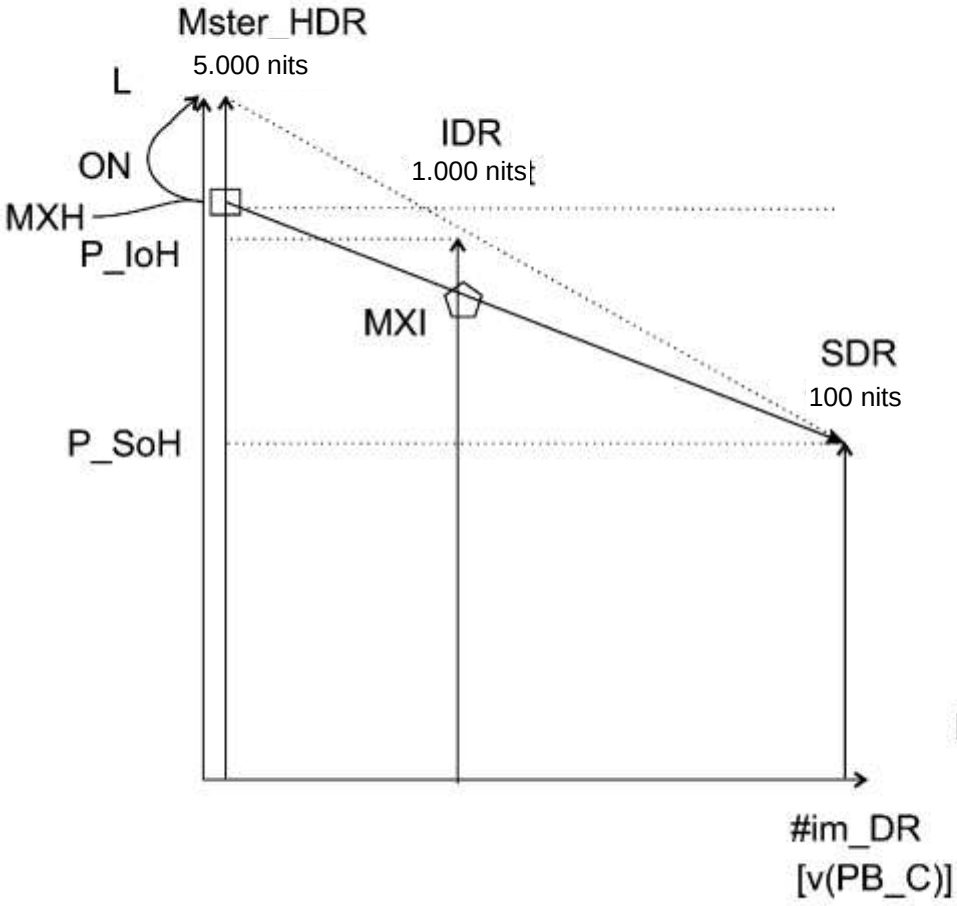


Fig. 12b

Fig. 12

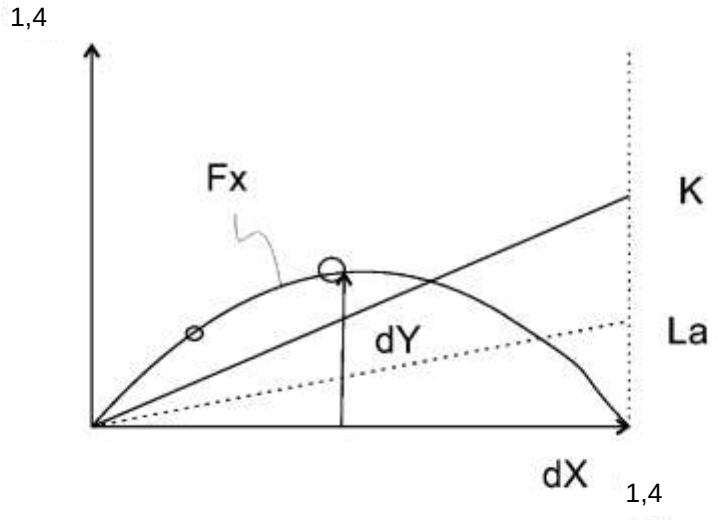


Fig. 13a

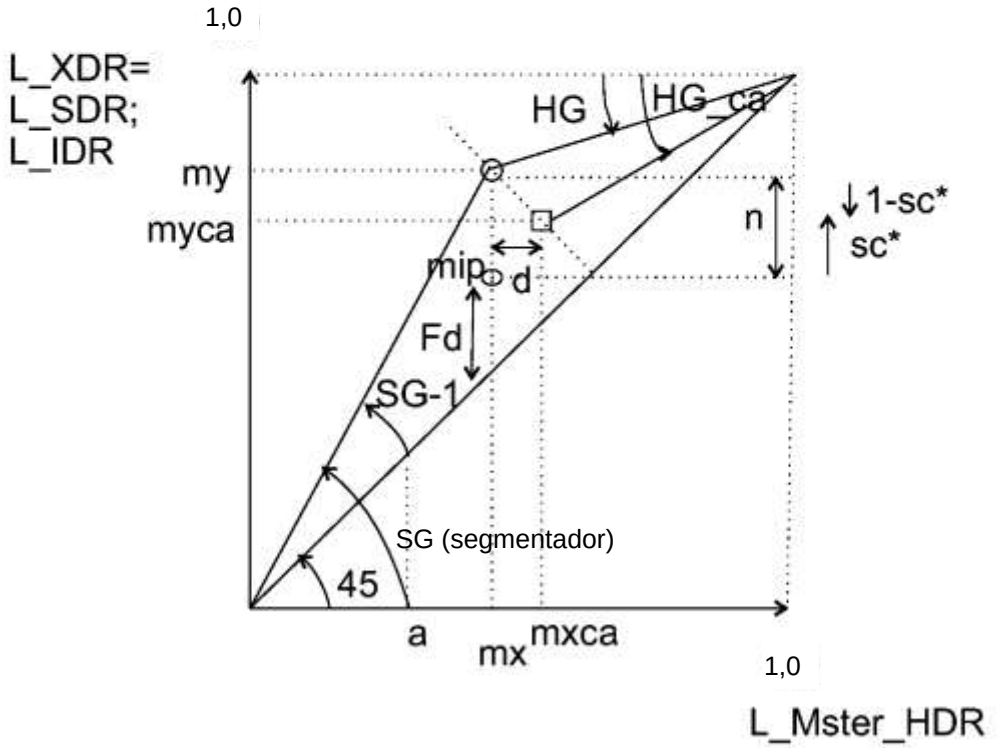


Fig. 13b

Fig. 13

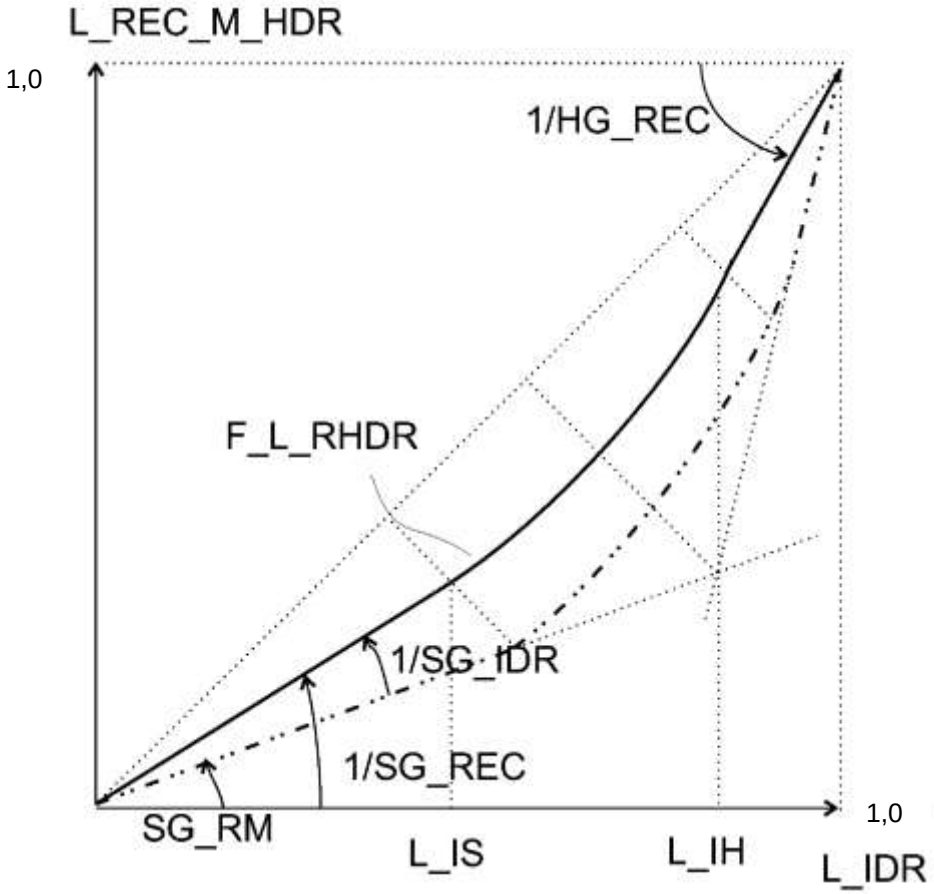

L_REC_M_HDR
1,0
1/HG_REC
F_L_RHDR
1/SG_IDR
1/SG_REC
SG_RM
L_IS
L_IH
1,0
L_IDR

Fig. 14

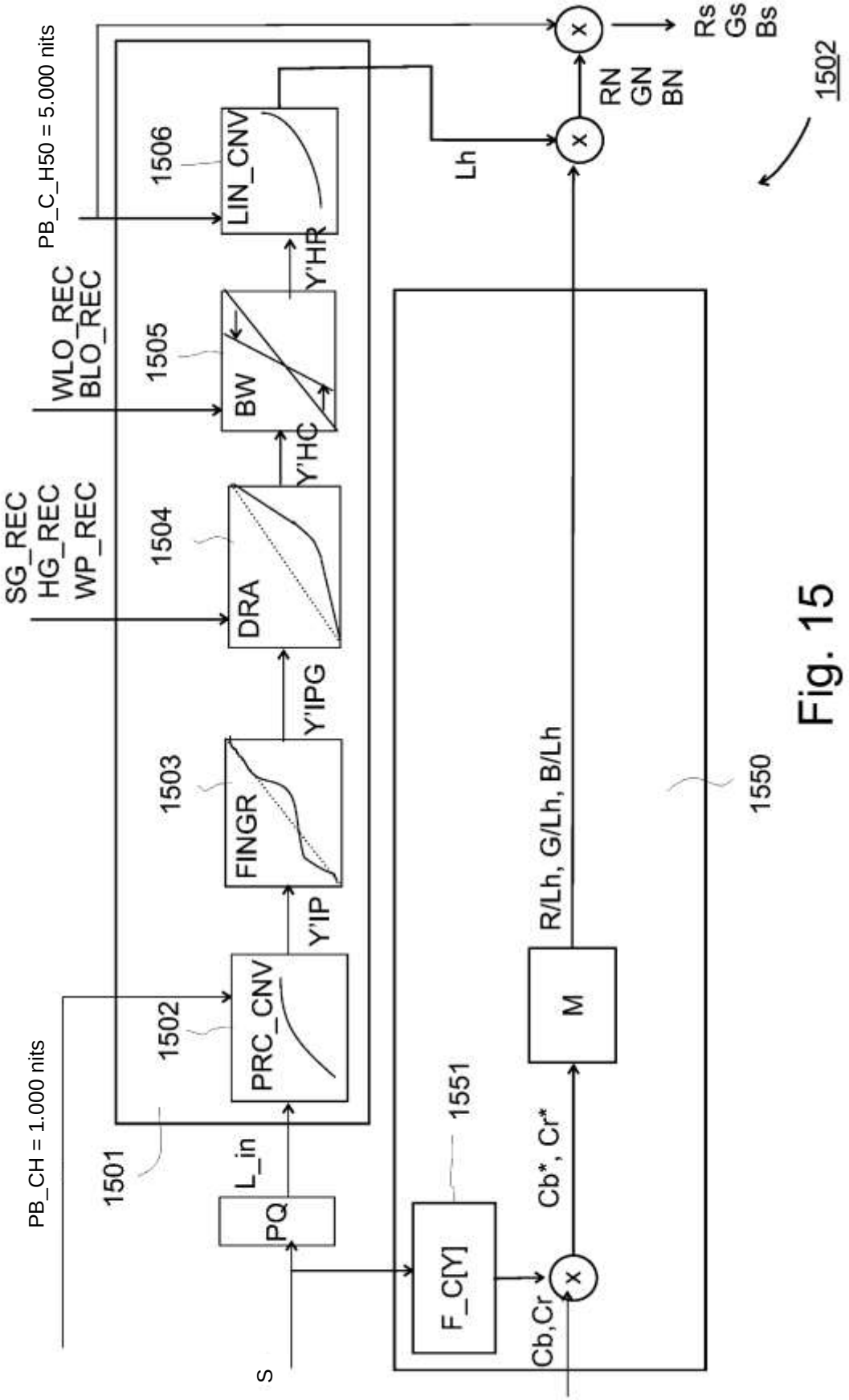

PB_CH = 1.000 nits
PB_C_H50 = 5.000 nits
WLO_REC
BLO_REC
SG_REC
HG_REC
WP_REC
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1502
1550
1551
PQ
L_in
PRC_CNV
FINGR
DRA
BW
LIN_CNV
Y'IP
Y'IPG
Y'HC
Y'HR
F_C[Y]
Cb,Cr
Cb*, Cr*
M
R/Lh, G/Lh, B/Lh
Lh
RN
GN
BN
Rs
Gs
Bs
S

Fig. 15

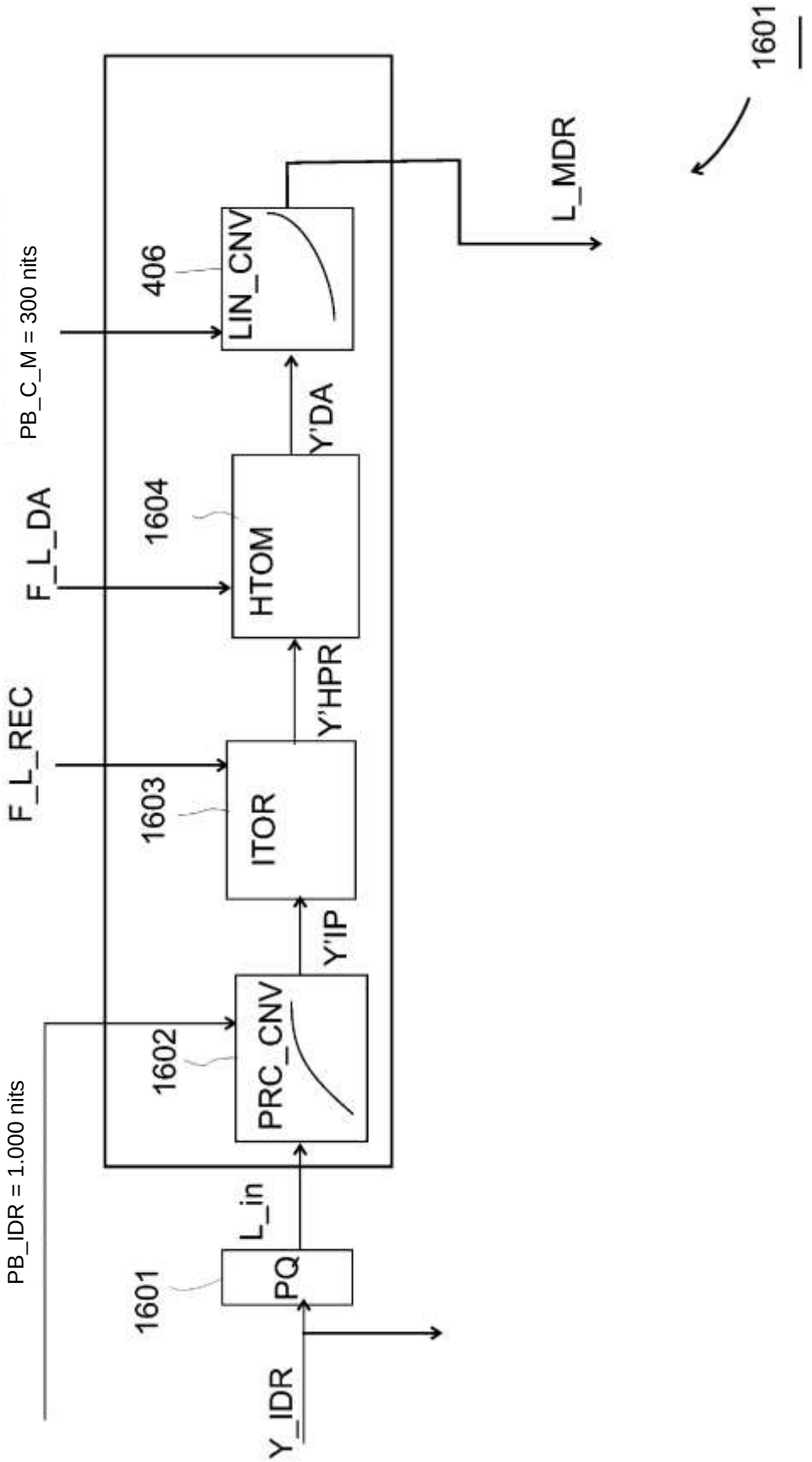

1601
L_MDR
406
LIN_CNV
PB_C_M = 300 nits
Y'DA
1604
HTOM
F_L_DA
Y'HPR
1603
ITOR
F_L_REC
Y'IP
1602
PRC_CNV
PB_IDR = 1.000 nits
L_in
1601
PQ
Y_IDR

Fig. 16

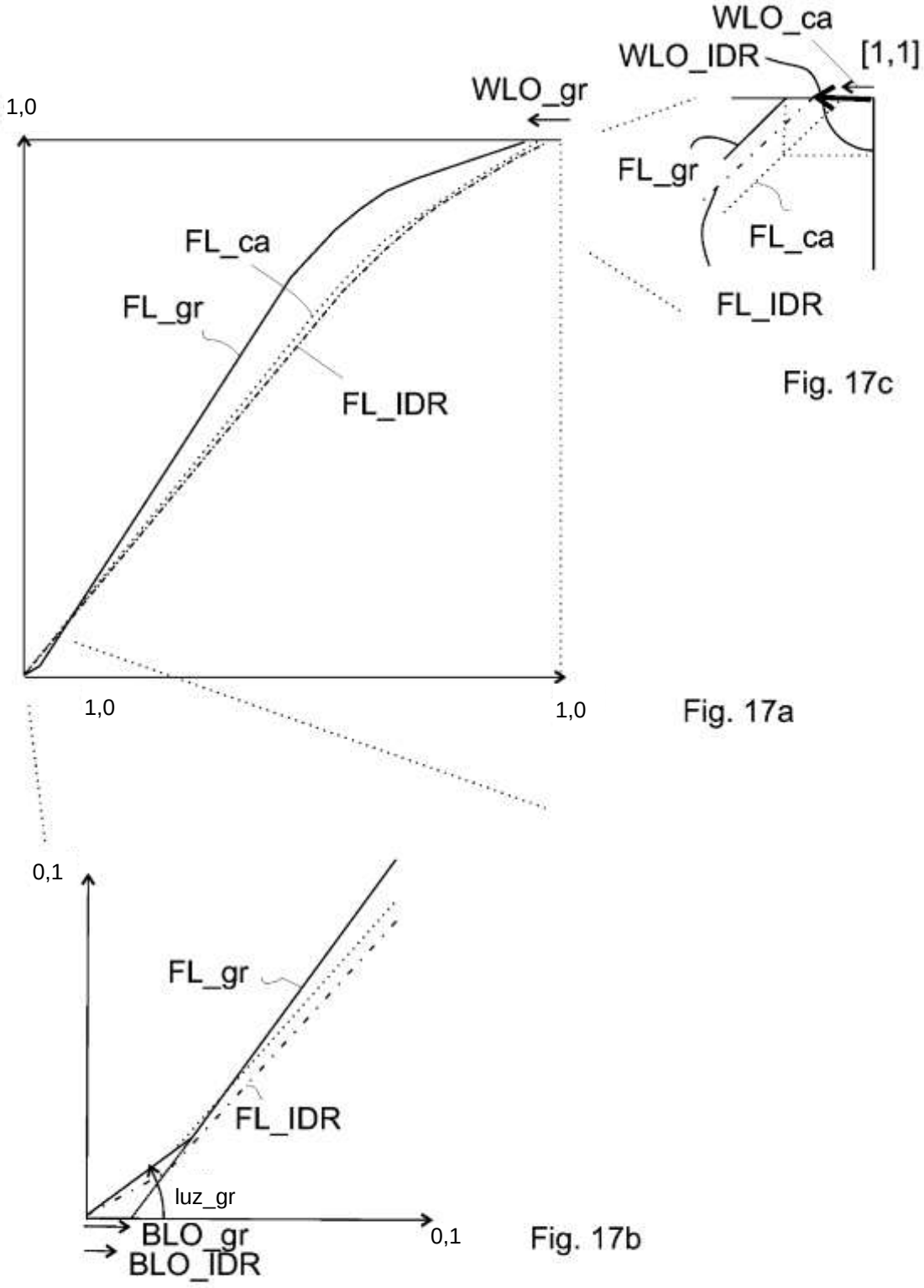


Fig. 17c

Fig. 17a

Fig. 17b

Fig. 17

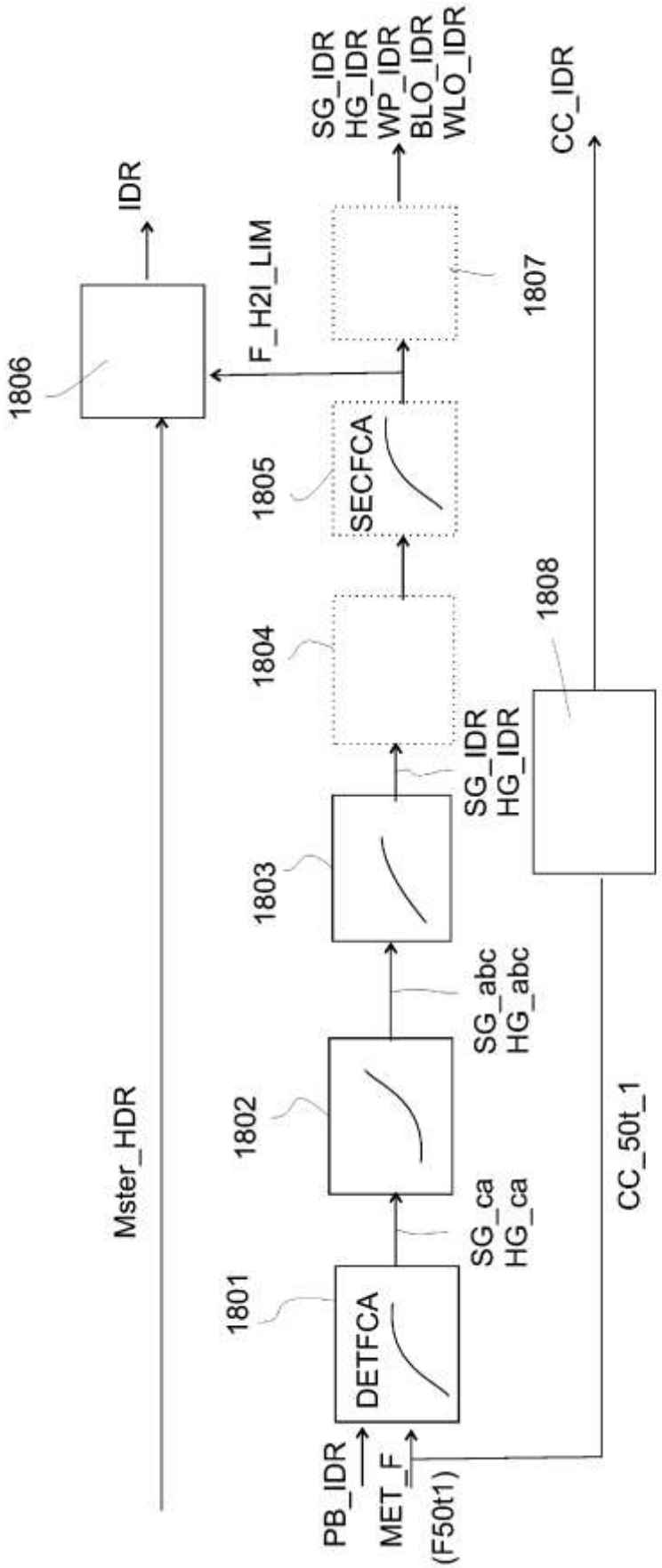

PB_IDR
MET_F
(F50t1)
DETFCA
1801
SG_ca
HG_ca
1802
SG_abc
HG_abc
1803
SG_IDR
HG_IDR
1804
SECFCA
1805
F_H2I_LIM
1806
IDR
Mster_HDR
SG_IDR
HG_IDR
WP_IDR
BLO_IDR
WLO_IDR
1807
1808
CC_IDR
CC_50t_1

Fig. 18

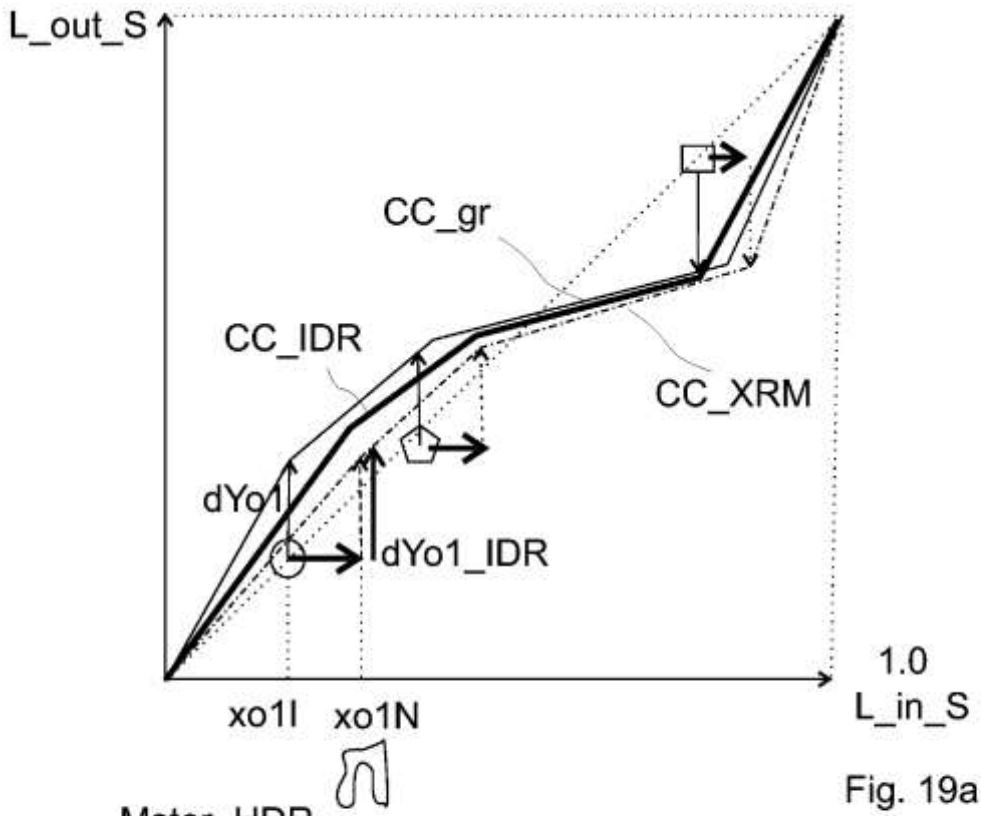


Fig. 19a

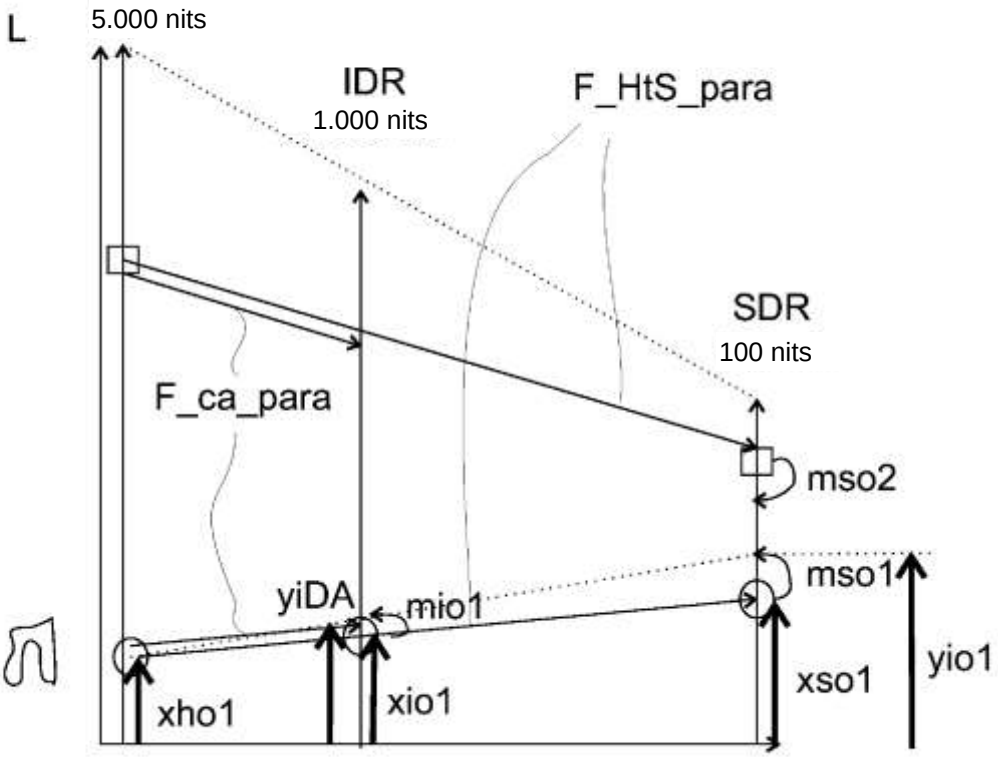


Fig. 19b

Fig. 19

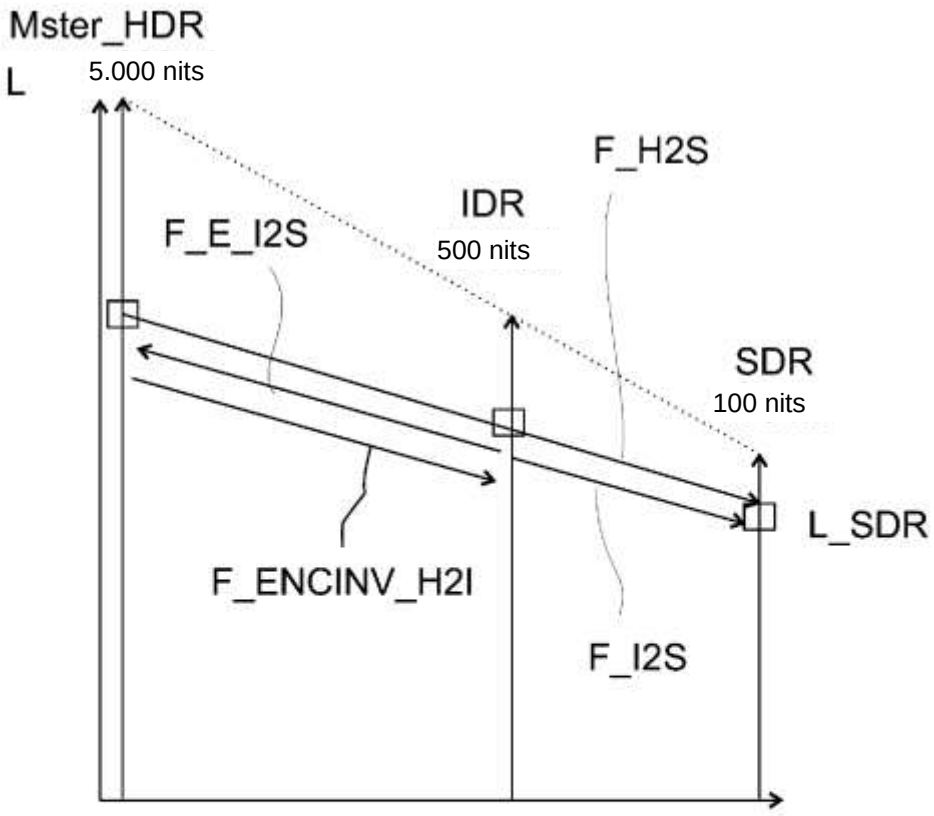

Mster_HDR
L
5.000 nits
F_H2S
IDR
500 nits
F_E_I2S
SDR
100 nits
L_SDR
F_ENCINV_H2I
F_I2S

Fig. 20

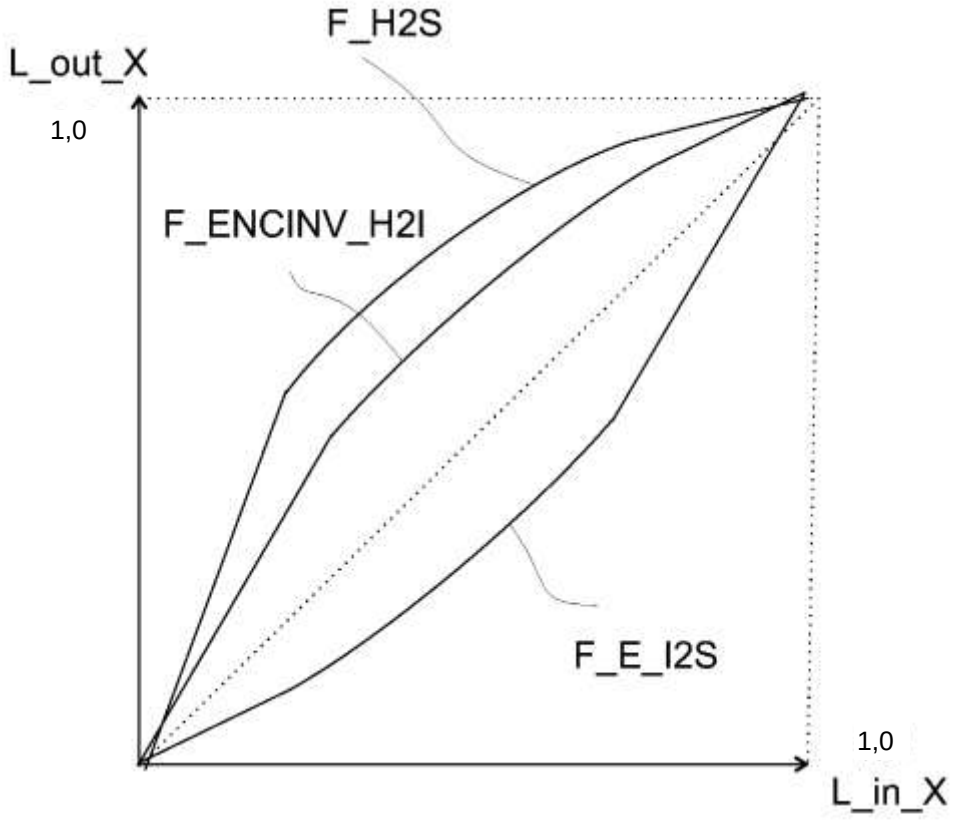


Fig. 21

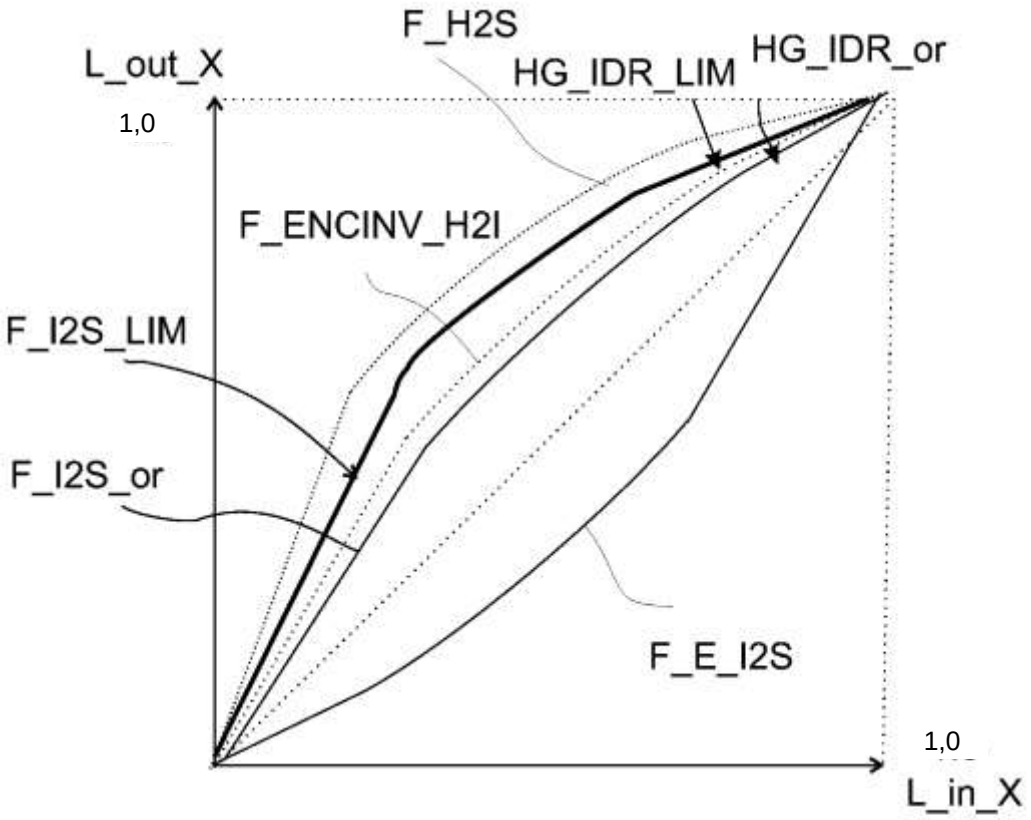

F_H2S
L_out_X
HG_IDR_LIM
HG_IDR_or
1,0
F_ENCINV_H2I
F_I2S_LIM
F_I2S_or
F_E_I2S
1,0
L_in_X

Fig. 22

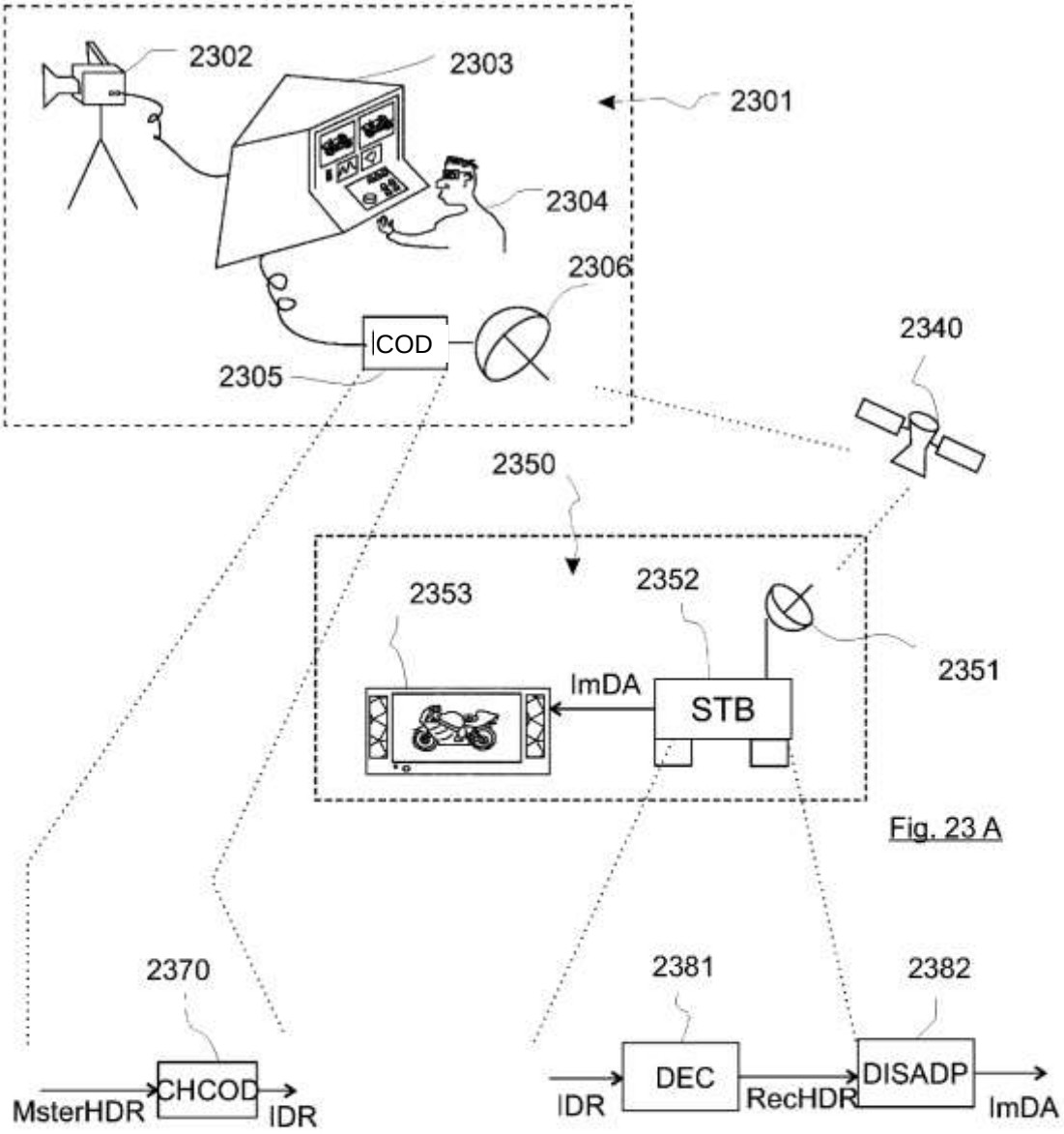


Fig. 23 A

Fig. 23B

Fig. 23C

Fig. 23

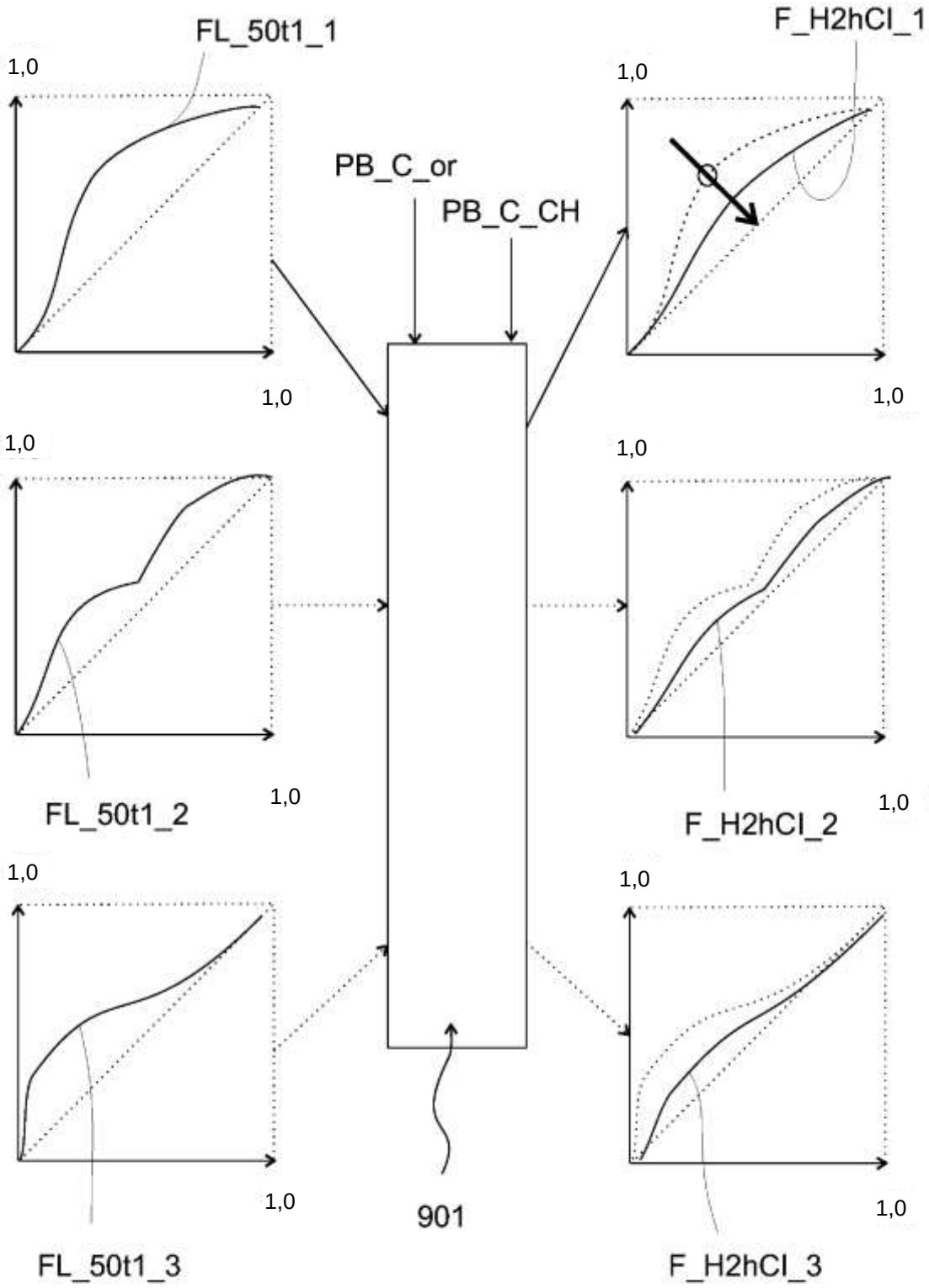

FL_50t1_1
F_H2hCl_1
1,0
PB_C_or
PB_C_CH
FL_50t1_2
F_H2hCl_2
FL_50t1_3
F_H2hCl_3
901

Fig. 24

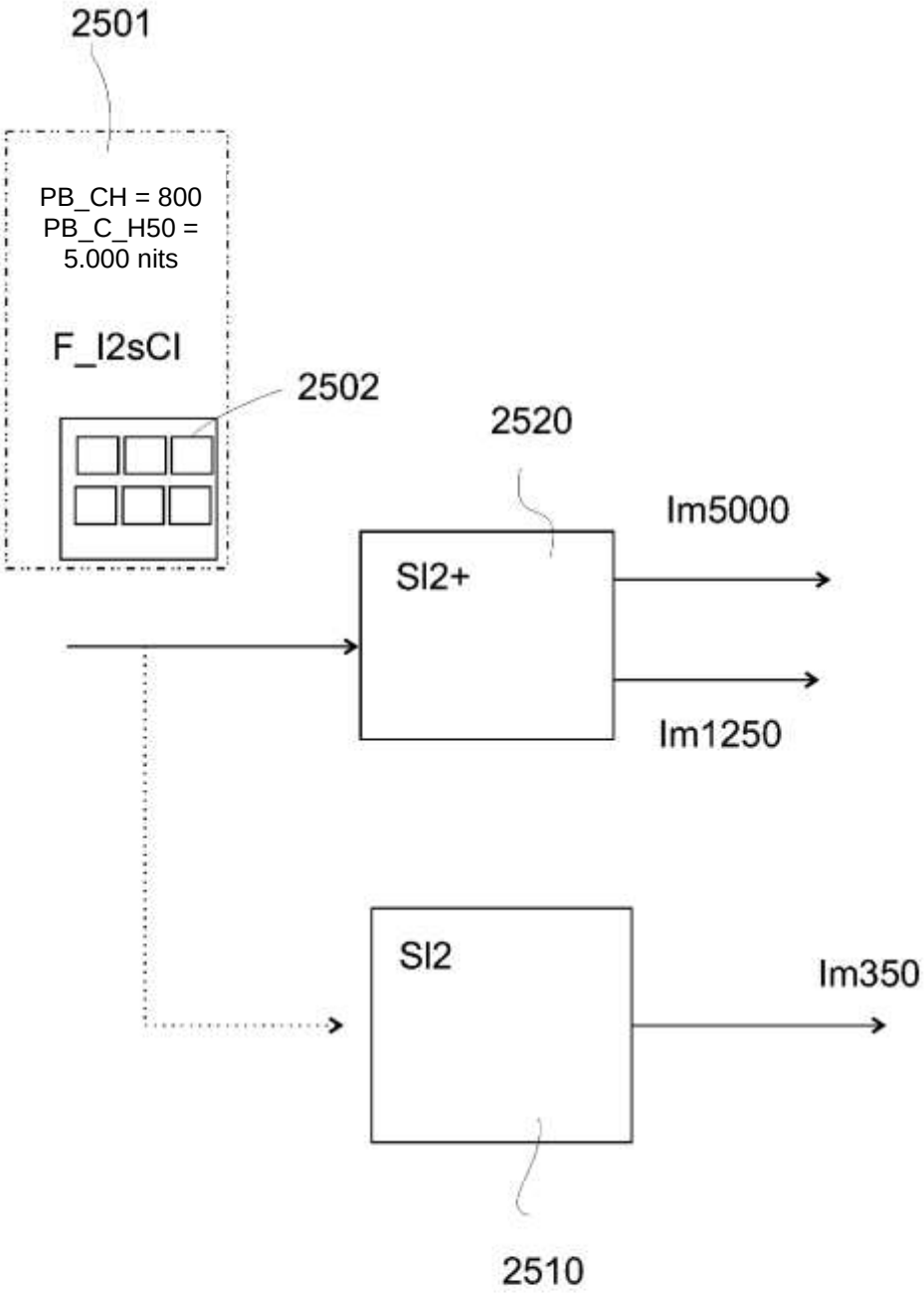

2501
PB_CH = 800
PB_C_H50 = 5.000 nits
F_I2sCI
2502
2520
Im5000
SI2+
Im1250
SI2
Im350
2510

Fig. 25

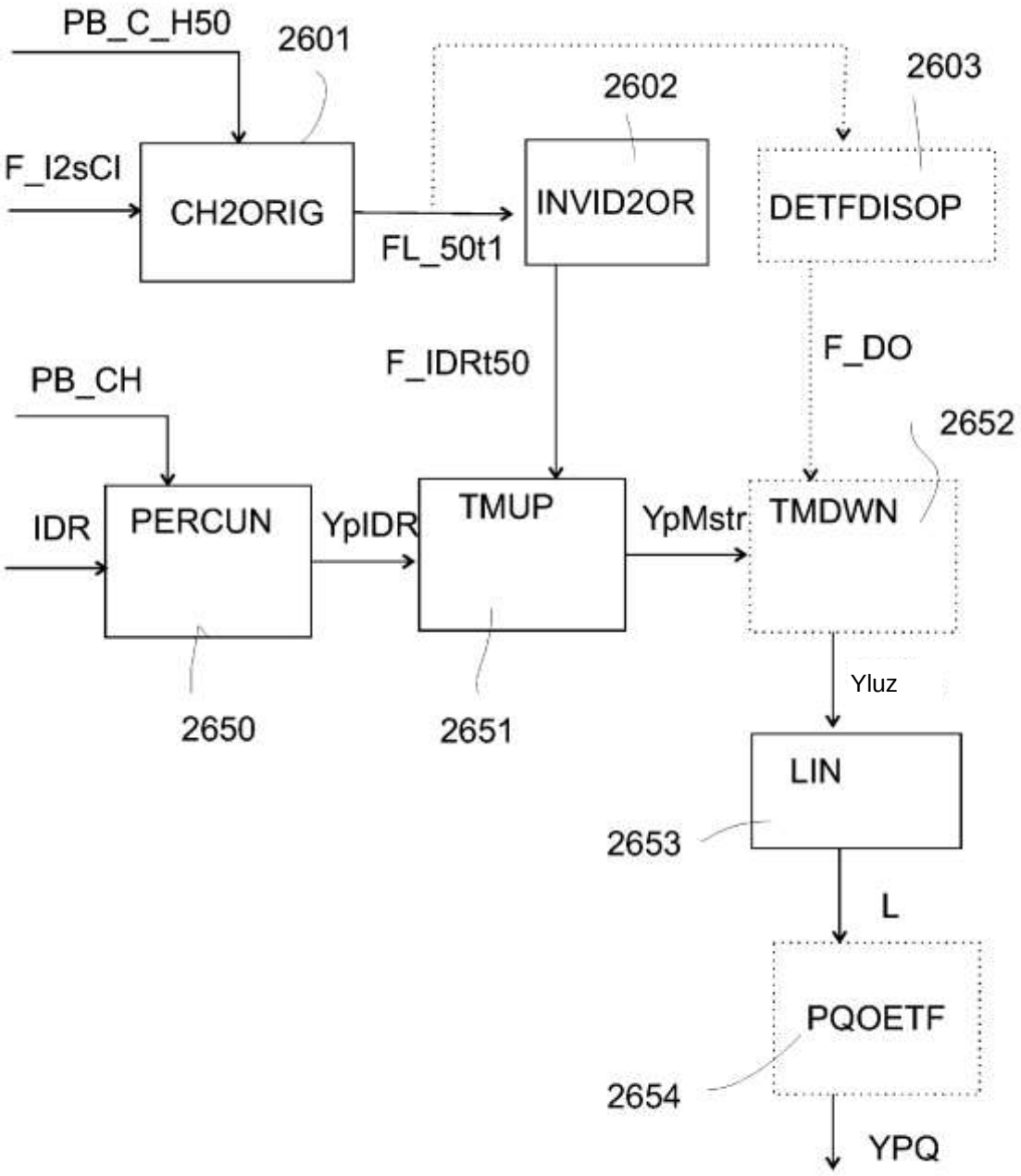

PB_C_H50
2601
2602
2603
F_I2sCI
CH2ORIG
INVID2OR
DETFDISOP
FL_50t1
F_IDRt50
F_DO
PB_CH
2652
IDR
PERCUN
YpIDR
TMUP
YpMstr
TMDWN
Yluz
2650
2651
LIN
2653
L
PQOETF
2654
YPQ

Fig. 26

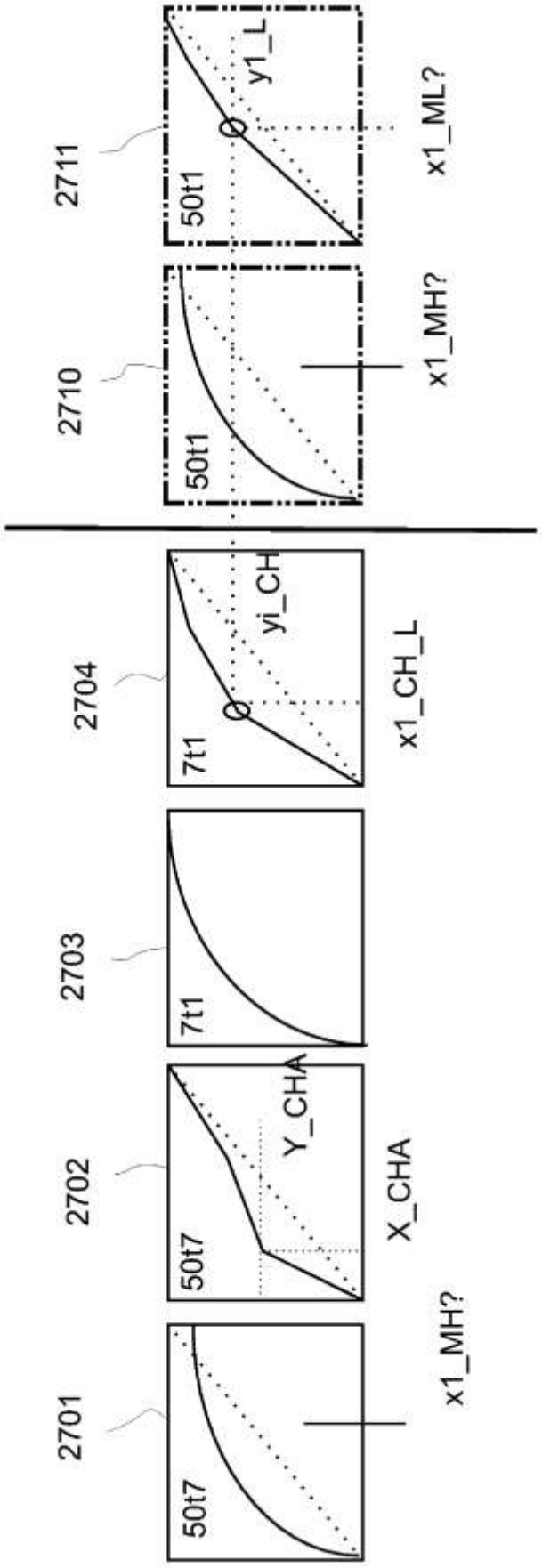

2701
50t7
x1_MH?
2702
50t7
Y_CHA
X_CHA
2703
7t1
2704
7t1
yi_CH
x1_CH_L
2710
50t1
x1_MH?
2711
50t1
y1_L
x1_ML?

Fig. 27

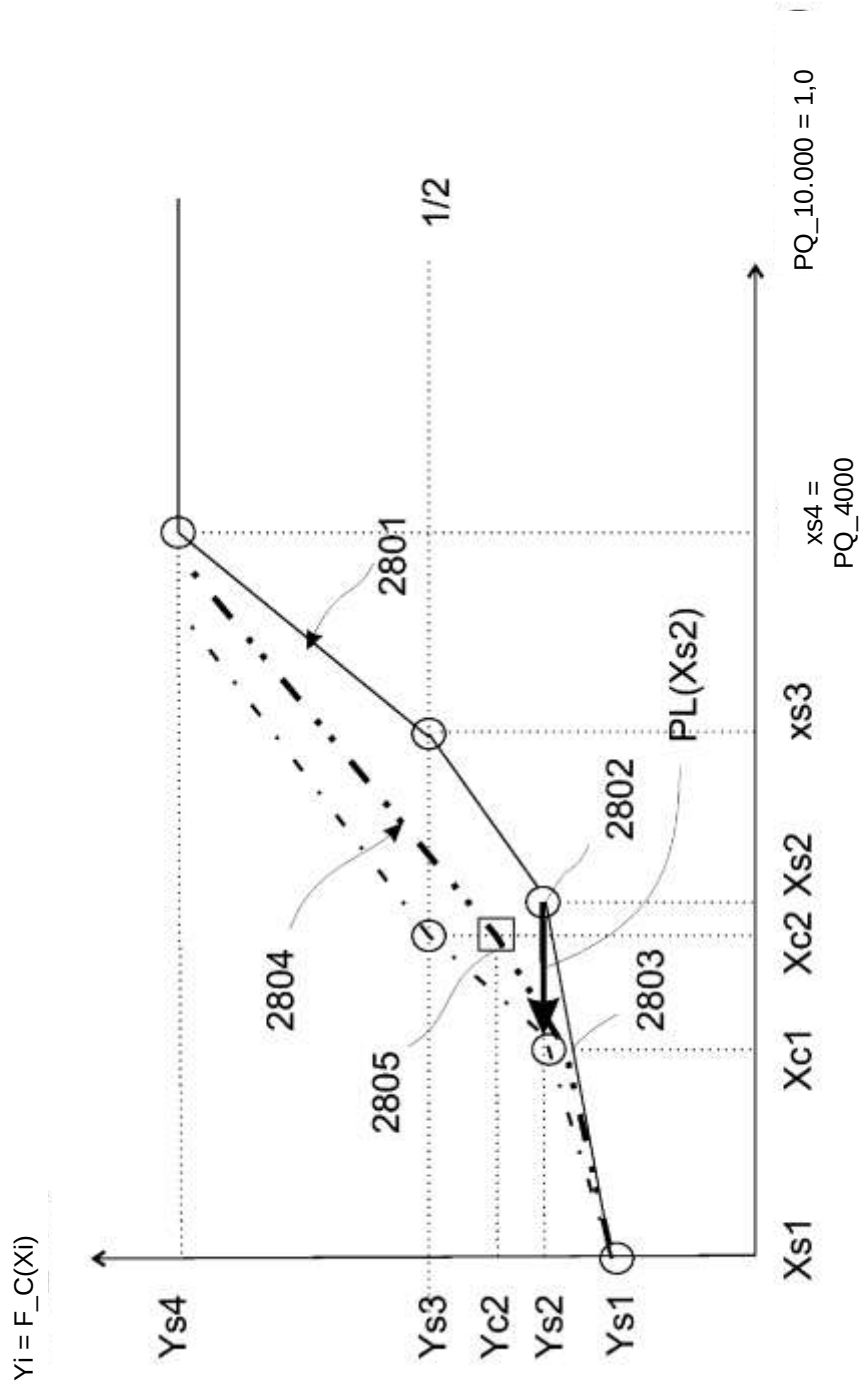

Yi = F_C(Xi)
Ys4
Ys3
Yc2
Ys2
Ys1
Xs1
Xc1
Xc2
Xs2
xs3
xs4 = PQ_4000
PQ_10.000 = 1,0
1/2
2801
2802
2803
2804
2805
PL(Xs2)

Fig. 28

RESUMO

CODIFICADOR E DECODIFICADOR DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA, MÉTODO DE CODIFICAÇÃO DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE UMA IMAGEM DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE ENTRADA RECEBIDA E MÉTODO DE DECODIFICAÇÃO DE VÍDEO DE ALTA FAIXA DINÂMICA DE UMA IMAGEM DE FAIXA DINÂMICA INTERMEDIÁRIA RECEBIDA

Pelo menos algumas aplicações na cadeia de vídeo em HDR total desejam uma abordagem mais sofisticada, como um codificador de vídeo de alta faixa dinâmica (900), disposto para receber através de uma entrada de imagem (920) uma imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR) que tem uma primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50), sendo que o codificador é disposto para receber através de uma entrada de metadados (921) uma função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) que define a relação entre lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada e lumas normalizados de uma imagem de faixa dinâmica padrão correspondente (Im_LDR) tendo uma luminância de pixel máxima de 100 nits, sendo o codificador caracterizado por compreender adicionalmente uma entrada de metadados (923) para receber uma segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), e o codificador sendo caracterizado adicionalmente por compreender: - uma unidade de geração de função de HDR (901) disposta para aplicar um algoritmo padronizado para transformar a função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) em uma função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI), que relaciona os lumas normalizados da imagem de alta faixa dinâmica de entrada às luminâncias normalizadas de uma imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR) que é caracterizada por ter uma possível luminância máxima igual à segunda luminância de pixel máxima (PB_CH); uma unidade de cálculo de imagem IDR (902) disposta para aplicar a função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI) aos lumas de pixels da imagem de alta faixa dinâmica de entrada (MsterHDR) para obter lumas de pixels da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR); e um gerador de função de mapeamento de IDR (903) disposto para derivar com base na função de mapeamento de luma mestre (FL_50t1) e na função de mapeamento de luma adaptada (F_H2hCI) uma função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI), que define como saída os respectivos lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica padrão (Im_LDR) quando recebe como entrada os respectivos lumas normalizados da imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR); sendo que o codificador é caracterizado adicionalmente por ter como saída: a imagem de faixa dinâmica intermediária (IDR), como primeiros metadados a segunda luminância de pixel máxima (PB_CH), como segundos metadados a função de mapeamento de luma de canal (F_I2sCI); e como terceiros metadados a primeira luminância de pixel máxima (PB_C_H50).