



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2020/048790**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(51) Int Cl.: **H04N 19/98** (2014.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2019 004 456.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP2019/072536**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.08.2019**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.03.2020**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **02.06.2021**

(30) Unionspriorität:

18192636.1	05.09.2018	EP
19176732.6	27.05.2019	EP
19187932.9	23.07.2019	EP

(74) Vertreter:

**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

(71) Anmelder:

Koninklijke Philips N.V., Eindhoven, NL

(72) Erfinder:

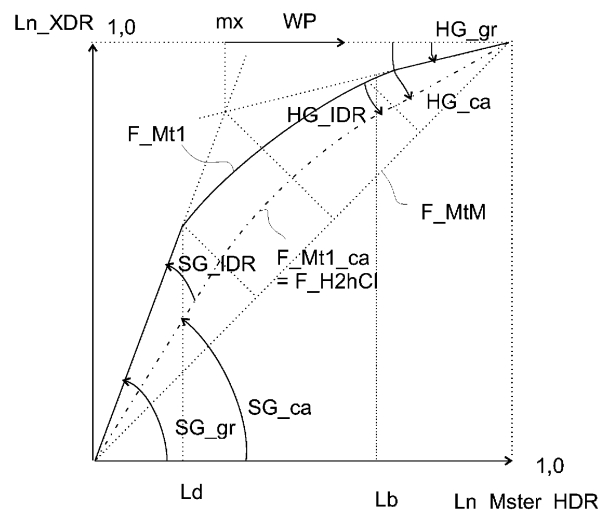
**Van der Vleuten, Renatus Josephus, Eindhoven,
NL; Nijland, Rutger, Eindhoven, NL; Tichelaar,
Johannes Yzebrand, Eindhoven, NL**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **MEHRBEREICHS-HDR-VIDEOCODIERUNG**

(57) Zusammenfassung: Für mindestens einige Anwendungen in der gesamten HDR-Videokette ist ein anspruchsvollerer Ansatz erwünscht, wie ein Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (900), der angeordnet ist, um über einen Bildeingang (920) ein Eingangsbild mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) zu empfangen, das eine erste maximale Pixelluminanz (PB C H50) aufweist, wobei der Codierer angeordnet ist, um über einen Metadateneingang (921) eine Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL 50t1) zu empfangen, wobei die Luma-Abbildungsfunktion die Beziehung zwischen normierten Luma-Werten des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich und normierten Luma-Werten eines entsprechenden Bildes mit Standarddynamikbereich (Im_LDR) mit einer maximalen Pixelluminanz von vorzugsweise 100 Nit definiert, dadurch gekennzeichnet, dass der Codierer ferner einen Metadateneingang (923) umfasst, um eine zweite maximale Pixelluminanz (PB CH) zu empfangen, und wobei der Codierer ferner dadurch gekennzeichnet ist, dass er Folgendes umfasst:

- eine HDR-Funktionserzeugungseinheit (901), die angeordnet ist, um einen standardisierten Algorithmus anzuwenden, um die Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) in eine angepasste Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCl) umzuwandeln, die normierte Luma-Werte des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich mit normierten Luma-Werten eines Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) in Beziehung setzt, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine maximal mögliche Luminanz aufweist, die gleich der zweiten maximalen ...



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren und Einrichtungen zum Codieren von Bildern mit hohem Dynamikbereich und insbesondere von Videos, die Zeitfolgen von Bildern sind, die entsprechend Kompressionstechniken wie MPEG-HEVC (z. B. Fernsehausstrahlungen), insbesondere durch Verwendung von (einem) Bild(ern) eines zweiten Dynamikbereichs (zur Kommunikation an einen Decodierer) zur Darstellung von (einem) (Master-) Bild(ern) eines ersten Dynamikbereichs komprimiert werden können, wobei die Dynamikbereichsänderung das Ändern von Bildpixelluminanzen (z. B. von einem ersten auf 1,0 normierten Wert auf einen zweiten auf 1,0 normierten Wert) durch Anwenden von Funktionen, die mit dem/den Bild(ern) des zweiten Dynamikbereichs in der Regel als Metadaten mitübermittelt werden sollen, beinhaltet.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Vor etwa 5 Jahren wurden der Welt die neuen Techniken von Videocodieren mit hohem Dynamikbereich (High Dynamic Range Video Coding) vorgestellt (was z. B. zu speziellen HDR-Blu-Ray-Disks führte, die auf 1000 Nit UltraHD Premium TVs zu betrachten sind).

[0003] Diese neue Art der technischen Handhabung von Bildern steht in vielerlei Weise technisch im Gegensatz zu der herkömmlichen Videocodierung, nach der alle Videos während der vorherigen 50 Jahre bis dahin codiert worden waren, die heute als Standard Dynamic Range (SDR)-Videocodierung (auch bekannt unter der Bezeichnung: Videocodieren mit niedrigem Dynamikbereich (Low Dynamic Range Video Coding; LDR) bezeichnet werden. Zur Darstellung eines Bildes werden digital codierte Darstellungen von Pixelfarben benötigt, und die SDR-Luma-Code-Definition (auch bekannt unter der Bezeichnung Optoelektrische Übertragungsfunktion OETF) von Rec. 709 konnte (mit 8- oder 10-Bit-Luma-Wörtern) einen Luminanz-Dynamikbereich von nur etwa 1000: 1 wegen dessen annähernden Quadratwurzelfunktionsform (Luma: $Y = \sqrt{\text{Luminanz } L}$) codieren. Dies eignet sich jedoch durchaus zum Codieren von auf den Displays anzuzeigenden Bildern derjenigen Zeitpunkte mit typischen Luminanzwiedergabefähigkeiten (aller derzeitigen Displays) etwa zwischen 0,1 und 100 Nit, wobei der letztgenannte Wert die so genannte Spitzenhelligkeit (peak brightness, PB), auch bekannt unter der Bezeichnung „maximale Luminanz“, angibt.

[0004] Da HDR-Forscher feststellten, dass die Rec. 709 Luma-Code-Definitions-funktion den enormen Bereich von HDR-Szenenbildluminanzen (z. B. erwünschte Bildcodierungsspitzenhelligkeit PB_C zwischen 0,001 Nit und 10.000 Nit) mathematisch nicht darstellen kann, lösten sie dieses Problem anfangs, indem sie eine neue HDR-Codezuweisung konzipierten, die ihrer Form nach viel logarithmischer war, um viel mehr Luminanzen codieren zu können (da das visuelle System weniger Genauigkeit, d. h. weniger Codewerte für hellere als dunklere Regionen benötigt, versteht sich, dass man durch Zuweisen von z. B. 50 Codes aus $2^8=256$ (wobei $^$ die Potenzfunktion bezeichnet) für jede Luminanzdekade bereits einen Dynamikbereich von 100.000: 1 codieren kann). Dies ist die einfache „natürliche“ Art und Weise, HDR-Bildfarben zu codieren, indem die nach SMPTE 2084-standardisierte so genannte Perceptual Quantizer-(PQ)-Funktion verwendet wird.

[0005] Man könnte naiverweise annehmen, dass damit das Codieren und Decodieren von HDR-Bildern erschöpfend behandelt ist, aber so einfach ist es nicht, also kamen zusätzliche Codierungsansätze auf, insbesondere der zuvor entwickelte Ansatz zur HDR-Videocodierung und -Handhabung des aktuellen Anmelders.

[0006] Um ein angemessenes Verständnis darüber zu erhalten, was die HDR-Videocodierung beinhaltet und erfordert, fasst **Fig. 1** einige wichtige Aspekte zusammen.

[0007] Es wird angenommen, dass auf der linken Seite der Luminanzbereich aller möglichen (PQdecodierten) HDR-Luminanzen bis zu PB-C=5000 Nit vorhanden ist. Für einen Moment wird angenommen, dass - um dieses Bild wie gewünscht perfekt aussehen zu lassen - alle Objektpixel dieses von uns nun so bezeichneten Master-HDR-Bildes auf einem Computer erstellt werden (der Vorgang ausgehend z. B. von einer Rundfunkkamera wird nachstehend mit **Fig. 2** erläutert). Ein Problem bei dem natürlichen HDR-Codec (der lediglich eine Technologie bietet, um Luminanzen bis zu 10.000 Nit, d. h. auch bis zu 5000 Nit, wie in diesem Beispiel gewünscht, zu codieren) besteht darin, dass er, wenn der Verbraucher auch ein teures Display mit einer Display-Spitzenhelligkeit von 5000 Nit hat (und wenn er das Bild unter standardisierten Betrachtungsumgebungsbedingungen betrachtet), das Video durchaus wie vom Ersteller (z. B. dem Regisseur) beabsichtigt betrachten kann, aber wenn er ein anderes Display hat (z. B. PB_D=750 Nit, oder PB_D=100 Nit), besteht ein ungelöstes und auch nicht einfaches Problem darin, wie man ein 5000 Nit PBC-Bild auf einem 750 Nit PB D-Display anzeigt. Dafür

scheint es keine elegante einfache Lösung zu geben. Durch Anwenden einer genauen Luminanz werden beim Anzeigen alle Objekte mit einer Luminanz bis zu 750 Nit einwandfrei angezeigt, jedoch werden alle helleren Objektpixel auf dieselben $PB_D=750$ Nit gekappt, wodurch ein großer Teil der Bildobjekte in dem Bereich eines weißen Fleckens verschwindet, was sicherlich nicht gut aussieht. Man könnte annehmen, dass eine lineare Skalierung des Inhalts eine Lösung ist (Dividieren aller HDR-Luminanzen durch $5000/750$, was der so genannte Ansatz des weißen Karteninhalts auf weißem Display ist), dann bekommen jedoch die dunkleren Objekte wie der Mensch im dunklen Bereich der Höhe im Beispielszenenbild ImSCN3 mit HDR-Luminanzen (0,05 Nit), die bereits für Displays mit geringerem Dynamikbereich zu niedrig sein können, auf dem 750 Nit-Display ($0,05 \cdot 750/5000=0,0075$ Nit) eine nicht wahrnehmbare dunkle Luminanz.

[0008] Fig. 1 lehrt auch, dass unterschiedliche HDR-Bilder von unterschiedlichen archetypischen HDR-Szenen ganz unterschiedliche Anforderungen aufweisen können, wie die verschiedenen (potenziell an „willkürlichen“ Luminanzpositionen entlang des HDR-Luminanzbereichs DR 2) HDR-Luminanzen in den viel kleineren z. B. LDR-Luminanzdynamikbereich DR_1 zusammendrücken sind.

[0009] Luminanzen der realen Welt können sich z. B., wenn sowohl Innen- als auch Außenobjekte gleichzeitig im Blickfeld sind, über den Bereich Beleuchtung_Kontrast*Objekt_Reflexion_Kontrast=(1:100)*(1:100) erstrecken, und obwohl die Luminanzen in einem Bild, das eine Szene darstellt, nicht mit den Luminanzen der ursprünglichen Szene identisch sein müssen oder typischerweise identisch sein werden, würde man für ein gutes HDR-Darstellungsbild Pixelluminanzen erwarten, die möglicherweise bis zu mindestens 1000 Nit reichen und bei einem Minimum von mindestens 0,1 Nit oder weniger beginnen (daher DR_im $\geq 10.000: 1$). Außerdem können gute HDR-Bilder viel mehr mit der intelligenten Zuweisung der verschiedenen Objektluminanzen entlang des Luminanzbereichs als über den physischen Dynamikbereich selbst zu tun haben (geschweige denn das Missverständnis, dass die Menge an Bits maßgeblich ist, was für nichtlineare Luma-Code-Definitionen nicht gilt, und ein 10-Bit-Luma-Bild kann genauso ein HDR-Bild wie ein SDR-Bild sein).

[0010] Fig. 1 zeigt ein paar archetypischer veranschaulichender Beispiele der vielen möglichen HDR-Szenen, zu deren korrekter Handhabung ein zukünftiges HDR-System (z. B. verbunden mit einem 1000 Nit PB_D -Display) möglicherweise in der Lage sein muss, d. h. durch Anzeigen der geeigneten Luminanzen für alle Objekte/Pixel in dem Bild.

[0011] Z. B. ist ImSCN1 ein sonniges Bild im Freien aus einem Western (das meist helle Bereiche aufweist, die heller sind als der Durchschnitt, der ein düsteres Tagesbild wäre, wobei die Bereiche idealerweise heller wiedergegeben werden sollten als auf einem 100-Nit-Display, um das Aussehen eines sonnigeren anstelle eines regnerischen Tages zu bieten, z. B. mit einer durchschnittlichen Luminanz von z. B. 400 Nit). ImSCN2 hingegen ist eine ganz andere Art von Bild, nämlich ein Nachtbild, in dem die dunklen Bereiche (und z. B. ihre gute Sichtbarkeit) dominieren; was hieraus jedoch eher ein HDR-Bild als einfach ein dunkles SDR-Bild macht, ist der Umstand, dass hier auch helle Pixel an den Stellen unter den Straßenleuchten vorhanden sind, und unter Umständen auch in den erleuchteten Fenstern der Häuser, und sogar sehr helle Pixel (z. B. 3000 Nit) auf den Lampenoberflächen der Straßenleuchten.

[0012] Wodurch wird nun ein solches ImSCN1-Bild gegenüber dem dunklen ImSCN2 sonnig? Nicht notwendigerweise durch die relativen Luminanzen, zumindest nicht im SDR-Paradigma (es gibt möglicherweise für beide Bilder Pixel-Luminanzen über den gesamten Bereich zwischen 0,1 und 100 Nit, obwohl die räumliche Verteilung solcher Luminanzen und insbesondere das Histogramm unterschiedlich sein kann). Was die HDR-Bildwiedergabe von der unterscheidet, wie sie immer in der SDR-Ära war, die erst vor ein paar Jahren zu Ende gegangen ist, ist der Umstand, dass SDR über einen so begrenzten Dynamikbereich (ca. $PB=100$ Nit, und minimalen Schwarzpegel MB ca. 0,1 bis 1 Nit) verfügte, dass in SDR meist nur die intrinsischen Reflektivitäten der Objekte gezeigt werden konnten (was zwischen 90 % für gutes Weiß und 1 % für gutes Schwarz fallen würde). Dies wäre zwar gut für das Erkennen von Objekten (mit einem gewissen Helligkeitsgrad aus deren Reflexion und natürlich deren Farbigkeit) bei gleichmäßiger technisch gesteuerter Beleuchtung, jedoch nicht so sehr für die schönen Beleuchtungsvariationen selbst, die es in natürlichen Szenen geben kann, und auf die Auswirkungen, die dies auf Betrachter haben kann (ein aus einem Fenster kommender Sonnenstrahl oder aus einem „Witch“ abstrahlendes Plasma). Wenn es das Display gestattet, und damit sollte es auch die Bildcodier- und -Handhabungstechnik gestatten, würde man bei einem Waldspaziergang wirklich die Sonne durch die Bäume scheinen sehen, also nicht nur einen etwas gelblicheren Eindruck wie auf einem SDR-Display, sondern man würde helle und farbige von der Sonne beschienene Kleidung sehen wollen, wenn die Person aus dem Schatten in die Sonne geht. Und ebenso sollten Feuer und Explosionen einen optimalen optischen Effekt haben, zumindest soweit es die PB_D zulässt.

[0013] Bei SDR konnte man das Nachtbild etwas dunkler machen als ein normal beleuchtetes Bild, wie es aus dem Luma-Histogramm ersichtlich ist, aber nicht allzu sehr, oder es würde ein zu dunkles und unansehnliches (möglicherweise sogar weitgehend unsichtbares) Bild wiedergegeben werden (deshalb wurde die Konvention eingeführt, Nachtbilder noch relativ hell, aber blau zu machen). Außerdem bietet ein 100-Nit-TV oder eine 100-Nit-Codierung einfach keinen Spielraum für irgendetwas zu Helles. Man musste also die Objekte unabhängig von ihrer Beleuchtung zeigen und konnte gleichzeitig nicht alle zum Teil sehr kontrastreichen Beleuchtungen der Szene, die sich ergeben könnten, originalgetreu wiedergeben. In der Praxis bedeutete dies, dass die sehr helle sonnige Szene mit etwa denselben Displayluminanzen (0-100 Nit) wie eine düstere Regentagsszene und sogar eine Nachtszene wiedergegeben werden musste.

[0014] In der Realität würde sich das menschliche Sehen auch an die verfügbare Lichtmenge anpassen, jedoch nicht allzu sehr (die meisten Menschen in der Realität erkennen, dass es dunkler wird oder dass sie sich in einer dunkleren oder ziemlich hellen Umgebung befinden). Und man sollte nicht vergessen, dass ein Fernsehgerät, das Bilder zeigt, nicht eine Simulation eines angepassten Auges ist, sondern vielmehr eine Simulation von realen Umgebungen, so gut es angesichts der Betrachtungsumgebung und anderer technischer Einschränkungen eben möglich ist. Man würde also gern die Bilder mit allen brillanten lokalen und auch zeitlichen Beleuchtungseffekten darstellen, die künstlerisch in die Bilder hineinkonzipiert werden können, um zumindest dann, wenn dem Endbetrachter ein HDR-Display zur Verfügung steht, wesentlich realistischer wiedergegebene Bilder zu erhalten. Die Entscheidung, was genau nun eine geeignete Luminanz wäre, zum Beispiel für einen hellen Säbel in einem dunklen Raum, überlassen wir dem Color Grader, der das(die) Master-Grading(s) erstellt (wir nehmen in diesem Patent der Einfachheit halber an, dass die verschiedenen Bilder des Dynamikbereichs, mindestens die zwei aus den extremsten unterschiedlichen Dynamikbereichen, von einem menschlichen Grader erstellt werden, aber auf ähnliche Weise können Bilder durch automatische Software erstellt werden), und diese Anmeldung konzentriert sich auf die erforderlichen technischen Komponenten, um solche Bilder für verschiedene Marktteilnehmer mit potenziell unterschiedlichen Bedürfnissen zu erstellen und zu handhaben.

[0015] Auf der linken Achse von **Fig. 1** befinden sich Objektluminanzen, wie man sie gerne in einem (z. B.) 5000 Nit PB_C-Master-HDR-Grading sehen würde, als direkt auf einem 5000 Nit PB_D-(Referenz)-Display anzeigbar (d. h. der Bild-Grader macht ein Bild unter der Annahme, dass das typische hochwertige Heim-HDR-Fernsehgerät 5000 Nit PB_D aufweisen wird, und er kann tatsächlich in einer Darstellung eines solchen Heim-Betrachterraumes sitzen und eine Gradierung auf einem solchen Grading-Display ausführen). Wenn man nicht nur eine ungefähre Illusion der aufgenommenen ursprünglichen HDR-Szene vermitteln möchte, sondern eine reale Wahrnehmung des Cowboys, der sich in einer hellen sonnenbeschiene- n Umgebung aufhält, müssen diese Pixelluminanzen ausreichend hell spezifiziert und wiedergegeben werden, im Durchschnitt mit z. B. 500 Nit.

[0016] Für die Nachtszene sind meist dunkle Luminanzen erwünscht, jedoch sollte die Hauptfigur auf dem Motorrad gut erkennbar sein, d. h. nicht zu dunkel (z. B. um etwa 5 Nit), und gleichzeitig können Pixel mit ziemlich hoher Luminanz, z. B. der Straßenleuchten, z. B. um 3000 Nit auf einem 5000-Nit-Display, oder um die Spitzenhelligkeit auf einem anderen HDR-Display (z. B. 1000 Nit PB_D), vorhanden sein. Das dritte Beispiel ImSCN3 zeigt, was nun auf HDR-Displays auch möglich ist: Man kann gleichzeitig sowohl viele (semantisch relevantere als lediglich eine Lampe, d. h. mit zahlreichen Details innerhalb der Region, wie sonnenbeschiene- nen Bäumen) sehr helle als auch viele wichtige sehr dunkle Pixel wiedergeben. ImSCN3 zeigt als Szenenbild, das als archetypisches und relativ schwierig zu handhabendes HDR-Szenenbild gesehen werden kann, eine dunkle Höhle mit einer Öffnung, durch die man das sonnige Äußere sehen kann. Für diese Szene möchte man die sonnenbeschiene- nen Objekte wie den Baum etwas weniger hell machen als in einer Szene, die nur den Eindruck einer hellen sonnenbeschiene- nen Landschaft wiedergeben möchte, z. B. um etwa 400 Nit, die zu dem im Wesentlichen dunklen Charakter des Höhleninneren besser passen sollte. Ein Color Grader möchte die Luminanzen aller Objekte (bereits im PB_HDR=5000 Nit-HDR-Masterbild) optimal koordinieren, so dass nichts unangemessen dunkel oder hell aussieht und der Kontrast gut ist, z. B. kann die in dieser Höhle im Dunkeln stehende Person im gradierten HDR-Masterbild um etwa 0,05 Nit codiert werden.

[0017] Nachdem dieses Master-HDR-Bild erstellt ist, stellt sich dann die künstlerische Frage (noch bevor sie in der Basistechnologie formuliert wird), wie dieses Bild auf Bilder mit unterschiedlichem Dynamikbereich, z. B. mindestens ein älteres SDR-Bild mit 100 Nit PB C, regradiert werden sollte.

[0018] Die Sache wird verständlicher, wenn Beziehungen zwischen Luminanzen gegeben sind, also werden wir dies in diesem Patent an geeigneter Stelle tun. Technisch werden nämlich Luminanzen als Luma-Werte über eine Luma-Code-Zuordnungsfunktion, auch bekannt unter der Bezeichnung optoelektrische Übertragungsfunktion (OETF), codiert, und man kann somit auch alle Beziehungen zwischen Luminanzen formulie-

ren, z. B. eine Funktion zur Berechnung einer Ausgangsluminanz L_{out} aus einem Eingang L_{in} , auch als Beziehungen zwischen äquivalenten Luma-Werten.

[0019] Vielleicht wird es ein wenig verwirren, dass man Luminanzen auch normiert (d. h. mit einer max. normierten Luminanz gleich 1,0) formulieren und alle Aktionen auf solchen normierten Luminanzen definieren kann. Dies hat den Vorteil, dass sich (sofern beide Bildpixelfarben in demselben Satz von RGB-Grundfarben definiert sind) die normierte HDR-Farbpalette genau mit der LDR-Farbpalette überlappt und man daher Luminanzänderungen in dieser einzigen normierten Farbpalette zeigen kann. Selbstverständlich wird die relative Position einer normierten LDR-Luminanz, die sich bei genau der gleichen absoluten Luminanz wie eine HDR-Luminanz, die in einem HDR-Luminanzbereich mit $PB_C=5000$ definiert ist, zeigen sollte, eine andere relative Höhe aufweisen (d. h. man kann dann in einer solchen Darstellung der Palette eine Luminanzabbildung für eine bestimmte HDR-Pixelluminanz zeigen, die benötigt wird, wenn eine entsprechende LDR-Bildpixelluminanz als eine relative/normierte Änderung der Höhe in dieser normierten Palette erstellt wird). Die Beziehung zwischen absoluten und relativen Luminanzen ist einfach: $L_{norm}=L_{abs}/PB_C$, wobei PB_C jede maximale Luminanz einer Codierung, z. B. 5000 Nit für eine HDR-Codierung und per Standardvereinbarung 100 Nit für SDR ist.

[0020] Ein Letztes, das unbedingt **Fig. 1** zu entnehmen ist (da sich alle Technologien entsprechend verhalten müssen), ist, dass es in Abhängigkeit vom Typ des Objekts (d. h. seinen Pixelluminanzen), um welche Art von HDR-Szene es sich handelt, verschiedene Ansätze auf hohem Niveau geben kann, wie die Pixelluminanz(en) regradiert werden können, d. h. deren Luminanz transformiert werden kann.

[0021] Z. B. kann ein Objekt im Dunkeln wie der Motorradfahrer durch Gleichsetzen der absoluten Luminanz (was eine entsprechende Skalierungsänderung für die normierte Luminanz beinhaltet) für alle regradierten Bilder, insbesondere das Start-HDR-Masterbild links, das entsprechende SDR-Bild rechts und jedes Bild im mittleren Dynamikbereich (MDR) dazwischen, wiedergegeben werden, beispielsweise dasjenige, das mit $PB_C=PB_{MDR}=800$ Nit gezeigt ist, das (mit den richtigen Objektluminanzen) für eine direkte Anzeige auf einem 800 Nit PB_D -Display optimiert ist (z. B. für einen Verbraucher, der ein solches Display gekauft hat, und 5000 Nit PB_C HDR-Bilder z. B. von seinem Kabelnetzanbieter oder über eine Satelliten-Settop-Box oder aus dem Internet erhält, usw.). Dies ist sinnvoll, weil der Ersteller des Inhalts eine dunkle Atmosphäre vermitteln will, in der das Motorrad gerade eben sichtbar ist, und es wäre ungünstig, es auf einem helleren Display heller wiederzugeben, allein aus dem Grund, dass dies mit einem solchen Display möglich ist, weil es einen größeren Luminanzbereich aufweist, der bei einer höheren PB_D endet, um alle Objektluminanzen in der Szene darzustellen.

[0022] Ein Objekt wie die Sonne wird wahrscheinlich einer ganz anderen Philosophie folgen, nämlich dem Weiß-auf-Weiß-Abbildungsverfahren, bei dem es in einer Bilddarstellung immer den größtmöglichen Wert, d. h. PB_C , erhält. Selbstverständlich können andere Arten von Objekten anderen Arten von Regeln folgen, und wir könnten noch länger fortfahren (z. B. folgt der Cowboy einer Philosophie des „skalierten mittleren Graus“), jedoch genügt es für den Leser, zu verstehen, dass man über eine Technologie verfügen muss, die eine nahezu „willkürliche“ Zuordnung aller Pixelluminanzen gestattet, und nicht z. B. eine feste, wie es einfache Technologien vorgeben würden.

[0023] Während **Fig. 1** den Wunsch nach vielseitiger HDR-Bilderstellung (Überspannen solcher Anwendungen mit technisch unterschiedlichen Einschränkungen wie Filme, Echtzeit-Sportsendungen usw.) vereinfacht zusammenfasst, besteht die Frage für HDR-Technologie-Entwickler dann immer noch darin, wie HDR-Bilder zu codieren sind, und auch wie HDR-Bilder umgewandelt werden können, um auf jedem Display mit geringem PB_D als dem codierten PB_C (d. h. dem hellsten Pixel, das möglicherweise im Video mindestens einmal vorkommen kann) optimal darstellbar zu sein. Das Erfassen von HDR-Szenenbildern und unbedingt auch die künstlerische Regie und Beleuchtung einer HDR-Szene ist ebenfalls eine technische Fähigkeit, aber die vorliegende Anmeldung braucht sich nicht auf diesen Gesichtspunkt zu konzentrieren.

[0024] Am einfachsten ist es vorstellbar, lediglich die HDR-Pixelluminanzen zu codieren (unter Vernachlässigung der Komplexität der Displayadaption (DA), d. h. wie ein PB_C1 -Bild auf ein Bild für ein weniger leistungsfähiges Display abzubilden ist). Das Problem bestand darin, dass Rec. 709 OETF nur einen Luminanz-Dynamikbereich von 1000: 1 codieren konnte, d. h. es musste ein neuer HDR-OETF (oder sogar sein Kehrwert, der EOTF) erfunden werden. Ein erster HDR-Codec wurde unter der Bezeichnung HDR10 auf dem Markt eingeführt, der z. B. verwendet wird, um die neuen Black Ribbon-HDR-Blu Rays zu erstellen, und er verwendet als OETF eine ihrer Form nach eher logarithmische Funktion, die als Perceptual Quantizer-(PQ)-Funktion bezeichnet wird, die in SMPTE 2084 standardisiert ist und die Definition von Luma-Werten für Luminanzen zwischen 1/10.000 Nit und 10.000 Nit ermöglicht, die für eine praktische HDR-Videoproduktion ausreichend

sind. Weiterhin weist er die erfreuliche Eigenschaft auf, dass die von ihm erzeugten Luma-Codes darauf abgestimmt sind, wie das menschliche Sehen funktioniert (Art der wahrnehmbaren Grauwerte, die das Gehirn zum Charakterisieren unterschiedlicher Luminanzen in einer Szene verwendet, was eine erfreuliche Eigenschaft sowohl für ein effizientes Regrading bestimmter Grauwertobjekte als auch für eine effiziente Darstellung von Luminanzen, wie sie das Gehirn ausführt, ist). Nach der Berechnung der Luma-Werte hätte man nur noch eine 10-Bitebene von Pixeln (oder sogar auch mit den beiden Chrominanzebenen Cb und Cr 3-Bitebenen), die im Prozess auf die konventionelle Weise weiter behandelt werden könnten, „als ob“ sie mathematisch ein SDR-Bild wären, z. B. MPEG-komprimiert (dies ist eine wichtige Einschränkung, da dadurch vermieden wird, mehrere bereits existierende Technologien in der gesamten Video-Pipeline neu zu konzipieren und neu einzusetzen).

[0025] Eine erhebliche technische Schwierigkeit bei HDR10-Bildern besteht nach wie vor darin, sie auf weniger leistungsfähigen Displays (z. B. weniger leistungsfähig als das 2000 PB_C, für das der HDR-Inhalt erstellt wurde) entsprechend darzustellen. Bildet man z. B. lediglich linear Weiß-auf-Weiß (codiertes Bild max. weiß, auch bekannt unter der Bezeichnung Codierungs-Spitzenhelligkeit PB_C, auf z. B. SDR-Display-Spitzenhelligkeit PB_D) ab, so würden die interessantesten (dunkleren) Teile eines Bildes mit PB_C=1000 Nit typischerweise um das 10-fache zu dunkel aussehen, was zur Folge hätte, dass die Nachtszene ImSCN2 nicht mehr betrachtbar würde. HDR10-Bilder sind aufgrund des logarithmischen Charakters des PQ-OETF betrachtbar (wenn sie nur als Luma-Werte wiedergegeben, d. h. mit dem falschen EOTF decodiert werden), weisen jedoch einen unansehnlich verschlechterten Kontrast auf, so dass sie unter anderem ausgewaschen und eine falsche Helligkeit aufweisend aussehen.

[0026] Ein einfaches System zum Erstellen von HDR-Videoinhalten, z. B. in einem Rundfunkszenario, wird mit **Fig. 2** erläutert. Auch hier sind Details der nichtlinearen Luma- oder R'G'B'-Pixel-Farbcode-Zuordnung noch nicht berücksichtigt, um die Verdeutlichung einfach zu halten (so genannter opto-optischer Ansatz: OOTF, mit normalen (absoluten) Luminanzen über die gesamte Kette). Mit der Belichtung (EXP) der Kamera (201) kann ausgewählt werden, welche Objektluminanzen originalgetreu aufgezeichnet werden und bei welchem Relativwert (da eine Kamera als Messgerät für relative Luminanz für alle Raumpositionen bzw. ein relatives Kolorimeter, das RGB-Tripel liefert, funktioniert). Da sowohl ein Kamerasensor als auch eine mathematische N-Bit-Darstellung einer Farbkomponente praktisch einen endlichen Wertebereich haben, beginnend bei einem Minimalwert und endend bei einem Maximalwert, ist es sinnvoll, nicht für die Details der Sonne, die eine Milliarde Nit darstellt, auszuleuchten, sondern zumindest diese Luminanzen bzw. RGB-Werte auf ihr Maximum zu kappen. In einem im Wesentlichen unendlichen Bereich können Belichtungs-Auswahlmöglichkeiten durch nachträgliche Luminanz-Neuabbildung „korrigiert“ werden, doch verdeutlicht diese Tatsache dem Leser in jedem Fall, dass es keine „natürliche“ naheliegende Abbildung von Szenenluminanzen auf darzustellende Luminanzen gibt (wobei die letztgenannte Bezugnahme auf Luminanzen als displaybezogene Kolorimetrie bekannt ist, und die eigentlich ausschlaggebende ist). Das lineare Luminanzbild LIN HDR wird typischerweise zunächst einer OOTF-Abbildung (202) unterzogen. Diese existierte teilweise bereits in der SDR-Ära und trägt dem Umstand Rechnung, dass menschliches Sehen in der typischerweise dunkleren Betrachtungsumgebung des abendlichen Wohnzimmers, in dem Fernsehen stattfindet, für ein ähnliches visuelles Erleben einen höheren Kontrast erfordert; somit ist OOTF typischerweise eine weiche Gammafunktion. Insbesondere beim Abbilden einer Szene mit erheblichem Dynamikbereich auf einem typischen Display (205) mit geringerem Dynamikbereich (selbst wenn es sich um einen hochwertigen 4000 Nit-Referenzmonitor handelt) kann jedoch eine gewisse künstlerische Optimierung der Luminanz der verschiedenen Objektpixel in Ordnung sein, indem eine potenziell beliebige Kurve, die wir in diesem Text als Grading 203 bezeichnen werden, zur Anwendung kommt. Insbesondere für hochwertige Offline-Produktionen kann der Grading-Aufwand erheblich sein, um ein(e) so genannte(s) kreative(s) Sicht oder Optik in das Master-HDR-Bild MAST_HDR (das gemäß der vorliegenden Erfindung noch technisch weiterbehandelt, z. B. vorteilhaft codiert werden muss) einzubringen. Das resultierende Bild sieht dann optimal aus und kann über eine Bildkommunikationsverbindung 204 an das Display 205 gesendet werden, auf dem der menschliche Grader überprüfen kann, ob das Bild bereits wunschgemäß ist, oder ob er die Feinbearbeitung der mindestens einen Luminanzabbildungsfunktion über eine Bedieneroberflächensteuereinheit 206 (z. B. eine Grading-Konsole) fortsetzt. Dieses willkürliche Grading bildet die Master-Optik, die nicht mit willkürlichem Regrading (sekundärer Optik) zu verwechseln ist, um z. B. ein möglichst optimales entsprechendes SDR-Bild zu erhalten, das als Master-SDR-Bild bezeichnet werden kann (z. B. wenn es Bestandteil einer Videocodierphilosophie ist, wie nachstehend beschrieben). Obwohl wir für den Leser nur eine einfachere Topologie erläuterten, kann der Leser verstehen, dass es in der Praxis unterschiedliche tatsächliche Ausführungsformen geben kann, abhängig davon, ob es z. B. in der Realität eine Ausstrahlung gibt, die mit nur einer einzigen HDR-Kamera oder einer Anzahl von gemischten SDR- und HDR-Kameras stattfindet, oder ein zuvor bestimmtes HDR-Bild und entsprechendes regradiertes SDR-Masterbild, das nun gemäß den Codierprinzipien (z. B. ETSI1- oder ETSI2-Prinzipien, siehe unten) usw. mitcodiert werden muss.

[0027] Der Anmelder hat erkannt, was bereits bei **Fig. 1** erläutert wurde, dass, da es eine mathematische Regrading-Beziehung zwischen den verschiedenen möglichen regradierten MDR-Bildern ausgehend von der Master-HDR gibt, sofern man diese Funktionen technisch pragmatisch erfassen kann, tatsächlich ein ganzes Spektrum verschiedener Dynamikbereichsfunktionen codiert werden kann, indem man nur eine von ihnen sendet, und die mindestens eine Luminanzabbildungsfunktion aus dem tatsächlich gesendeten ein anderes Bild erstellen soll. Die erste Einführung dieser Möglichkeit und des daraus resultierenden technischen Codierungskonzepts erfolgte in WO2011107905.

[0028] Es erwies sich als sinnvoll, die Luminanzabbildungsfunktion F_L zur Transformation der (z. B. 5000 Nit PB_C) Master-HDR-Bildluminanzen in SDR-Bildluminanzen zu definieren, d. h. den Grader das erforderliche Regrading-Verhalten zwischen den extremsten Bilddarstellungen definieren zu lassen, und dann die an das Display angepassten Luminanzabbildungsfunktionen F_{L_DA} neu zu berechnen, um eine Zwischen-MDR-Bildpixelluminanz zu berechnen, die einer möglichen 5000 Nit PB_C M_HDR-Bildluminanz entspricht.

[0029] Wie vom Anmelder nachfolgend standardisiert, gibt es dann zwei logische Auswahlmöglichkeiten für das Bild, das tatsächlich (als einziges Bild für das gesamte Spektrum von regradierten Bildern mit unterschiedlichem Dynamikbereich, insbesondere PB_C-Endpunkt, da oft davon ausgegangen werden kann, dass der untere Endpunkt MB annähernd fest ist, z. B. 0,01 Nit) an einen beliebigen Empfänger zu übertragen ist: das Master-HDR-Bild oder das entsprechende SDR-Bild (hier sollte man kurz unterbrechen, um zu verstehen, dass in dieser Situation tatsächlich einfache SDR-Bilder anstelle von HDR-Bildern übertragen werden, und tatsächlich werden wegen der F_L -Funktion noch immer auch HDR-Bilder übermittelt, weil $L_{HDR_rekonstruiert} = F_{L_invers} [L_{SDR}]$).

[0030] Die zweite Codierungsoption, die durchaus nützlich ist, wenn die technische Einschränkung darin besteht, dass viele ältere Displays ohne Störung bedient werden müssen (tatsächlich erhält ein altes SDR-Display nur ein SDR-Bild, und ohne, dass es zu wissen braucht, dass dies auch ein HDR-Bild codiert, kann es das SDR-Bild direkt anzeigen und sofort eine sehr schöne SDR-Wiedergabe einer HDR-Szene erhalten, tatsächlich so gut, wie das Display eine solche HDR-Szene eben anzeigen kann), wurde erstmalig unter ETSI TS 103 433-1 standardisiert (beachten Sie das -1; wir werden es mit ETSI1 abkürzen). Es ist zu beachten, dass technische Einschränkungen vorliegen, wie die Notwendigkeit einer Umkehrbarkeit der SDR-Bildfarben, um das ursprüngliche HDR-Masterbild auf einer Empfangsseite mit ausreichender Genauigkeit rekonstruieren zu können, was Teil der technischen Erwägung war, die zu diesem Standard-(De-)Codierungsansatz führte, so wie er definiert ist.

[0031] ETSI TS 103 433-2 (ETSI2) ist die Codierungsalternative, bei der tatsächlich das Master-HDR-Bild an Empfänger übermittelt wird, und bei der die Funktion(en) F_L (tatsächlich wird, wie nachstehend gezeigt, obwohl man sich zur Verdeutlichung das System so vorstellen kann, als ob es eine einzige globale F_L -Funktion für alle Pixelluminanzen in dem übermittelten Bild gäbe, aus technischen Gründen ein Satz von nachfolgend angewandten Abbildungsfunktionen verwendet), dazu dient(dienen), Bilder für eine optimale Darstellung auf Displays mit $PB_D < PB_C_Master$ (d. h. für die so genannte Displayadaption) zu berechnen. Verschiedene Kunden können wählen, welches System sie einsetzen möchten, z. B. ein Kabelnetzbetreiber, der mit ETSI2 HDR übermittelt, wird seinen Benutzern eine STB bereitstellen, die für jedes Display decodiert und optimiert, das der Benutzer gerade bei sich zu Hause hat.

[0032] **Fig. 3** zeigt zunächst auf der Ebene der Vogelperspektive die Komponenten eines typischen Einzelbild-plus-Funktionen-HDR-Videokommunikationssystems (Codierer + Decodierer), das zur Erläuterung der Grundkonzepte nicht auf ein typisches System vom SDR-Kommunikationstyp beschränkt ist.

[0033] Der Farbtransformator **302** erhält als Eingang von einer Bildquelle **301** MAST_HDR-Bilder (z. B. so, wie sie von der Kamera aufgenommen und von dem mit **Fig. 2** erläuterten System gradiert wurden, und dann über professionelle Videokommunikationssysteme an einen senderseitigen Codierer **321** übermittelt wurden, der z. B. Fernsehprogramme über den Äther oder über ein Fernseekabelnetz übertragen wird). Dann wird ein Satz von Farbtransformationfunktionen F_{ct} angewendet (in diesem Beispiel z. B. bestimmt durch eine Grading-Automatensoftware, wie die automatische HDR-in-SDR-Transformationstechnologie des Anmelders, die die Funktionen F_{ct} basierend auf Bildeigenschaften, wie dem Histogramm usw., definiert; die besonderen Details können für die Verdeutlichung dieser Anwendung weggelassen werden, da dies lediglich das Vorhandensein solcher optimierter Funktionen für ein Bild oder einen zeitlich aufeinanderfolgenden Satz von Bildern erfordert), die zumindest die Luminanzabbildungsfunktion F_L umfassen, um die entsprechenden SDR-Luminanzen für die Luminanzen der Master-HDR-Bild-(MAST_HDR)-Pixel zu erhalten. Zum leichteren Verständnis kann der Leser der Einfachheit halber annehmen, dass F_L eine Luminanzabbildungsfunktion der 4. Potenz (L_{out}

$SDR = \text{power}(L_{in_HDR}; \frac{1}{4})$, zum Ableiten der auf 1,0 SDR-Ausgangsluminanzen der Pixel in dem 100 Nit PB_C SDR-Ausgangsbild Im_LDR (d. h. dem rechtsseitigen Luminanzbereich von **Fig. 1**) ist.

[0034] Da es nun ein „normales“ SDR-Bild gibt, kann es mit einer Standard-Videokompressionstechnik, z. B. einem MPEG-Standard wie HEVC oder MPEG2, oder einem ähnlichen Standard wie AV1, komprimiert werden, wobei die Kompression durch den Videokompressor 303 erfolgt.

[0035] Da die Empfänger in der Lage sein müssen, aus dem empfangenen entsprechenden komprimierten SDR-Bild Im_COD das Master-HDR-Bild zu rekonstruieren, müssen neben den aktuell zu übertragenden pixelierten Bildern auch die Farbabbildungsfunktionen F_{ct} in den Videokompressor eingehen. Ohne Einschränkung können wir davon ausgehen, dass die Funktionen in Metadaten gespeichert sind, z. B. mittels des SEI (Supplemental Enhancement Information - Ergänzende Verbesserungsinformationen)-Mechanismus oder einer ähnlichen Technik. Schließlich unternimmt ein Formatierer 304 alles, was erforderlich ist, um den Videostrom für jedes technische Kommunikationsmedium 305 zu formatieren (in Datenblöcken usw. zusammenzufassen), z. B. eine Formatierung zur Speicherung auf einer Blu Ray-Disk oder für die DVB-Kommunikation über Satellit usw. vorzunehmen (der Fachmann kann die Details dazu auf den jeweiligen technischen Gebieten finden; sie sind für das Verständnis der vorliegenden Erfindungskonzepte unerheblich).

[0036] Nach einer MPEG-Dekompression in einem Videoempfänger 320, die vom Videodekompressor 307 (nach Durchlaufen des Deformatierers 306) durchgeführt wird, kann das SDR-Bild durch den Empfänger interpretiert werden, indem der Standard Rec. 709 EOTF (um das Bild für ein SDR-Display zu erhalten) angewandt wird, aber ein Empfänger kann das empfangene Im_COD -Bild auch anders decodieren, um das rekonstruierte HDR-Bild Im_RHDR zu erhalten.

[0037] Dies wird durch einen Farbtransformator 308 durchgeführt, der angeordnet ist, das SDR-Bild als dekomprimiertes Im_RLDR in ein Bild eines beliebigen Nicht-SDR-Dynamikbereichs (d. h. von PB_C höher als 100 Nit und typischerweise mindestens 6x höher) umzuwandeln. Z. B. kann das 5000 Nit-Original-Masterbild Im_RHDR rekonstruiert werden, indem die inversen Farbtransformationen IF_{ct} der Farbtransformationen F_{ct} angewendet werden, die auf der Codierseite verwendet wurden, um das Im_LDR aus dem MAST HDR herzustellen (und die in Metadaten empfangen und an den Farbtransformator 308 weitergeleitet wurden). Oder es kann eine Displayadaptionseinheit 309 enthalten sein, die das SDR-Bild Im_RLDR in einen anderen Dynamikbereich umwandelt, wobei z. B. Im_{3000} Nit optimal gradiert ist, falls das Display 310 ein 3000 Nit PB-Display ist, oder ein 1500 Nit oder 1000 Nit PB-Bild für entsprechende niedrigere PB_D-Displays usw. ist. Wir sind davon ausgegangen, ohne darauf beschränkt zu sein, dass sich der Videodecodierer und der Farbtransformator in einem einzigen Videoempfänger 320 befinden. Der Fachmann kann verstehen, dass man in ähnlicher Weise viele verschiedene Topologien konzipieren kann, wobei z. B. die Decodierfunktionalität in einer Settop-Box getrennt ist, die mit einem Display verbunden werden soll, das lediglich als schlichter Display für die voroptimierten Bilder in dem Zustand, wie sie empfangen werden, fungiert, oder die weitere Bildfarbtransformationen usw. durchführt.

[0038] **Fig. 4** fasst kurz die Prinzipien der Luminanz- und Farbabbildungstechnik des Anmelders zusammen, wie sie in ETSI2 standardisiert ist (tatsächlich zeigt sie detailliert den Farbtransformator 302, der generisch in **Fig. 3** gemäß der ETSI2-Decodierphilosophie (oder ähnlich der ETSI1-Codierphilosophie) vorgestellt wurde, da er für das Verständnis einiger der spezifischeren Ausführungstechniken der vorliegenden Anmeldung verstanden werden muss.

[0039] Der Eingang sollen PQ-definierte YCbCr-Pixelfarben sein (d. h. Luma-Y- und Chrominanz-Cb- und Cr-Farbkomponenten pro Pixel). Zunächst wird das Luma durch die EOTF-Applikationseinheit 401, die das SMPTE 2084 PQ EOTF verwenden muss, auf normale lineare Luminanzen L_{in} linearisiert. Der gesamte Regrading-Prozess, um eine SDR-Ausgangspixelfarbe aus einer Eingangs-HDR-Pixelfarbe zu erhalten, kann dann mit normalen (physikalischen universell SI- und CIE-definierten) Luminanzen erneut definiert werden. Danach kann die Luminanzverarbeitung durch den Luminanzprozessor 401 durchgeführt werden, der die gesamte F_L -Abbildung wunschgemäß realisiert, jedoch durch sinnvoll gewählte Untereinheiten (diese Einheiten 402, 403 usw. wurden technisch als vorteilhaft für die Bedürfnisse verschiedener HDR-Anwendungen, wie automatisches Grading, einfaches Grading durch Menschen, Komplexität des IC-Designs usw. konzipiert).

[0040] Zuerst wendet ein Luminanz-Uniformizer eine feste Kurventransformation, deren Form nur von der Spitzenhelligkeit PB_C_H des Eingangs-HDR-Bildes abhängig ist ($PB_CH = z. B. 5000$ Nit), durch Anwenden der PB -abhängigen Kurve aus einer Schar von Kurven an, die definiert ist als:

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

Wobei

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

[0041] Dadurch werden alle Luminanzen auf wahrnehmbar einheitliche graue Luma-Werte Y'HP abgebildet. Ist PB_C_HDR=10000 Nit, so entspricht diese Kurve weitgehend der SMPTE **2084** PQ-Kurve, die bekanntermaßen wahrnehmbar einheitlich war. Für niedrigere PB_C_HDR-Eingangsbilder skaliert die Kurve gut (tatsächlich stellt sie eine Teilkurve dar, die absolut gesprochen bei z. B. 3000 Nit auf der 10000 Nit-Kurve endet), was zu einem weniger steilen Verlauf für die Log-Gamma-Kurve in dunkelsten Farben in der normierten [0-1,0]/[0-1,0]-Eingangs-/Ausgangs-Luminanzachsendarstellung führt. D. h., die weitere Verarbeitung beginnt bereits gut vornormiert.

[0042] Anschließend kann ein Schwarz-Weißpegel-Offsetter **403**, wo gewünscht, einen gewissen additiven Weißpegel-Offset WLO und einen gewissen Schwarz-Pegel-Offset BLO anwenden.

[0043] Die Nützlichkeit des Weißpegel-Offsets kann wie folgt verstanden werden. Angenommen, der Content Creator gradiert seine Bilder auf einem System, das auf PB_C=4000 Nit eingestellt ist (d. h. sein Referenz-Grading-Monitor weist eine PB_D von 4000 Nit auf), er erstellt jedoch im gesamten Video niemals tatsächlich ein Bild mit einer höheren maximalen Pixelhelligkeit als z. B. 1500 Nit (Videomaximum, das etwas anderes als die codierbare Maximum PB_D ist). Da der SDR-Luminanz-Dynamikbereich so klein ist, ist es dann sinnvoll, den Eingangs-HDR neu zu skalieren, wobei diese ungenutzten Werte 1500-4000 Nit weggelassen werden (da wir dynamisch einstellbare Luminanzabbildungen verwenden, die ohnehin pro Bild-/Video-Zeitpunkt optimiert werden können). 1500/4000 entspricht einer normierten (Eingangs)-HDR-Luminanz von 0,375, so dass wir diesen Wert durch Dividieren durch 2,6 auf das Maximum der skalierten HDR-Luma-Y'HPS abbilden können.

[0044] Genau genommen wird nach dem ETSI2-Standard folgende Berechnung durchgeführt:

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

wobei WLO und BLO in den Metadaten übermittelt werden, die gemeinsam mit den empfangenen Videobildern übermittelt werden oder diesen zugeordnet werden können.

[0045] Der Schwarzpegel-Offset ist nützlich, um eine kontrastreichere Suche nach den SDRentsprechenden regradierten Bildern zu erhalten, jedoch sollte beachtet werden, dass die empfangenen ESTI1-Bilder umgekehrt auf das HDR-Bild abbildbar bleiben sollten, d. h. nicht zu viele schwarze Pixeldetails verloren gehen sollten (weshalb auch ein paralleler Verstärkungsbegrenzer vorhanden ist, der in **Fig. 4** nicht dargestellt ist).

[0046] Grundsätzlich kann man den Schwarzpegel-Offset vereinfacht so verstehen, dass man im SDR etwas HDR „schwarze“ Farbe auf 0,0 legt, genauer gesagt über die Einheit **403**, die die HDR-zu-SDR-Luminanzabbildung vorbereitet (d. h. mit noch im HDR normierten Luminanzen, also mit einer relativen Verteilung, die verwendbar ist, um eine gute Optik auf einem HDR-Display und eine schlechte, noch nicht optimierte Optik auf einem SDR-Display zu erhalten).

[0047] Anschließend wendet ein Grob-Dynamikbereichstransformator **404** die primäre Luminanztransformation an, um SDR-Luminanzen zu erhalten (d. h. mit einer guten ersten Umverteilung von Objektluminanzen, um eine angemessene Optik auf SDR-Displays zu erhalten). Dazu verwendet das ETSI2 eine Kurve, bestehend aus einem steigungssteuerbaren linearen Segment für die dunkelsten HDR-normierten Luminanzen (die Steigung dieses Abschnitts wird Shadow Gain genannt), einem weiteren linearen Kompressionsteil für die hellsten normierten HDR-Eingangsluminanzen Y'HPS (mit einem Steigungssteuerungsparameter Highlight Gain), und einem steuerbaren Parabelteil, der sie glättet, indem er ein gutes SDR-Erscheinungsbild für die Mitteltöne bietet (mit einem Steuerungsparameter Mitteltonbreite, wobei die Mathematik in der Norm nachgelesen werden kann, und in dieser Anmeldung nur in dem zum Verständnis der neuen erfinderischen Ausführungsformen gemäß den vorliegenden Erkenntnissen erforderlichen Umfang (auf entsprechend einfach erschließbare Weise) erneut erläutert wird). Somit sind die Ausgangs-Luma-Werte Y'CL dieses Grob-Dynamikbereichstransformators **404** zum ersten Mal im SDR-Bereich oder in der relativen SDR-Luma-Verteilungsstatistik definiert.

[0048] Das technische (und künstlerische) Angebot für den Content Creator dieser Einheit **404** besteht darin, dass der Grader gut optimieren kann, wie hell er die dunkelsten Pixel gestalten muss, auf Kosten (wegen des begrenzten SDR-Luminanzbereichs) des objektübergreifenden Kontrasts anderer Objekte, die hellere Pixel enthalten, er aber z. B. den Highlight Gain mitabstimmen kann. Der Shadow Gain kann beispielsweise für die in den dunklen schattigen Bereichen der Höhle stehende Person mit einer Luminanz von 0,05 Nit verstanden werden. Wenn wir ihn auf einem SDR-Display mit einem Weiß-auf-Weiß-Kriterium anzeigen würden, d. h. einer normierten Abbildungsfunktion, die eine Identitätsfunktion mit 45-Grad-Steigung ist, die die Diagonale der normierten grafischen Luminanzfunktionsdarstellung ist, würden wir feststellen, dass diese normierte Luminanz in HDR 0,05/5000 beträgt, was aufgrund der Identitätsabbildung für die grob abgebildeten SDR-Luminanzen eine gleich normierte Luminanz bleibt, d. h. nachdem diese Pixel absolut gemacht wurden, sollten sie auf dem SDR-Display mit $(1/100000) * 100$, d. h. minimalem Schwarz („0“-Ansteuerungssignal) auf diesem Display und unsichtbar dargestellt werden. Daher müssen wir solche Luminanzen auch in der eher logarithmischen Darstellung von vereinheitlichten HDR- und SDR-relativen Grauwerten bzw. Luma-Werten erheblich verstärken, um SDR-Luminanzen zu erhalten, die ausreichend sichtbar sind und zu einer Unterscheidbarkeit der Objekttextur innerhalb des Personenobjekts führen (z. B. Personen-Pixelluminanzen, die 0,3-1,2 Nit überspannen, die auf dem SDR-Display angezeigt werden). In Abhängigkeit davon, wie tief sich die Person gerade im HDR-Luminanzbereich befindet (was, wie vorstehend gelehrt, davon abhängig ist, wie die Kombination von Faktoren wie HDR-Szenenkonstruktion, Szenenbeleuchtung, Kamerabelichtung und künstlerischem Master-HDR-Grading durch den Content Creator ausgewählt wurde), wird daher der Codierer (z. B. der menschliche Grader, der einen geeigneten F_L-Teil erstellt, der diese erste Wahl der Grobluminanzabbildung ist, um den Master-HDR-Eingang auf optimale oder geeignete entsprechende SDR-Pixelluminanzen umzugradieren) einen geeigneten Shadow Gain zum Verarbeiten der dunkelsten Pixel dieses bestimmten Bildes (d. h. bildinhaltsoptimiert) auswählen. Es ist zu beachten, dass der Shadow Gain SG tatsächlich in ETSI als eine Korrektur für eine automatische Skalierung basierend auf dem Verhältnis der Spitzenhelligkeiten des Eingangs- und Ausgangsbildes, zumindest den Luma-Darstellungen davon, definiert ist. Im Rahmen einer Äquiluma-Philosophie ist es sinnvoll, Luminanzen zu verstärken, die in einem normierten Luma-Bereich dargestellt sind, der z. B. nur 200 Nit PB_C entspricht (bzw. dem Wert gemäß den vorstehenden Gleichungen 1 und 2: $Y'_{HP} = Y'_{200} = v(PB_C_H/200; RHQ(200))$), wobei v die vorstehende pseudo-logarithmische Gleichung von Gl. 1) ist, indem von den normierten HDR-Luminanzen ausgegangen wird als: $L_{200} = Y'_{200} * L_{HDR}$. Dies ergibt jedoch typischerweise ein zu helles und kontrastarmes Bild, so dass der Grader eine Belichtungsverstärkungskorrektur: $SG = \expgain * Y'_{200}$ verwenden kann, die ein Dimmfaktor ist, der SG zurück zum Diagonalwert 1,0 bewegt und das SDR-Bild wieder etwas dunkler macht (er wird in der Regel nicht $\expgain = 1/Y'_{200}$ wählen, da dann die SDR-normierten Luma-Werte gleich den HDR-normierten Luma-Werten sind und wieder zu dunkel sein werden; SG fällt z. B. zwischen 1,0 und 1,8).

[0049] Eine derartige Kurve implementiert eine nichtlineare Luminanzkompressions-„Feder“, um die Menge der HDR-Luminanzen in einem potenziell viel größeren Luminanz-Dynamikbereich in den viel kleineren SDR-DR zusammenzudrücken. Da nicht eine feste Kurve verwendet wird, die „im Durchschnitt nie zu unangemessen sein sollte“, sondern der Codierer eine bereits optimierte Kurve anwenden kann, wird das resultierende SDR-Bild für viele HDR-Szenen nicht schlecht sein (nicht alle HDR-Szenen sind gleich komplex, z. B. gibt es manchmal nur einen schwachen schattigen Bereich neben einem einheitlich sonnenbeschieneenen Bereich, und obwohl dann die einfachsten Systeme Probleme wie Weißamplitudenbegrenzung aufwerfen werden, wird eine nicht zu komplexe intelligente HDR-auf-SDR-Abbildung wie die dreiteilige Kurve der Einheit **404** oft bereits gute Arbeit beim Erstellen eines geeigneten regradierten SDR-Bildes des HDR-Masterbildes (z. B. das, das aus der HDR-Kamera eines Content Creators kommt, der ein reales Ereignis aufnimmt) leisten.

[0050] Jedoch können mehrere andere Szenen komplexer sein, und einige Content Creators können bei der Feinabstimmung ihres künstlerischen Inhalts auch höhere professionelle Ansprüche haben (z. B. ein Hollywood-Regisseur oder DOP).

[0051] Daher ermöglicht es die nächste Einheit, der anpassbare Kurvenapplikator **405**, dem Content Creator (wiederum, ob es sich um einen Menschen oder einen intelligenter Automaten mit verschiedenen in seinem Algorithmus codierten Regeln handelt), eine anpassbare und potenziell willkürlich geformte Fein-Grading-Luminanzabbildungsfunktion F_L_CU auf die $Y'CL$ vorgradierten Luma-Werte anzuwenden, was gradierte LDR-Luma-Werte $Y'GL$ ergibt (die einzigen Anforderungen an die Funktion bestehen darin, dass sie nicht abnimmt und in der Regel sogar monoton zunimmt, und in der Regel mindestens wie beim ETSI2-Abilden von 1,0 Eingang auf 1,0 Ausgang gewählt). In der Praxis kann die Form dieser Funktion F_L_CU entweder als ein Satz von formdefinierenden Parametern, z. B. Koeffizienten eines Polynoms, oder als eine LUT (Nachschlagetabelle) usw. an Decodierer übermittelt werden.

[0052] Ein solches Fein-Grading kann erforderlich sein, da das visuelle System wahrgenommene Bildobjekt-Grauwerteindrücke auf komplexe Weise bestimmt und/oder weil das Zusammendrücken einer großen Spanne von HDR-Luminanzen in den begrenzten SDR DR manchmal eine Menge Knowhow erfordern kann, und/oder weil der Content Creator explizit etwas zusätzlichen künstlerischen Flair in diese angepasste Kurve F_{L_CU} einbringen möchte (wobei diese Form dann in der Regel durch eine andere Computerhardware für die Farbbenutzerschnittstelle und angeschlossene Software auf der Codierungsseite bestimmt wird, die nicht dargestellt ist). Zwar könnte man einerseits sagen, dass alle MDR-Bilder eine komprimierte Darstellung aller Informationen (lediglich) im HDR-Masterbild sein sollten, andererseits aber (da dies eher Bilder mit relativ schwachen Eindrücken ergeben kann, z. B. mit zu geringem Kontrast wie bei Betrachtung durch einen Nebel) kann die weitere wichtige Anforderung für eine Inhaltserstellung darin bestehen, alle Bilder bis zum SDR-Bild - angesichts ihrer eher eingeschränkten DR-Fähigkeit - so realistisch wie möglich wie die HDR-Szene oder zumindest möglichst schön aussehen zu lassen. Das menschliche Sehen ist stark nichtlinear und intelligent und kann schnell wahrnehmen, ob eine zu einfache Funktion verwendet wurde. Somit kann der Content Creator das Knowhow der anpassbaren Funktion F_{L_CU} zusätzlich zu der Grob-Luminanz-Squeezing-Funktion F_C verwenden, um eine bessere Arbeit bei der nahezu unmöglichen Aufgabe zu leisten, ein SDR-Bild zu erstellen, das noch so gut wie möglich für und vorzugsweise wie eine HDR-Szene aussieht (z.B. durch Verringern der Helligkeit einiger Luminanz-Teilbereiche von Pixeln, um nur ein wenig mehr Kontrast zwischen den Objekten herzustellen, z. B. für die Helligkeit eines Buntglasfensters gegenüber dem Kircheninneren oder einen visuellen Kontrast im SDR-Bild zwischen Innen- und Außenbereich, oder Optimieren der Farbigkeit gegenüber der Luminanz für einige Objekte in der Szene durch Auswählen über eine spezielle lokale Form der F_{L_CU} -Kurve usw.).

[0053] Wir können den Leser informieren und ihm das minimal erforderliche Verständnis der anpassbaren Luminanzabbildungsfunktion mit dem einzigen einfachen Beispiel eines Bildes vom „Schattenmann“, das in **Fig. 6** gezeigt ist, bereitstellen.

[0054] **Fig. 6A** zeigt geometrisch, was man im Bild sehen kann, und **Fig. 6B** zeigt die funktionale Beziehung zwischen den L_{HDR} - und L_{SDR} -Luminanzen. Das Bild zeigt eine dunkle Raumstation (DRKSPST), durch die sich ein Roboter **602** bewegt. Zu einem bestimmten Zeitpunkt der Bilddarstellung trifft er auf den Schattenmann **601**, der kolorimetrisch als ein Satz von sehr hellen HDR-Pixeln definiert ist, mit geringer Luminanzdifferenz zwischen den verschiedenen Pixeln, die den Körper des Schattenmanns bilden. Dies geschieht dadurch, dass er hinter einem Fenster in einer stark beleuchteten Umgebung steht, die mit Nebelatmosphäre gefüllt ist. Der Nebel fügt den Luminanzen, die vom Körper des Schattenmannes ausgehen (z. B. seiner Kleidung) eine Komponente hinzu, die gegenüber dem Betrachter die endgültigen Luminanzen im HDR-Bild von z. B. $L_{Hose}=20 \text{ Nit} + L_{Nebel}=4500 \text{ Nit}=4520 \text{ Nit}$, $L_{Hemd}=50 \text{ Nit} + L_{Nebel}=4800 \text{ Nit}=4850 \text{ Nit}$ usw. ergeben. Das Problem bei der Verwendung einer Grob-Luminanzabbildungsfunktion mit einer zu geringen Steigung für die hellsten Pixel besteht darin, dass der Schattenmann in Bildern mit geringerem Dynamikbereich, wie beispielsweise dem SDR-Bild, nicht ausreichend kontrastreich und damit schlecht sichtbar werden kann. Eine Lösung besteht darin, die F_{L_CU} -Funktion so zu definieren, dass sie im Eingangs-HDR-Luminanzbereich von 4500-5000 Nit lokal eine größere Steigung aufweist, was für den Schattenmann zu einem größeren SDR-Luminanz-Teilbereich RS führt, der ihn und seine Details, z. B. die von ihm getragene Krawatte, auch im SDR-Bild im Nebel besser sichtbar macht. Es versteht sich, dass es viel mehr Situationen gibt, in denen es vorteilhaft sein kann, etwas mehr zusätzliche Regrading-Steuerung zu haben als lediglich die Grobabbildungsfunktion F_C .

[0055] Zurückkehrend zu **Fig. 4** wandelt der Linearisierer **406**, nachdem er die geeigneten (einheitliche visuelle Darstellung) SDR-Luma-Werte definiert hat, diese in (normierte) SDR-Luma-Werte L_s um. Es gilt daher das Umgekehrte der vorstehenden Gleichung 1, jedoch soll die SDR-Luminanz diesmal mit einem RHO entsprechend dem $PB_C_S=100 \text{ Nit}$ (das in die Einheit **406** eingegeben wird) statt den 5000 Nit hergestellt werden, die zu Beginn der Luminanzverarbeitungskette zur wahrnehmbaren Vereinheitlichung verwendet wurde.

[0056] Farben sind natürlich nicht 1-dimensional (es sei denn, man arbeitet nur mit achromatischen Grauwertbildern), was die Umwandlung des Dynamikbereichs und die Codierung deutlich komplexer macht, was aber in jedem Fall eine parallele Prozesslinie für die Chrominanz C_b und C_r der Pixel erfordert, um geeignetere entsprechende SDR-Chrominanz oder sogar, wie in **Fig. 4** gezeigt, letztlich geeignete SDR-RGB-Farben als Ausgangsfarbkomponenten R_s , G_s und B_s zu erhalten.

[0057] Die chromatische Prozesslinie **450** von ETSI2 führt Folgendes aus (nochmals nur soweit erforderlich kurz erläutert). Die Eingangspixelchrominanz C_b und C_r werden auf ähnliche Weise durch den Multiplizierer **452** mit einem Wert $F_C[Y]$ multipliziert, so dass sich Ausgangschrominanz C_b^* , C_r^* ergeben. Die Schwierigkeit besteht darin, immer die geeigneten Ausgangschrominanz zu erhalten, wobei es bekanntermaßen zahlreiche Schwierigkeiten gibt: eine unregelmäßig geformte Farbpalette von realisierbaren Farben (siehe Er-

läuterung in **Fig. 5**), Nichtlinearitäten der Mathematik und ansonsten des menschlichen visuellen Systems der Betrachter usw. Ferner hat der Markt, wie nachfolgend in den Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung gezeigt wird, immer mehr Wünsche, was zu immer komplizierteren HDR-Handhabungssystemen führt.

[0058] ETSI2 verwendet einen Determinator für die Sättigungsverarbeitung **451**, der z. B. eine LUT laden kann, die Ausgangswerte definiert, die an den Multiplizierer zu senden sind, abhängig davon, welchen Luma-Wert Y das Eingangspixel gerade aufweist. Wiederum kann der Content Creator die Form dieser lumaabhängigen Funktion zur Definition des Sättigungsmultiplikators nach Belieben definieren/optimieren. Zumindest gilt das in dem erforderlichen Maß, da, wie wir nachstehend sehen werden, manchmal erfinderische Farbmathematik zum Definieren dieser $F_C[Y]$ LUT erforderlich ist.

[0059] Die Matrixapplikationseinheit **453** wandelt einfach von der Farbspezifikation C_b, C_r in eine entsprechende normierte RGB-Darstellung um (die Mathematik hiervon ist für die vorliegende Anmeldung uninteressant und der interessierte Leser kann sie in ETSI2 in Verbindung mit ETSI1 finden).

[0060] Man kann ein echtes RGB-Tripel definieren, indem man die „nicht HDR Luminanzen entsprechenden“ normierten R/L_h - usw. -Werte mit dem in der Luminanz-Prozesslinie **401** berechneten normierten L_s -Wert multipliziert. Es ist zu beachten, dass die resultierenden R_N, G_N - und B_N -Werte zwar immer noch normierte Luminanzen statt absoluter SDR-Luminanzen (R_s usw.) sind, sie jedoch „nach SDR korrigierte“ normierte Luminanzen sind, da sie nun berücksichtigen, welche Luminanz die SDR-Farben gerade erhalten haben (L_s).

[0061] Um den Leser mit dem anfänglich möglicherweise etwas schwierigerem Konzept für jemanden, der kein Fachmann der Kolorimetrietechnik ist, schneller vertraut zu machen, erläutern wir, was in der normierten $YCbCr$ -Farbpalette in **Fig. 5** geschieht (die universelle, d. h. SDR- und HDR-Palette, überlappen sich gut, wenn sie wie vorstehend erläutert normiert werden, aber natürlich müssen wir HDR-Farben verschieben, damit sie zu geeigneten SDR-Farben werden, selbst wenn die Transformation nicht eine hoch intelligente und für den Bedarf des vorliegenden HDR-Szenenbildes optimierte war, sondern einfach eine, die die absolute SDR-Luminanz mit der eingegebenen absoluten HDR-Luminanz gleichsetzt).

[0062] Eine reine Luminanztransformation wird in der vertikalen Richtung stattfinden, so dass man typischerweise eine HDR-Luminanz oder ihr entsprechendes Luma Y (d. h. von ColHDR) nach oben zu einer optimalen neuen Position (ColSDR) bewegt, da für eine HDR-auf-SDR-Luminanzabbildung die F_L -Kurve auf dem normierten Achsendiagramm immer über der Diagonale zu liegen kommt (d. h. die eingegebenen HDR-normierten Luminanzen bzw. Luma-Werte mit einer bestimmten x -Koordinate haben als y -Koordinate auch die Höhe der Diagonalen an der Position der x -Koordinate und die normierte SDR-Ausgangsluminanz einer Funktion, die immer über dieser Diagonalen liegt, ergibt somit immer einen höheren normierten Ausgangswert). Welche tatsächliche (absolute) SDR-Luminanz diesem normierten Luma-Wert Y entspricht, wird durch erste Anwendung von EOTF auf eine normierte Luminanz gefunden (welche die Einheit **406** durchgeführt hat, da die Verarbeitungs-Luma-Werte Y'_{HP} bis Y'_{GL} durch Anwenden der entsprechenden EOTF von Gl. 1 definiert wurden), und diese normierten Luminanzen einfach durch dem Multiplizierer **455** mit 100 multipliziert werden (z. B. $0,7^* 100=70$ Nit). D. h., der Leser sieht nun, dass mit diesem Rahmen alles, was benötigt wird, aus einer Eingang-HDR-Bildfarbe definiert werden kann, insbesondere deren PQ-definiertes Luma Y (z. B. wie auf einer HDR-Blu Ray-Disk gespeichert) bis hinunter zu der absoluten SDR-Luminanz des entsprechenden Pixels, das auf dem SDR-Display angezeigt werden soll, um ein optimales dem HDR-Eingangsbild entsprechendes SDR-Bild anzuzeigen (und die resultierende Decodierung des SDR-Bildes aus dem empfangenen HDR-Bild).

[0063] Bisher versteht der Leser nun den grundlegenden Ausgangspunkt der HDR-Codierung zumindest nach der ETSI-standardisierten Codierphilosophie des Anmelders. Für die meisten Kunden würde eine Auswahl von entweder ETSI1 oder ETSI2 (und dann allem, was auf technischer Ebene geschieht) für ihre Zwecke, d. h. die Versorgung ihres Marktes mit schönen HDR-Bildern, ausreichen (natürlich müssten sie diese schönen HDR-Bilder noch herstellen, einschließlich des Bestimmens einer guten Form für zumindest die F_C -Funktion und vorzugsweise auch die F_L -CU-Funktion, oder zumindest sie wenn diese Funktionen nicht entsprechend ihren eigenen spezifischen künstlerischen Wünschen manuell optimieren, den Automaten des Antragstellers, der eine ganz gute Optik für jeden HDR-Bildtyp automatisch erzeugt, und die sich daraus ergebenden Codec-Funktionsformen kaufen und benutzen). Z. B. könnten Kunden, die sich für eine vollständige Ertüchtigung entscheiden würden, um zukunftsorientierte hochwertige vielseitige HDR zu erhalten, das ETSI2-System einsetzen, und Marktteilnehmer, die entweder ihre SDR-Bilder oder die SDR-Kunden mehr schätzen, könnten ihr HDR-System als ein ETSI1-System einsetzen (dies kann auch verschiedene Diskussionen beinhalten, je nachdem, wo sich jemand in der HDR-Videohandhabungskette befindet, z. B. ein Content Creator gegenüber einem Betreiber eines Kabelfernsehkommunikationssystems, und kann Transcodierung beinhalten, usw.).

[0064] Es besteht jedoch ein weiteres Bedürfnis auf dem Markt oder Angebot an den Markt für Kunden, die ETSI1 oder ETSI2 nicht genauso wie genormt einsetzen möchten. Wenn man sich entscheidet, HDR-Bilder als die einzigen Bilder zu übermitteln, die das gesamte Spektrum von Bildern darstellen, das für alle verschiedenen PB_D-Displays benötigt wird, wäre es sehr sinnvoll, dass man die (z. B. 5000 Nit PB_C) Master-HDR-Bilder selbst übermittelt, nicht nur weil diese Bilder bereits verfügbar sind, sondern auch die qualitativ beste Darstellung der HDR-Szene der Bilder (diese sind tatsächlich das „Gold“ des Content Creators, die Bilder, die er speziell erstellt und abgeseget hat, und oft der Ausgangspunkt des „Creative Vision“-Films, oder sogar das einzige, was er aktiv erstellt, wenn die restlichen Regrading-Arbeiten durch die gewählte Technologie automatisch ausgeführt werden). Insbesondere in den kommenden Jahren stellt sich jedoch eine Marktsituation dar, die von einem anderen zusätzlichen Ansatz profitieren kann. Leider werden nicht alle im Markt befindlichen Fernsehgeräte (oder allgemein Videodecodier- oder -handhabungsgeräte), die keine schlichten älteren SDR-Displays sind (d. h. nicht die gesamte an der HDR-Decodierung, Displayadaption, usw. beteiligte Mathematik beherrschen), immer sofort ETSI2- (oder ETSI1-) fähige Fernsehgeräte sein. Es gibt eine Reihe von Fernsehern im Markt, die einen sehr unterschiedlichen Ansatz zur HDR-Codierung und -Anzeige anwenden, wie z. B. nach dem kürzlich standardisierten Hybrid Log-Gamma-Ansatz. Oder vielleicht können einige Fernsehgeräte nur PQ-Luma-codierte HDR-Bilder decodieren, aber nichts anderes. Vielleicht verwenden einige Fernseher unter Umständen nur diesen Ansatz, so dass sie wahrscheinlich am besten ein eingehendes ETSI2 HDR-Video überhaupt nicht verarbeiten. In ähnlicher Weise kann es einige Fernseher im Markt geben, die keiner Standardphilosophie folgen, zumindest nicht in Bezug auf die Displayadaption, d. h. das Regrading z. B. des 2000 Nit-Bildes, so wie es empfangen wurde, in z. B. ein 900 Nit-Bild für ein 900 Nit-PBD Display. Ein solcher Fernseher würde die Decodierfähigkeit benötigen, um verstehen zu können, welche Pixelfarben und insbesondere Luminanzen das empfangene Bild enthält, könnte aber seine eigene (Tone Mapping)-Heuristik verwenden dazu, wie das 900 Nit-Bild hergestellt werden könnte. Ein Nachteil, zumindest aus Sicht eines Content Creators, der möchte, dass jeder Verbraucher seinen Film so gut sehen kann, wie er ihn ursprünglich erstellt hat, besteht darin, dass eine solche Variabilität ein hohes Maß an Unsicherheit darüber schafft, was eine spezifische Marke von Fernsehgeräten aus einem empfangenen HDR-Bild macht. Z. B. ist eine in der jüngsten Vergangenheit vorgenommene einfache Display-Reinterpretation der HDR-Bilder beispielsweise die absolute Wiedergabe der HDR-Bildluminanzen. Dies bedeutet, dass alle HDR-Bildluminanzen bis 900 Nit mit genau der im Bild codierten Luminanz dargestellt werden, aber alle höheren Luminanzen auf das weißestmögliche Weiß (d. h. PB D) des Displays gekappt werden. Bei einem beispielhaften Bild wie der Raumstation von **Fig. 7** könnte dies bedeuten, dass einige Teile der Erde gekappt werden, um einen unansehnlichen weißen Fleck darzustellen (dort, wo die Sonne die Erde auf ihrer rechten Seite überstrahlt). Während es sich bei diesem TV in gewissem Maß noch um schönes HDR-TV handelt, da es die durch das obere Sichtportal der Weltraumstation gesehene, guten hellen Blautöne des größten Teils der Erde im Kontrast zum dunklen Innenraum zeigt, wird mindestens ein Teil des Bildes unansehnlich sein (und einige andere Szenen können mindestens auf einigen TVs viel schwerwiegendere Fehler zeigen, wie z. B. Kappen jedes Bilddetails außerhalb der Höhle von **Fig. 1** oder einem Souk usw.). Die Durchführung einer weiteren einfachen Tone Mapping-Reinterpretation, wie z. B. eine lineare Kompression der Luminanzen, wie eine Weiß-auf-Weiß-Strategie, kann mehrere weitere Probleme bereiten. Obwohl also ein solches System eine Art von HDR-Bild für den Endbetrachter bearbeiten und erzeugen könnte (z. B. könnte in unserem ETSI2-System ein solches TV nur die PQ-Funktion von **401** verwenden, aber alle anderen Metadaten der Luminanzabbildungsfunktion und die folgenden sequenziellen Luminanzabbildungen **402 403**, usw., ignorieren, die in ETSI2 die Funktionalität der Displayadaption erfüllen), werden jedoch die Ergebnisse weder von bester visueller Qualität noch - was wahrscheinlich schlimmer ist - vorhersagbar sein.

[0065] Dies führte zu einer neuen Codiertopologie basierend auf einer zweiten Art von HDR-Bild neben dem Master-HDR-Bild, dem so genannten Bild mit Zwischendynamikbereich (IDR), das zunächst in WO2016020189 eingeführt wurde. Der Vorteil besteht dann darin, dass man ein solches sekundäres HDR-Bild (das IDR-codierte Bild, das anstelle des Master-HDR-Bildes in der klassischen ETSI2-Codec-Philosophie an Empfänger übermittelt wird) mit einer PB_C definieren kann, die im Bereich vieler Fernseher auf dem Gebiet liegt (z. B. 1000 Nit, oder 750 Nit; obwohl man optional auch 500 Nit oder sogar 400 Nit PB_IDR mit der gleichen Technik verwenden könnte). Jedoch kann immer noch jedes PB_MHDR Master-HDR so gestaltet werden, wie es aus künstlerischer Sicht oder innerhalb der durch die praktische Technik (z. B. der verfügbare Grading-Monitor) vorgegebenen Grenzen gewünscht wird. Die Idee ist, dass unabhängig davon, welche Display-Reinterpretations- (einschließlich Tone Mapping)-Technik von einem Fernseher verwendet wird, diese „glatt“ sein sollte, in dem Sinn, dass die Verarbeitung nicht zu stark von dem empfangenen Bild abweichen sollte, wenn PB_D im Nahbereich der PB_IDR, der Spitzenhelligkeit des IDR-Bildes, wie es empfangen wurde, liegt. Z. B. sollte auch ein Fernseher, der so schlicht ist, dass er lediglich alle Pixelluminanzen über PB D kappt, dann nicht zu viel kappen (z. B. nicht die gesamte Erde oder das sonnige Äußere des Höhlenbildes). Und der Content Creator gewinnt eine gewisse Kontrolle zurück, weil er selbst dann, wenn er einerseits schöne ultrahelle Bildbereiche

herstellen möchte, z. B. um einen Durchschnittswert von 4000 Nit in einem Master von 5000 Nit PB_C_H zu erstellen, die Art und Weise steuern kann, wie er diese Bereiche in dem IDR-Bild regradiert, so dass sie z. B. ausreichend weit unter 1000 Nit fallen, so dass selbst ein schlichter Fernseher mit 800 Nit nur die hellsten und visuell am wenigsten destruktiven Pixel, z. B. nur die Sonnenstrahlen in dem Beispiel der Raumstation von **Fig. 7**, kappen sollte. Daher ist neue Technologie erforderlich, um diesem neuen Ansatz Rechnung zu tragen.

[0066] **Fig. 7** zeigt, wie die Codec-Philosophie von WO2016020189 dem Kanalanpassungsansatz Rechnung trug (dabei ist das kanalübermittelte Bild das IDR-Bild, wobei man sagen könnte, dass ein bestimmter Kommunikationskanal zum Senden von z. B. 1000 Nit PBCH-Bildern konfiguriert ist). Das Beispiel wird wiederum als interessant für die Verdeutlichung einiger Hauptkonzepte gewählt. Es versteht sich, dass es zwar sinnvoll sein kann, wenn alle unterschiedlichen PB_C-Bilder innerhalb des Bereichs genau oder zumindest sehr eng mit dem übereinstimmen, was der Content Creator tun würde, wenn er sie jeweils separat und uneingeschränkt in einem beliebigen technischen System gradiert hätte, dies braucht aber insbesondere für das IDR-Bild nicht notwendigerweise immer der Fall sein. Es kann eine gewisse Lockerung involviert sein (andererseits kann es auch eine gewisse Debatte darüber geben, wann und warum ein gewisses bestimmtes Bild-Grading der HDR-Szenekategorie X gegenüber Y optimal ist, und für welche Abweichung eine ausreichende Abweichung vorzuliegen scheint; z. B. kann man sich vorstellen, dass die Luminanz von Pixeln der Lampe der Straßenleuchte weniger kritisch ist als die eines Gesichts, insbesondere wenn sie als halb im Dunkeln verdeckt gesehen werden soll, schon allein deshalb, weil eine Straßenlampe in der Realität ohnehin etwas heller oder weniger hell sein könnte).

[0067] WO2016020189 stellt ein Mittel zum Definieren von Funktionen (verschiedenen Funktionen) aus dem IDR-Bild als einem Mittelpunkt bereit, d. h. nach oben in Richtung der Master-HDR, die aus dem IDR-Bild, wie es von Empfängern empfangen wird, zu rekonstruieren ist, und nach unten, um eine Displayadaption für jedes MDR-Display von $PB_D < PB_{IDR}$ auszuführen. Bei einer solchen Technologie könnte der Master-HDR-Bereich durchaus so gewählt werden, dass er immer als der 10000 Nit PB_C-Bereich festgelegt ist, wobei es sich um den an die PQ-Funktion gebundenen Bereich handelt.

[0068] Es versteht sich, dass es wiederum verschiedene Überlegungen geben kann, wie verschiedene mögliche Luminanzen umgewandelt werden können, und diese können vorteilhafterweise links von dem gewählten IDR-Bild ganz anders aussehen als rechts. Denn tatsächlich können wir konzeptionell anders vorgehen. Links erstellen wir ein sekundäres („kleineres“) HDR-Bild aus dem Master-HDR-Bild. Somit kann eine Überlegung sein, dass dieses IDR-Bild „genauso gut“ sein muss (trotz der niedrigeren PB IDR) wie das Master-HDR-Bild (und wie dieser scheinbare Widerspruch dann elegant zu lösen ist). Rechts werden wir in Richtung einer immer kleineren PB_MDR komprimieren (was bei einer gewissen hohen Komplexität erheblich sein kann, was u.a. bedeutet, dass sich viele kritische Objekte und Bilder mit hohem PB_C_H-Wert über den gesamten Luminanzbereich ausbreiten), d. h., wir scheinen vor einer anderen Aufgabe der displayadaptierten Bilderzeugung zu stehen.

[0069] Man kann sich also vorstellen, dass dies zu (ganz) unterschiedlicher technischer Handhabung führen könnte, insbesondere in unseren für die Bild- und Luminanzabbildungssicht unterschiedlich gestalteten/konzipierten Luminanzabbildungsfunktionen.

[0070] In diesem Beispiel sind die dunklen Raumstations-Luminanzen auf jedem angemessenem Fernseher (zumindest prinzipiell) darstellbar, da sie dunkler als 60 Nit sind. Die helleren Pixel müssen jedoch zunächst ganz sanft auf das IDR-Bild komprimiert werden, und dann muss je nachdem, um wie viel weniger Kompression zuerst erfolgt ist, um so mehr am SDR-Bild getan werden. Und es könnte wiederum andere Kriterien für die zwei beispielhaften hellen Objekte, die hellblaue Erde, gegenüber der viel helleren, aber fast farblosen Sonne und ihren Strahlen, geben. Wie die Luminanzteilbereiche im Luminanzbereich des Master-HDR-Bildes (BE) bzw. dem IDR (Be2) für das helle Erdobjekt andeuten, wünscht dieser Content Creator unter Umständen, dass die maximale Helligkeit für die Erde im Idealfall nie z. B. 750 Nit überschreitet, unabhängig von der PB_C-Fähigkeit eines Bildes oder eines Displays (da andernfalls die Erde beginnen kann, zu stark zu glühen und unrealistisch auszusehen). Was jedoch dann mit den Sonnenluminanzen geschieht, wird von mehreren Faktoren abhängig sein, nicht nur künstlerischen Wünschen, sondern auch der Menge der zum Codieren des Sonnenobjekts über 750 Nit in dem ausgewählten (800 Nit PB_IDR) IDR-Bild verbleibenden Luminanzen (natürlich kann der Content Communicator in einigen Situationen einen anderen höheren PB_IDR-Wert wählen, wir sind jedoch hier davon ausgegangen, dass jede Einrichtung, die an die Empfangsseite des Kommunikationskanals angeschlossen ist, für jeden Videoinhalt immer eine PB_IDR von 800 Nit erwartet, ganz gleich, ob es sich um einen Hollywood-Film oder ein Nachrichtenprogramm handelt). Die zum Erstellen der IDR-Bildluminanzen aus den Master-HDR-Bildluminanzen für alle diese hellsten Pixel als Teilmenge letztlich gewählte F_H2h-Lu-

minanzabbildungsfunktion ist mit den beiden Pfeilen dargestellt: Es wurde eine Lösung gewählt, um eine Gesamtkompressionswirkung für die beiden Objekte zusammen zu definieren, die auch die Erdobjektumbranzen mit der geringsten Helligkeit etwas reduziert. Dies ist ein Beispiel für eine Situation, in der der Wunsch des Content Creators nach idealem Regrading nicht zu 100 % perfekt erfüllt wird (weil dies möglicherweise einigen anderen technischen Schwierigkeiten entspricht), aber das IDR-Bild für die meisten Menschen ausreichend nahe daran ist. Tatsächlich spielt es keine so große Rolle, wenn die Erdpixel im IDR-Bild nur wenig dunkler sind und möglicherweise würde eine Art davon sogar für ein HDR-Bild mit geringerer Qualität erwartet. Wichtig ist jedoch, dass dieses IDR-Bild immer noch alle Anforderungen an die ursprüngliche ETSI2-Philosophie erfüllen kann (während mit diesem zusätzlichen Codec-Schritt auch die Anforderung erfüllt wird, dass schlichte Displays mit nahezu 800 Nit PB_D das empfangene IDR-Bild nicht allzu sehr verschlechtern können, bevor es angezeigt wird): alle MDR-Bilder bis zum SDR-MasterBild, wie vom Content Creator gewünscht, können noch von Empfängern unter Verwendung der rechtsseitigen Luminanztransformationfunktionen erzeugt werden, und (selbst bei abgedunkelten hellen Erdobjektpixeln) kann das Master-HDR-Bild mit 2000 Nit PBC oder 10.000 Nit PB_C noch rekonstruiert werden, indem die Funktion F_{H2h} invertiert wird (die für sich allein auch für jedes Bild oder jeden aufeinanderfolgenden Satz von Bildern, die eine bestimmte Aufnahme eines Films codieren, entsprechend seinen technischen und/oder künstlerischen Bedürfnissen optimiert werden könnten).

[0071] Zwei Dokumente verdienen, erörtert zu werden, eher hinsichtlich ihrer Irrelevanz (weil verschiedene technische Aspekte nicht verwechselt werden sollten) statt ihrer Wichtigkeit (aber wegen der potenziellen Verwechslung verdienen sie es, erörtert zu werden): US20160307602 und EP2689392 (auch bekannt unter der Bezeichnung W02012127401), die beide eine so genannte „Displayoptimierung“ anstelle eines Videobildcodierrahmendesigns betreffen. Dieser für Fachleute wesentliche Unterschied wird mit **Fig. 23** verdeutlicht, die eine typische beispielhafte Gesamtkette der Videobehandlung zeigt. Auf einer Inhaltserstellungsseite 2301 nehmen wir an, dass eine Live- (oder zuvor aufgezeichnete) Aufnahme einer HDR-Szene mittels Kamera 2302 erfolgt. Ein menschlicher Grader (oder Shader) bestimmt u. a. das Master-Grading der Aufnahme (d. h. die relative Position der verschiedenen Bildobjektpixelumbranzen in dem Luminanzdynamikbereich des Master-HDR-Bildes, der bei einem maximal darstellbaren Wert von z. B. $PB_C_H50=5000$ Nit endet; und beginnt bei einem kleinen Schwarzwert z. B. $MB_C_H50=0,001$ Nit, was für unsere vorliegende Diskussion mit Null gleichgesetzt werden kann: z. B. verändert er für die Raumstation durch Bildverarbeitung die ursprüngliche Kameraaufnahme, so dass die Sonnenpixel 4500 Nit werden, das helle Blau der Erde z. B. 200 Nit wird usw.). Zweitens möchte der Grader in unserem Ansatz in der Regel mit mindestens einer Luminanzabbildungsfunktion angeben (in der Praxis kann eine solche Luminanzabbildungsfunktion für aufeinanderfolgende Bilder des HDR-Videos unterschiedlich geformt sein, und wir erläuterten sogar in unseren ETSI-Normen, wie es technisch recht komfortabel sein kann, mehrere Funktionen sogar für ein Videobild über einen einzigen zeitlichen Augenblick zu definieren; diese weiteren Komplexitäten sind jedoch nicht erforderlich, um den vorliegenden innovativen Beitrag zum Fachgebiet zu verdeutlichen), was in der Regel eine Funktion sein wird, die spezifiziert, wie die normierten HDR-Master-Luminanzen 5000 Nit PB_C_H50 auf normierte LDR-Luminanzen 100 Nit regradiert werden müssen: FL_50t1.

[0072] Ein dritter wichtiger Aspekt ist dann die Codiertechnik für das Codieren des an einen oder mehrere Empfänger zu übermittelnden HDR-Masterbildes (über mindestens eine Codiertechnik). Dies wäre zu Beginn der HDR-Videoforschung und entsprechend in den von dem Anmelder standardisierten einfacheren Versionen eine relativ einfache Codierung, wie z. B. das Bild mit LDR 100 Nit, das dann gut abwärtskompatibel ist, so dass es direkt mit gutem visuellen Erscheinungsbild auf alten LDR TVs dargestellt werden kann, die nicht über HDR-Knowhow oder Verarbeitungsfähigkeit verfügen. Der WO2016020189-Codierungsansatz und die vorliegenden Lehren sind Beispiele eines weiterentwickelten Ansatzes der zweiten Generation, der komplexer ist, aber zusätzliche Wünsche in einigen spezifischen technischen HDR-Videokommunikations- oder -Handhabungssystemen berücksichtigen kann. Das Grading, das z. B. vom menschlichen Grader **2304** durchgeführt wird (falls dies nicht automatisiert ist, wie z. B. häufig in der realen Rundfunkprogrammierung), erfolgt auf einer Grading-Einrichtung **2303** (die in der Regel mehrere Tools zum Ändern von Pixelluminanzen enthalten würde; für die vorliegende Verdeutlichung kann jedoch angenommen werden, dass sie aus den Elementen der Bereitstellung einer Benutzerschnittstelle zum Spezifizieren der FL_50t1-Form und des Nach-Außen-Kommunizierens einer solchen Funktionsform (z. B. als Metadaten, die einige Parameter umfassen, die die Form der Funktion definieren) besteht).

[0073] Obwohl der Videocodierer **2305** (der unter der Annahme, dass sein Eingangs-HDR-Masterbild ein Satz von Luminanzen für alle Pixel ist, alle Techniken zum Erzeugen einer tatsächlichen Codierung des HDR-Masterbildes durchführen wird, d. h. z. B. und 8 Bit, 10 Bit oder 12 Bit pixelierter Matrix von typischerweise YCb-Cr-Pixel-Farbtripeln zusammen mit Metadaten, die alle weiteren Informationen wie Luminanzabbildungsfunktionen bei der jeweils gewählten Codierungstechnik beschreiben) prinzipiell in der Grading-Einrichtung 2303

enthalten sein kann, haben wir ihn typischerweise als anschließbare weitere Einrichtung gezeigt. Dies stellt eine für die Verdeutlichung der vorliegenden Erfindung ausreichende Vereinfachung für den Leser dar, wobei verschiedene praktische Varianten zusammengefasst sind, z. B. das Aufnehmen (und evtl. Grading), das in einem externen Rundfunk-LkW geschieht, und wobei das Codieren möglicherweise in einer intermediären Kommunikations-Umsetzstation geschieht, z. B. nachdem lokale Werbespots in das Signal eingefügt worden sind, usw. (hierbei kann es sich auch um eine Harmonisierung der verschiedenen Bildinhalte handeln, was jedoch ein Detail ist, auf das nicht eingegangen werden muss). Wichtig für das Verständnis ist das, was auf der Erstellungsseite geschieht (siehe z. B. die Differenz zwischen Beitrag und Verteilung), die wir definieren können als formal endend, wenn das endgültig codierte Videosignal an einen Verbraucher übermittelt wird, z. B. mittels Satellitenantenne **2306** und Kommunikationssatellit **2340** (oder einen beliebigen äquivalenten Videokommunikationskanal, z. B. über das Internet usw.).

[0074] Empfangsseitig stehen wir typischerweise vor Verbrauchereinrichtungen in einem Endverbraucherhaushalt, wie z. B. einer Satelliten-TV-Settop-Box, oder einer beliebigen äquivalenten Decodier- und Endverarbeitungseinrichtung **2352**, die eingangsseitig mit einer lokalen Satellitenschüssel **2351** und ausgangsseitig mit einem HDR-Display **2353** verbunden ist, das verschiedene Anzeigefähigkeiten aufweisen kann, z. B. einen PB_D von 1000 Nit oder 700 Nit oder **2500** Nit. Obwohl es ausreichend sein könnte, wenn die Settop-Box nur eine Decodierung erneut auf die Luminanzwerte, die angezeigt werden müssen, durch den Decodierer **2381** durchführt, der dann die inversen Operationen des Codierers durchführt, wird dies in der Regel nur in einer begrenzten Anzahl von Situationen nützlich sein. Üblicherweise wird es einen Displayoptimierungsprozess durch den Displayoptimierer **2382** geben, der die absolute bzw. normierte Luminanzverteilung erneut verändert (entweder z. B. des LDR-Bildes, wie es empfangen wurde, oder des decodierten Master-HDR-Bildes mit z. B. 5000 Nit), da das Masterbild möglicherweise für z. B. 5000 Nit PB_C_H50 codiert ist, d. h. möglicherweise 2000 Nit Luminanzpixel enthält, wobei allerdings ein HDR-Display eines bestimmten Verbrauchers z. B. nur bis zu 700 Nit (sein weißestes anzeigbares Weiß) anzeigen kann.

[0075] Somit gibt es einerseits erhebliche technische Unterschiede zwischen den Geräten (und deren technologischer Designphilosophie usw.) auf beiden Seiten, z. B. dass die Erstellungs-/Codier-/Sendeseite nur einen Videocodierer 2370 aufweist, um das Master-HDR-Video (MsterHDR) als irgendein kanalcodiertes Bild aus dem Zwischendynamikbereich IDR zu codieren, während die Empfangsseite auch das rekonstruierte 5000 Nit HDR-Bild (RechHDR) für ein Display displaytechnisch optimieren kann, das z. B. für 700 Nit PB_C-Bild ImDA optimiert ist und optimal für ein angeschlossenes 700 Nit PB_D-Display geeignet ist. Der technische Unterschied zwischen den beiden ist darin zu sehen, dass man die Displayoptimierung als (optionale) Nachbearbeitung vornehmen kann, während die Codierung/Decodierung lediglich eine Bildrekonstruktionstechnik ist, die typischerweise keine Lehre zur Displayoptimierung erfordert. Die beidseitigen Einrichtungen (und Bedienungsvorgänge usw.) werden typischerweise auch von Fachleuten auf ganz anderen Gebieten gehandhabt. Die Inhaltserstellungseinrichtungen können von professionellen Videoausrüstungsherstellern konzipiert und von Rundfunktechnikern usw. betrieben werden. Settop-Boxen und Fernseher werden in der Regel von Geräteherstellern der Unterhaltungselektronik, z. B. asiatischen Ursprungs, hergestellt.

[0076] US20160307602 ist ein erstes Displayoptimierungs-Patent des Anmelders. Zusammenfassend besteht die Idee darin, dass der Content Creator Leitlinien für Regrading und Algorithmen für die verschiedenen (mindestens zwei) Regime geben kann, die in einem Bild existieren können (wobei ein Regime ein Konzept ist, das sowohl ein Satz von Pixeln in einem Bild ist, als auch ein benötigtes Regrading-Verhalten für diese Pixel, wenn verschiedene Displays mit verschiedenen Dynamikbereichen verfügbar sind). Dies ermöglichte zwar zunächst eine Verbindung zwischen den Wünschen von Content Creators und der tatsächlichen Anzeige am Ort des Endverbrauchs, tatsächlich muss jedoch an diesem Endverbrauchsartort das gesteuerte Verhalten der Displayadaptation erfolgen. Und idealerweise befolgt ein Hersteller einer Settop-Box oder eines Fernsehers, falls zumindest die Displayadaptation in diesem Fernseher erfolgt, weitgehend dem, was der Content Creator als gutes Verhalten für die verschiedenen Regime-Objekte in den Videobildern spezifiziert hat (z. B. dass jemand, der aus einem dunklen Bereich eingeblendet wird, bei keiner Display-Fähigkeit, nicht einmal bei 100 Nit PB_D LDR Displays, zu gut oder zu schlecht sichtbar wird), weil genau dies für diesen Inhalt erforderlich ist, statt selbst irgendwie „blind“ zu handeln. Dies ist jedoch eindeutig ein ABSCHLIESSENDES Verhalten, das auf der Verbrauchsseite stattfindet, und völlig orthogonal dazu, wie ein Anbieter von Videokommunikationstechnologie jede bestimmte Video-Codec-Philosophie entwickeln bzw. ein Implementierer sie umsetzen möchte. Es sollte auch keine Verwechslung mit einer Ad-hoc-Tone Mapping-Technologie stattfinden, schon allein deshalb, weil ein solches Abbilden typischerweise nicht invertierbar sein wird; eine Codierung über ein IDR-Bild mit niedrigerem Dynamikbereich sollte aber diese Eigenschaft aufweisen.

[0077] WO2012127401 ist auch eine Technologie aus den Anfängen von HDR zum Spezifizieren eines Displayoptimierungsverhaltens, was mittels verschiedener Ausführungsformen einer DATGRAD-Struktur erfolgen kann, die spezifiziert, wie verschiedene Bildinhalte für verschiedene Fähigkeiten des Luminanzdynamikbereichs regradiert werden sollen. Diese DATGRAD-Struktur wird verwendet, um das Bild mit mittlerem Dynamikbereich (MDR) zu erzeugen, das für ein MDR-Display PB_D zwischen der via Master-HDR codierbaren Spitzenhelligkeit PB_C (d. h. PB_C_H50 in der vorliegenden Notation) und der 100 Nit LDR PB_C der niedrigsten benötigten Regrading-Spezifikation (S. 16) benötigt wird. Die Ableitung des MDR-Bildes erfolgt optimal, indem nicht nur die Regrading-Bedürfnisse des in der DATGRAD-Datenstruktur codierten Bildes, sondern auch die spezifischen displayseitigen Betrachtungsaspekte, wie z. B. Helligkeit der Betrachtungsumgebung oder Präferenzeinstellungen des endgültigen Betrachters verwendet werden (siehe S. 5).

[0078] Es sollte klar sein, dass solche Lehren dem Fachmann bei Nichtvorhandensein weiterer ganz bestimmter Erkenntnisse ab initio nichts zum Thema Codec-Redesign bringen.

[0079] Neben Unterschieden bei der Erzeugung bestimmter Funktionen gegenüber dem, was im Stand der Technik bereits auffindbar ist, aber wichtiger noch der innovativen Codec-Struktur/dem Codec-Rahmen selbst, sei noch erwähnt, dass die tatsächliche Kommunikation eines zweiten PB_C-Wertes (des höchsten, des Masterinhalts zusätzlich zu dem niedrigeren des tatsächlich übermittelten IDR-Bildes) auch von einem (optionalen) Typen-Charakterisierer verschieden ist, der in WO2016020189 unter Umständen verwendet wird. Neben der Tatsache, dass beide nicht buchstäblich gleich sind, kann ein Enumerator eine andere Rolle spielen, und insbesondere, wenn man die Details dieses Rahmens im Vergleich zu den vorliegenden Lehren betrachtet. Ein derartiger Charakterisierer von '189 kann nützlich sein, falls es z. B. zwei Luminanzabbildungsfunktionen gibt, die aufwärts regradieren. Er kann dann für die Auswahl nützlich sein, mit welcher so etwas wie eine enge Rekonstruktion des Master-HDR-Bildes der Erstellungsseite erhalten werden kann. Eine solche Information ist aber weder zwingend erforderlich, noch kommt sie im Stand der Technik notwendigerweise zur Anwendung. Man kann die Upgrading-Funktion verwenden, die von einem Master-HDR-Bild stammt, um anstelle eines rekonstruierten Bildes mit 5000 Nit ein rekonstruiertes Bild mit 4000 oder 6000 Nit zu erhalten. Da es zwei Seiten des intermediären Bildes gibt, ist die Downgrading-Funktion in der Regel diejenige mit dem kritischen Bildinhalt (insbesondere dem Inhalt, der auf allen PB_D-Displays ausreichend hell und originalgetreu dargestellt werden muss); die Upgrading-Funktion wird sich jedoch speziell insofern unterscheiden, dass sie das Regrading-Verhalten für die allerhellsten Objekte (wie Autoscheinwerfer, Sonnenreflexionen usw.) vorgibt. Dies sind die typischen HDR-Effektobjekte/Effekte, die aber ohnehin nicht korrekt reproduzierbar sind, da die verschiedenen Leistungsanzeigen im oberen Bereich des Luminanzbereichs am meisten variieren. Somit kann die Erstellung eines aus einem z. B. 600 Nit IDR-Bild rekonstruierten 4000 Nit PB_C-Bildes einige Autoscheinwerfer aufweisen, die im Vergleich zu ihrem idealen Luminanzwert etwas zu dunkel sind (selbst wenn ein solcher Wert im 4000 Nit-Luminanzbereich dargestellt werden könnte), es wird aber immer noch ein ganz schönes HDR-Bild sein, wenn man nur die z. B. multilineare normierte Regrading-Funktion auf das [0-1]/[0-1]-Achsenystem anwendet, wobei die horizontale Achse die PB_C-normierten Luminanzen des IDR-Bildes repräsentiert und die vertikale Achse dem entspricht, was jeweils für die Berechnung des rekonstruierten HDR-Bild-PB_C gewählt wurde, was nicht unangemessen weit vom (möglicherweise nicht bekannten, sondern nur angenommenen) Master-HDR PB_C entfernt ist. In unserer vorliegenden Technologie übermitteln wir aktiv in Metadaten einen Luminanzwert von per se PB_C_H50, da er auch im Algorithmus des Decodierers verwendet wird.

[0080] Die Erfinder der vorliegenden Patentanmeldung wollten den generischen IDR-Ansatz auf vielfältige Weise speziell im Umfeld der heute bereits eingesetzten ETSI2-Codierphilosophie und -Systeme (ICs, Fernseher, Settop-Boxen) einschränken.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0081] Eine Reihe von technischen Überlegungen wurden von den Erfindern gemacht. Zum einen wünschten sie, dass ihre Systeme mit bereits eingesetzten ETSI2-Decodierern kompatibel seien. Wenn also z. B. ein 1500 Nit IDR-Bild übermittelt wurde (wobei der ETSI2-Decodierer nichts über IDR-Konstruktionsprinzipien wusste und somit davon ausgehen musste, dass dies nur ein ursprüngliches HDR-Masterbild der HDR-Szene war), dann sollte eine F_L_IDR-Luminanzabbildungsfunktion (und alle anderen Farbabbildungsinformationen gemäß ETSI2) mitübermittelt werden, was der Funktion F_I2s von Fig. 7 entspricht, die die korrekte Displayadaption durchführt. Ob also eine zusätzliche IDR-Technologie verwendet wurde oder nicht, sollte der ETSI2-Decodierer, auch bekannt unter der Bezeichnung SLHDR2-Decodierer, normalerweise alle MDR-Bilder bis zum SDR-Bild erstellen können, und sie sollten (idealerweise) so aussehen, wie es der Content Creator wünschte. Idealerweise sollte jeder neue Decodierer gemäß den vorliegenden Prinzipien, den wir als SLHDR2PLUS-Decodierer bezeichnen werden, auch exakt oder zumindest näherungsweise die gleichen Optiken für alle Bilder zwi-

schen IDR und SDR liefern (d. h. vorzugsweise sollte mindestens eines vom IDR- und SDR-Bild nicht zu stark von dem MDR-Bild abweichen, das sich so ergeben würde, wie es der Color Grader oder im Allgemeinen der Content Creator gewünscht oder zumindest akzeptiert hätte). Andererseits ist ein sehr wichtiges Kriterium darin zu sehen, dass der Master-HDR nahezu perfekt rekonstruiert werden kann (mit Ausnahme vielleicht einiger kleiner Rundungsfehler, die sich z. B. bei der DCT-Behandlung des IDR-Bildes in der MPEG-Kompressionsphase zur Übertragung einschleichen, was zu sehr kleinen belanglosen Rekonstruktionsfehlern des Master-HDR auf der Empfangsseite führen wird). Natürlich kann es einige Systeme mit einer gewissen Lockerung der Qualität der Rekonstruktion des Master-HDR geben (manche Inhaltsanbieter betrachten unter Umständen das IDR-Bild als wichtiger, zumindest in dem Fall, in dem ein temporärer Aspekt involviert ist, wie beim Ausstrahlen oder sogar einmaligem Aussenden an ein begrenztes Publikum, statt z. B. für die Speicherung, z. B. auf Blu-Ray-Disks), aber im Allgemeinen wird mindestens eine Hauptpartei, die an der Videohandhabungskette beteiligt ist, eine perfekte Rekonstruktionsfähigkeit des Master-HDR-Bildes wichtig finden (im Unterschied zu Blindversuchen, ausgehend von IDR eine Optik mit höherem Dynamikbereich zu erstellen).

[0082] Obwohl wir abschließend sehen, dass die F_{I2s} -Funktion mitübermittelt werden muss, wenn man ohne die Notwendigkeit des Redesigns und erneuten Einsatzes von ETSI2-Decodierern arbeiten muss (d. h. man verwendet vorzugsweise so weit wie möglich erneut die (De)-Codierungsschaltung des SLHDR2-Systems, aber mindestens die Videosignale einschließlich ihrer Luminanz- und Farbabbildungsfunktionen sollten immer noch der standardisierten Definition entsprechen, damit unter anderem ältere SLHDR2-Systeme wissen, was sie erhalten, abgesehen von einigen Metadaten, die sie nicht benötigen, und ignorieren können), möchte der Content Grader in der Regel seine Luminanz- (und Farb-) Abbildungsfunktionen zwischen dem Master-HDR, den er erstellt hat, und einer entsprechenden SDR-Version (d. h. 100 Nit PB_C) davon spezifizieren (die er z. B. unter Umständen mit einem System wie in **Fig. 4** gezeigt erstellt hat). Somit ist diese F_{Mt1} -Funktion (siehe **Fig. 10**) weder die F_{H2h} - noch die F_{I2s} -Funktion von **Fig. 7**, sondern vielmehr eine Funktion, die sich über die Gesamtheit des Regrading-Aufwands zwischen Master-HDR und Master-SDR erstreckt (d. h. diese F_{Mt1} definiert die Regrading-Bedürfnisse eines Bildes der HDR-Szene zwischen den unterschiedlichsten Dynamikbereichsdarstellungen dieser HDR-Szene). Somit ist eine Technik erforderlich, um diese beiden Situationen elegant zueinander in Beziehung zu setzen, insbesondere in oder im Umfeld der ETSI2-Rahmen-Philosophie (z. B. liefert das SLHDR2PLUS-Verfahren zum Decodieren die gleiche MDR-Bildoptik wie ein ETSI2-Empfänger-Display, das sich an die empfangenen IDR-Bilder und die Funktionen D_{I2s} anpasst; für jeden Zeitpunkt führen eine oder mehrere Funktionen teilweise das Regrading zwischen dem Bild des Eingangsdynamikbereichs für diesen Zeitpunkt und dem gewünschten Bild des Ausgangsdynamikbereichs für diesen Zeitpunkt durch).

[0083] Wie nachstehend ersichtlich, kann dies nach unterschiedlichen Erkenntnissen der verschiedenen Erfinder auf verschiedene Weise geschehen, je nachdem, welche Art von System genau gewünscht wird, und welche wünschenswerte Rahmenbedingung man stärker lockert und welche man weniger lockert (auch unter Berücksichtigung solcher spezifischen praktischen technischen Faktoren wie z. B. wie viele Zyklen oder Transistoren für verschiedene Optionen erforderlich wären, was einige Optionen wünschenswerter erscheinen lassen kann als andere, aber wir brauchen uns für diese Patentanmeldung nicht in diese Details zu vertiefen).

[0084] Es gibt jedoch einige grundlegende Prinzipien, derer sich alle Ansätze bedienen. Mindestens zwei Lösungswege können mit **Fig. 8** zusammengefasst werden. Empfänger empfangen das IDR-Bild (das irgendwie zu dem Master HDR-Bild rekonstruierbar sein sollte, in diesem Beispiel von PB_C=4000 Nit) und haben auch die Funktion F_{I2s} . Sie müssen jedoch für jede IDR-Luminanz irgendwie die Funktion $F_{??}$ finden, um die erforderliche entsprechende normierte und daher absolute Master-HDR-Luminanz zu berechnen (wodurch dieser Master-HDR genau rekonstruiert wird, wie er ursprünglich war, wobei jedoch das/die Bild(er) nie übermittelt wurde(n)). Man kann entweder ein neuartiges SLHDR2PLUS-Decodierer-Farbtransformationssystem konstruieren, das die benötigte Funktion bestimmen kann (das jedoch zumindest entsprechend seinem Verarbeitungs-IC oder seinem Softwarekern noch wie in **Fig. 4** ist, mit der Luminanzprozesslinie mit ihren Spezifika (wobei zumindest ein Teil der Untereinheiten verwendet wird) und der chromatischen Prozesslinie), oder man könnte auch versuchen, die gesamte Intelligenz in den Codierer einzugeben, so dass man einen standardmäßigen ETSI2-Codierungs-Farbtransmutationsansatz in der vorliegenden Form verwenden kann (mit Ausnahme von dessen Neuerung, nämlich seiner neuen Programmierung, um den ursprünglichen 4000 Nit HDR zu rekonstruieren, indem die Metadaten dieser zweiten, gewünschten Spitzenhelligkeit PB_C_H50 empfangen werden, was typischerweise das Laden - ganz oder teilweise - der geeigneten Luminanz- und Chrominanzverarbeitungs-LUTs beinhaltet), wenn er dazu eingestellt ist, zu extrapolieren, statt Displayadaption für Bilder mit weniger PB D als den PB_IDR-Wert durchzuführen. Die beiden Ansätze und ihre Ausführungsformen benötigen jedoch einige generische neue technische Komponenten und fallen unter die generische neue SLHDR2PLUS-Codierphilosophie.

[0085] Aus der grundlegenden Konstruktion der SLHDR2PLUS-Codierer-900-Spezies des generischen IDR-Codierers, wie in **Fig. 9** gezeigt (der nachstehend näher erläutert wird), sieht man den Unterschied bei normaler HDR-Codierung, insbesondere ETSI2-HDR-Videocodierung: es gibt nun zwei Spitzenhelligkeiten, die in den Metadaten mitcodiert sind, nämlich zuerst die „normale“ Spitzenhelligkeit (die als Kanalspitzenhelligkeit PB_CH bezeichnet werden soll, d. h. die Spitzenhelligkeit des IDR-Bildes wie empfangen, unabhängig davon, welche Technologie dafür verwendet wurde, d. h. welche Spitzenhelligkeitsstufe vom Content Creator, Owner oder Transcoder als optimal betrachtet wurde, und welches mathematische technische Verfahren verwendet wurde, um die IDR-Pixelluminanzen zu berechnen), die angibt, was die maximale codierbare Luminanz des übermittelten und später empfangenen Videos ist, d. h. des(der) IDR-Bildes(Bilder) [dies ist das, was ein normaler ETSI2-Decodierer sehen würde, der alle anderen neuen Ansätze ignoriert]. Zum anderen gibt es nun aber auch die Spitzenhelligkeit des(der) ursprünglichen HDR-Masterbild(er), nämlich die Spitzenhelligkeit des Inhalts PB_C_H50 (z. B. 5000 Nit). Das zweite PB_C_H50 kann in einigen Ausführungsformen viele Monate vor der IDR-Bilderstellung spezifiziert worden sein, als die Master-HDR-Bilder erstellt wurden (z. B. basierend auf der Kameraaufnahme von Aktionen, in dem Computer, usw.), und die PB_CH kann durch viele verschiedene mögliche Mittel zum Zeitpunkt der Kanalcodierung als externer Eingang in den Codierer **900** gesetzt werden (z. B. kann ein Kabelnetzbetreiber einen festen Wert im Speicher gesetzt haben, der jährlich einem Upgrading unterzogen werden kann, um dem aktuellen Durchschnittszustand der HDR-Displays seines Kunden Rechnung zu tragen, oder es kann ein optimierter PB_CH berechnet werden, wobei auch einige Luminanz- oder andere Bildspezifika von mindestens einem Bild des Videos oder seine zugeordneten Metadaten berücksichtigt werden, sogar potenziell Metadaten, die spezifisch zum Führen einer späteren IDR-Recodierung eingeschlossen sind, usw.). Es ist nützlich für die HDR-Codierung, nur eine (einzelne) mitübermittelte Spitzenhelligkeit zu haben, zumindest für das System von ETSI2 (das nur aufwies, was damals als das einzig Notwendige betrachtet wurde, nämlich „die“ Spitzenhelligkeit der Bilder, wie sie empfangen werden), aber angesichts der vollen transparenten Verwendbarkeit für ältere ETSI2-Decodierer müsste das, wie zuvor gesagt, PB_CH sein (andernfalls können sie ihre normalen Displayadaptionsberechnungen nicht durchführen). PB_C_H50 ist andererseits notwendig, um überhaupt die Funktion $F_{??}$ von **Fig. 8** und mit dieser Funktion letztlich das gewünschte rekonstruierte Master-HDR-Bild aus dem empfangenen IDR-Bild berechnen zu können.

[0086] Das zeigt also sofort den Unterschied zwischen einem älteren ETSI2-Videocodierungsdatenstrom, und ältere ETSI2-Decodierer werden diese zusätzlichen Metadaten nicht kennen und sie einfach ignorieren, weil ETSI2-Decodierer keine Bilder bestimmen müssen, bei denen PB_C höher ist als die PB_CH, die sie in den Metadaten empfangen, die die hellstmögliche Luminanz in dem von ihnen empfangenen Bild angibt (weil nach einer reinen ETSI2-Philosophie das Bild, wie es empfangen wurde, immer das Bild mit der besten Qualität ist; in Wirklichkeit war es das Master-HDR-Bild mit der höchsten Qualität, das vom Content Creator erstellt wurde). Jedoch wird, wie in **Fig. 11** gezeigt, ein generischer SLHDR2PLUS-Decodierer nicht nur den PB_C_H50-Wert empfangen und lesen, sondern ihn auch verwenden, um das REC_M_HDR-Bild zu rekonstruieren, das eine nahezu perfekte Rekonstruktion des durch den Content Creator erstellte Master-HDR-Bildes ist (in der Tat verwendet ein solcher Decodierer den PB_C_H50-Wert, um die benötigte(n) $F_{??}$ -Funktion(en) aus der(den) empfangenen F_{I2sCI} -Funktion(en) zu berechnen). Dieser Decodierer kann vorteilhafterweise auch Bilder mit niedrigerer PB_C wie ein z. B. 400 Nit PB_C MDR_300-Bild ausgeben; man könnte sich jedoch dafür entscheiden, einen Standard-ETSI2-Berechnungskern für solche Bilder mit niedrigerer PB_C als PB_CH zu verwenden, oder man könnte die Berechnung in einer Ausführungsform des neuen SLHDR2PLUS-Berechnungskerns durchführen (jedoch sind zur genauen Rekonstruktion von Bildern mit höherer PB als PB_CH die neuen Erkenntnisse definitiv erforderlich, da dies mit der ETSI2-Technologie nicht auf triviale Weise durchgeführt werden kann).

[0087] Damit werden die gestellten Aufgaben, die durch die neue Technologie gelöst werden sollen, durch einen Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (**900**) realisiert, der dazu angeordnet ist, über einen Bildeingang (**920**) ein Eingangsbild mit hohem Dynamikbereich (MasterHDR) zu empfangen, das eine erste maximale Pixelluminanz (PB_C_H50) aufweist, für die der Codierer einen ersten Metadateneingang (**922**) aufweist, und dazu angeordnet ist, über einen zweiten Metadateneingang (**921**) eine Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_{50t1}) zu empfangen, wobei die Luma-Abbildungsfunktion die Beziehung zwischen normierten Luma-Werten des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich und normierten Luma-Werten eines entsprechenden Bildes mit niedrigem Dynamikbereich (Im LDR) mit einer maximalen LDR-Pixelluminanz definiert, die vorzugsweise gleich 100 Nit ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Codierer ferner einen dritten Metadateneingang (**923**) umfasst, um eine zweite maximale Pixelluminanz (PB CH) zu empfangen, und wobei der Codierer ferner dadurch gekennzeichnet ist, dass er Folgendes umfasst:

- eine HDR-Funktionserzeugungseinheit (**901**), die angeordnet ist, um einen standardisierten Algorithmus anzuwenden, um die Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) in eine angepasste Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) umzuwandeln, die normierte Luma-Werte des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich mit normierten Luminanzen eines Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) in Beziehung setzt, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine maximal mögliche Luminanz aufweist, die gleich der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH) ist;
- eine IDR-Bildberechnungseinheit (**902**), die angeordnet ist, um die angepasste Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) auf Luma-Werten von Pixeln des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) anzuwenden, um Luma-Werte von Pixeln des Bildes (IDR) mit Zwischendynamikbereich, das von dieser Einheit ausgegeben wird, zu erhalten; und
- einen IDR-Abbildungsfunktionsgenerator (**903**), der angeordnet ist, um auf der Basis der Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) und der angepassten Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) eine Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) abzuleiten, die als Ausgang die jeweiligen normierten Luma-Werte des Bildes mit niedrigem Dynamikbereich (Im LDR) definiert, wenn sie als Eingang die jeweiligen normierten Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) erhält, die wiederum jeweiligen Luma-Werten des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) entsprechen; wobei der Codierer ferner dadurch gekennzeichnet ist, dass er Folgendes aufweist:
 - einen Bildausgang (**930**) zum Ausgeben des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR);
 - einen ersten Metadatenausgang (**932**) zum Ausgeben der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH);
 - einen zweiten Metadatenausgang (**931**) zum Ausgeben der Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI); und
 - einen dritten Metadatenausgang (**933**) zum Ausgeben der ersten maximalen Pixelluminanz (PB C H50).

[0088] Zunächst ist zu beachten, dass, obwohl wir konzeptionell einen separaten Eingang für jedes benötigte Datenelement des vorliegenden Codierers zeigen, der Fachmann in der Praxis erkennt, dass einer oder mehrere dieser Eingänge (und ähnlich für Ausgänge) gleich sein können, je nachdem, was eine Videoeingangstechnologie handhaben kann (z. B. einige frühere HDMI-Bildeingänge können die dynamisch variierenden, d. h. potentiell für jede der zeitlich aufeinanderfolgenden Videobild-Master-Luma-Abbildungsfunktionen (FL_50t1) nicht handhaben, wobei diese Daten z. B. über eine Wi-Fi-Verbindung synchronisierbar übermittelt werden können usw.). Wie die verschiedenen Eingangsdaten eingegeben werden, kann auch davon abhängig sein, wo sie erzeugt werden, d. h. in oder mit welchem anderen System der Codierer verbunden ist (was davon abhängig sein kann, ob Echtzeitcodierung zur gleichen Zeit mit der Kameraaufnahme eines Ereignisses gewünscht ist, oder eine spätere Codierung für ein beliebiges Videokommunikationssystem, wie z. B. ein Kabelnetzverteilungssystem, das zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt alle Daten von einem ursprünglichen Content Creator empfängt, um sie angesichts der Beschränkungen oder Wünsche dieses bestimmten Kabelnetzsystems optimal zu verteilen usw.).

[0089] Ohne beabsichtigte Einschränkungen kann man davon ausgehen, dass das MsterHDR-Bild kurz zuvor von einem menschlichen Color Grader unter Verwendung von Color Grading-Software auf einem Computer gradiert wurde, und dass er die FL_50t1-Funktionen definiert hat, die ein entsprechendes Bild mit niedrigerem Dynamikbereich definieren, typischerweise ein 100 Nit SDR-Bild (obwohl derzeit das unterste Ende des Spektrums der dem Regrading unterzogenen Bilder per Normvereinbarung ein 100 Nit PB_C-Bild ist, somit kann - was sich allem Anschein nach wahrscheinlich nicht ändern wird - ein solches „unterstes“ Bild des Trios, d. h. das LDR-Bild, eine max. LDR-Luminanz in künftigen Ausführungsformen aufweisen, die nicht exakt 100 Nit beträgt, sondern unter Umständen eine Anzahl k als Vielfaches von 100 Nit sein kann, wobei z. B. k vorzugsweise bis zum 3-fachen beträgt, d. h. wobei die maximale LDR-Luminanz in dieser Realisierung der Ausführungsform des vorliegenden Systems 300 Nit ist), entsprechend dem MsterHDR-Bild (wobei das SDR-Bild vorzugsweise dem MsterHDR-Bild unter Berücksichtigung des erheblich niedrigeren Luminanzdynamikbereichs so ähnlich wie möglich sieht), was in der Regel die Optiken, die gewünscht sind, um z. B. die Filmgeschichte nach Bedarf visuell optimal zu erzählen, zumindest angemessen vermittelt (auch unterschiedliche Videoanwendungen können unterschiedliche Wünsche beinhalten, wie z. B. unterschiedliche Farbkriterien, die möglicherweise unterschiedliche technische Einschränkungen für die FL_50t1-Funktionen beinhalten).

[0090] Der PB_CH-Wert unterscheidet sich etwas von den anderen Metadaten, indem er faktisch eine Einstellung für die Codierung des Zwischendynamikbereichs ist. So kann er von einem Grader kommen oder nicht. Er kann z. B. ein fester Wert für ein bestimmtes Videocodiersystem (z. B. ein Satellitenrundfunksystem) sein, der z. B. aus einem festen Speicher abgerufen werden kann, der an oder in dem Codierer angebracht

ist. Bei der internetbasierten Bereitstellung kann es sein, dass dieser PB_CH-Wert von einem Endkunden, für den die IDR-Bilder erzeugt werden, als Wunsch übermittelt wird. Beispielsweise kann ein Kunde mit einem Mobiltelefondisplay schlechter Qualität lediglich verlangen, dass ein 500 Nit PB_IDR-Bild von einem Server auf der anderen Seite des Internets, z. B. dem Server eines Video-on-Demand-Unternehmens, berechnet wird, während ein anderer Kunde eine 1000 Nit PB_IDR-Version anfordern kann, und in einem solchen Fall wird der verlangte PB_CH=PB_IDR-Wert in den Codierer eingegeben.

[0091] Während es auf der Codierseite ein MsterHDR-Bild von höchster Qualität (tatsächlich höchstes PB_C) gab, ist dies nicht das Bild, das Empfänger (komplementäre Decodierer) empfangen werden, sondern vielmehr das IDR-Bild (und sie müssen das MsterHDR-Bild eng rekonstruieren, indem sie ein REC_M_HDR-Bild berechnen). Die Technologien werden am besten realisiert, indem alles wie in 0,0-1,0 Luma-Werten normiert formuliert wird. Tatsächlich, wo wir über eine Luma-Abbildungsfunktion sprechen, handelt es sich gleichwertig auch um eine Luminanzabbildungsfunktion (aufgrund der Beziehung zwischen Luma-Werten und ihren entsprechenden Luminanzen, z. B. typischerweise anzuzeigenden Luminanzen); technisch streng genommen arbeiten unsere Berechnungen jedoch vorzugsweise mit Luma-Abbildungsfunktionen und vorzugsweise in einer psychovisuell vereinheitlichten Luma-Definition, wie sie durch die Philips v-Funktion berechenbar ist (siehe Gl. 1 in Verbindung mit 2).

[0092] Wie vorstehend erläutert, geht es bei unserem Ansatz zur Handhabung von HDR-Videos, insbesondere nicht nur das Codieren von einem einzelnen oder von zwei unterschiedlich regradierten Bildern mit unterschiedlichem Dynamikbereich, insbesondere Spitzenhelligkeit, sondern ein gesamtes Spektrum entsprechender unterschiedlicher DR-Regradings, darum, Beziehungen zwischen den verschiedenen möglichen normierten Luma-Werten herzustellen, die Pixel von solchen mindestens zwei in Beziehung setzbaren Bildern aufweisen können, z. B. 0,2 in Bild_1, entsprechend 0,4 in Bild 2, usw. Dies ist es, was die Luma-Abbildungsfunktionen zwischen einer Situation, d. h. Regrading von einer Spezies, und einer anderen ausgewählten unterschiedlichen Situation, definieren.

[0093] Bei standardisiertem Algorithmus bedeutet dies, dass es eine festgelegte Art und Weise geben muss, um einen ersten Satz möglicher Funktionen (die viele verschiedene Formen und Definitionen aufweisen können) mit einem zweiten Satz entsprechender Funktionen in Beziehung zu setzen. D. h., der Designer des Codierers und des Decodierers hat in einigen (oder sogar allen) Kommunikationstechnologien ein Verfahren definiert, das nur eindeutig spezifiziert, wie die Form (typischerweise auf Achsen, die auf 1,0 normiert sind) einer beliebigen Eingangsfunktion in die Form der Ausgangsfunktion umgewandelt werden kann. Es können verschiedene derartige Algorithmen existieren, somit könnte der Codec-Designer grundsätzlich entscheiden, die Ordnungsnummer eines beliebigen derartigen Algorithmus - z.B. die vereinbarte Algorithmusnummer 3 - dem Decodierer übermitteln zu wollen usw.; eine solche Komplexität ist jedoch normalerweise nicht erforderlich, da unser Verfahren perfekt und am einfachsten funktioniert, indem es lediglich einen festen standardisierten Funktionstransformationsalgorithmus, z. B. den in der nachstehenden unterstützenden mathematischen Berechnung, im Voraus vereinbart.

[0094] Für das schnelle Verständnis des Lesers wäre Folgendes ein einfaches Beispiel für einen solchen Algorithmus. Angenommen, die Eingangsfunktionen sind Potenzfunktionen: $\text{Potenz}(x_{\text{in}}; P)$, dann könnte der Algorithmus entsprechende Funktionen $\text{Potenz}(x_{\text{in}}; P-1)$ ableiten. Durch Invertierung könnten die ursprünglichen Funktionen auch beim Empfang der entsprechenden Funktionen (durch den +1-Algorithmus) wieder abgeleitet werden.

[0095] Es gilt das Missverständnis zu vermeiden, dass der standardisierte Algorithmus selbst typischerweise nicht an Empfänger übermittelt wird, sondern nur die sich daraus ergebenden entsprechenden Ausgangsfunktionen. Deshalb ist er standardisiert bzw. vorvereinbart, d. h. muss festgelegt sein, damit der Decodierer erkennen kann, was auf der Codierseite geschehen ist. Die Art, wie dies vereinbart wurde, ist für das Verständnis der Technik im patentierten Zustand nicht besonders relevant. Beispielsweise können 5 verschiedene feste Algorithmen vorhanden sein, und ein Kabelnetzbetreiber kann entscheiden, mit dem Algorithmus 3 zu codieren, und seinen Kunden Settop-Boxen liefern, die entsprechend auf Decodieren des festen Algorithmus 3 eingestellt sind (selbst wenn die STB gelegentlich für andere Videokommunikationen auf z. B. Algorithmus 4 zurückgesetzt werden könnte; Algorithmusänderungen werden jedoch im Allgemeinen nicht erforderlich sein, obwohl Änderungen der PB_CH beispielsweise für verschiedene Kabelkanäle interessant sein können).

[0096] Man beachte auch unbedingt, dass den Empfängern typischerweise nicht die entsprechende angepasste Luma-Abbildungsfunktion F_{H2hCl} mitgeteilt wird, sondern es wird noch eine andere dann weiter ableitbare Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_{I2sCl}) übermittelt, und der Decodierer muss auch diese doppelte

Ableitung irgendwie umkehren. Tatsächlich wird das gesamte Regrading-Abbildern in zwei Teile unterteilt, so dass, wenn der erste Teil standardisiert ist, auch der zweite Teil definiert wird, so dass die Inversion dieser IDR-Codierung durch Decodierer (wenn auch schwierig) als wahrscheinlich möglich angesehen werden könnte (wodurch eine Konstruktion und ein korrektes Funktionieren des neuen SLHDR2PLUS-Codecs möglich wird).

[0097] Wir haben dieses Konzept des standardisierten codierbaren Algorithmus zur spitzenhelligkeitsabhängigen Funktionsänderung mit **Fig. 24** etwas weiter verdeutlicht. Auf der linken Seite sehen wir daher, dass es verschiedene Vorkommen der Funktion FL_{50t1} geben kann, die durch den Automaten des Graders oder der Inhaltserstellungsseite zur Bestimmung der Regrading-Funktion konzipiert ist. Beispielsweise kann FL_{50t1_1} für eine HDR-Szene bestimmt worden sein, in der es, wenn wichtige Aktionen geschehen, recht tiefe Schwarztöne gibt, die erheblich aufgehellt werden müssen, um auf Displays mit niedrigerem Dynamikbereich noch ausreichend sichtbar zu sein, jedoch sind die hellsten Teile nicht so kritisch - wie z. B. Lampen von Straßenleuchten - und können mit einer einzigen fast maximalen weißen Luminanz auf jedem beliebigen Display dargestellt werden (oder das daraus berechnete Bild, das heißt, das genau diese absoluten Luminanzen enthält, wie sie auf diesem Display wiedergegeben werden sollen, oder genauer gesagt, üblicherweise die Luma-Codes, mit denen diese Luminanzen codiert werden). Im Gegensatz dazu wurde FL_{50t1_2} für ein Bild oder eine Aufnahme von aufeinanderfolgenden Bildern erstellt, die einen anderen Typ von HDR-Szene enthält, bei der es sowohl ein wichtiges Objekt geringerer Helligkeit (oder genauer: Regime) als auch ein Objekt höherer Helligkeit gibt, die zu speziell abgestimmten Regrading-Kurvenformen auf beiden Seiten „der Mitte“ geführt haben. FL_{50t1_3} ist noch eine weitere mögliche Eingangsfunktion in den standardisierten Algorithmus, der von der HDR-Funktionserzeugungseinheit **901** angewendet wird, die z. B. für eine Tagesszene mit sehr hellem Inhalt (und einem Master mit nicht zu hohem PB_C) und einigen lokalen dunkleren Regionen, wie z. B. dem Eingang eines Tempels in einer Szene im Freien in Indien, auftreten kann.

[0098] Für jede dieser drei Situationen und all die Millionen anderer bestimmt die Einheit **901** eine Ausgangsfunktion. Die Eigenschaft dieses Algorithmus besteht darin, dass diese Funktion ähnlich geformt ist, aber näher an der Diagonalen liegt (denn wenn die ursprüngliche Funktion ein Regrading zwischen z. B. einem X-Nit PB_C -Bild und einem entsprechenden Y-Nit PB_{C2} -Bild, das angemessen ähnlich aussieht, soweit es die Fähigkeiten erlauben, beispielsweise einem 100 Nit-Bild, darstellt, dann wird das Regrading von X- auf ein Z-Nit PB_C -Bild mit Z z. B. in der Mitte zwischen X und Y ein ähnliches Regrading beinhalten, jedoch in geringerem Umfang; würde man von X auf X abbilden, so hätte man eine Identitätstransformation entsprechend der Diagonalen).

[0099] Es gibt mehr als eine Art und Weise, wie man einen solchen standardisierten Algorithmus definieren kann, um eindeutig die den jeweiligen Eingangsfunktionen entsprechenden Ausgangs- F_{H2hCI_1} , F_{H2hCI_2} und F_{H2hCI_3} Luminanzabbildungsfunktionen zu erhalten, und die Einzelheiten hierzu stellen nicht wirklich ein wesentliches Element dieser Erfindung dar, abgesehen davon, dass man über einen genormten Algorithmus verfügen muss, der sich als solcher verhält. Zum Beispiel kann man typischerweise eine Metrik definieren (Quantifizieren der PBCCH-Abhängigkeit von der codierbaren maximalen Luminanz des ausgewählten PB_{C_CH} -IDR-Bildes), die verwendet werden kann, um die Punkte $y(x)$ der Eingangsfunktion für jede normierte Eingangsluminanz auf irgendeine Weise (z. B. weitgehend äquidistant oder uneinheitlich usw.) in Richtung der Diagonalen zu verschieben. Obwohl man auch vertikal verschieben kann, verschiebt eine recht gut funktionierende bevorzugte Ausführungsform, wie sie nachstehend näher erläutert wird, solche Funktionspunkte auf Bahnen orthogonal zur Diagonalen von $[0,0]$ nach $[1,1]$.

[0100] Eine vorteilhafte Ausführungsform des Videocodierers mit hohem Dynamikbereich (**900**) ist dadurch gekennzeichnet, dass der standardisierte Algorithmus der HDR-Funktionserzeugungseinheit (**901**) eine Kompression in Richtung der Diagonalen der Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_{50t1}) anwendet, um die angepasste Luma-Abbildungsfunktion (F_{H2hCI}) zu erhalten, bei der alle Ausgangs-Luma-Werte der Funktion mit einem Skalierungsfaktor skaliert werden, der von der ersten maximalen Pixelluminanz ($PB_C H50$) und der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB_{CH}) abhängig ist.

[0101] Es kann verschieden definierte F_{L50t1} -Funktionen geben (die nachstehende Paradedefinition ist ein Beispiel davon) und sie können auf verschiedene Weise durch den standardisierten Algorithmus skaliert werden, aber typischerweise wird eine Skalierung involviert sein, und diese Skalierung ist abhängig vom Startwert PBC_{H50} und dem Sollwert $PB_{CH}=PB_{IDR}$. Dies kann durch unterschiedliche Metriken geschehen, jedoch hat der Anmelder im Lauf der Jahre festgestellt, dass es praktisch ist, den Skalierungsfaktor basierend auf psychovisuell einheitlichen Werten und Verhältnissen der Spitzenhelligkeiten zu definieren, indem sie durch die v -Funktion gesendet werden, d. h. einen Skalierungsfaktor basierend auf v -Funktions-Luma-Ausgängen zu definieren, die den zwei Spitzenhelligkeiten (und möglicherweise der dritten PB_C des SDR-Bildes) entsprechen.

[0102] Eine vorteilhafte Ausführungsform des Videocodierers mit hohem Dynamikbereich (**900**) umfasst einen Begrenzer (**1804**), der so angeordnet ist, dass er eine Steigung der Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) für einen Teilbereich der normierten Luma-Werte, der das hellste normierte Luma gleich 1,0 umfasst, neu bestimmt. Dies ist nicht für viele Ausführungsformen erforderlich, aber insbesondere eine nützliche Art und Weise, um mit einer bestimmten Wahl der Codierung HG COD der Highlight Gains von Paras umzugehen, die in ETSI2 standardisiert wurde, so dass diese besondere Ausführungsform mit alledem vollständig übereinstimmt.

[0103] Eine entsprechende Spiegeltechnologie des Codierers, die de facto die gesamte Codierungsverarbeitung rückgängig macht, weil sie alle benötigten Informationen (selbst wenn solche Informationen eigentlich nicht übermittelt wurden) erneut ableiten kann, ist ein Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (**1100**), der einen Bildeingang (**1110**) aufweist, um ein Bild mit Zwischendynamikbereich (IDR) zu empfangen, das eine zweite maximale Pixelluminanz (PB_CH) aufweist, die um einen Multiplikationsfaktor niedriger ist, der vorzugsweise 0,8 oder weniger als eine erste maximale Pixelluminanz (PB_C H50) eines Master-Bildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) beträgt, wobei die zweite maximale Pixelluminanz (PB CH) über einen zweiten Metadateneingang (**1112**) empfangen wird, wobei der Decodierer einen ersten Metadateneingang (**1111**) aufweist, um eine Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) zu empfangen, welche die Transformation aller möglichen normierten Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) in entsprechende normierte Luma-Werte eines LDR-Maximalpixelluminanz-Bildes mit niedrigem Dynamikbereich (Im LDR) definiert, wobei der Decodierer dadurch gekennzeichnet ist, dass er einen dritten Metadateneingang (**1113**) aufweist, um die erste maximale Pixelluminanz (PB_C H50) zu empfangen, und wobei der Decodierer umfasst:

- eine Luminanz-Funktionsbestimmungseinheit (**1104**), die ausgelegt ist, um einen standardisierten Algorithmus anzuwenden, um die Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) in eine decodierende Luma-Abbildungsfunktion (F_ENCINV H2I) umzuwandeln, die als Ausgang für jede mögliche eingegebene normierte Luma eines Pixels des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) eine entsprechende normierte HDR-Luma des Master-Bildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) spezifiziert, das die Werte der ersten maximalen Pixelluminanz (PB_C H50) und der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH) verwendet; und
- einen Farbtransformator (**1102**), der ausgelegt ist, um nacheinander auf eingegebene normierte Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) die decodierende Luma-Abbildungsfunktion (F_ENCINV H2I) anzuwenden, um normierte rekonstruierte Luma-Werte (L_RHDR) von Pixeln eines rekonstruierten Master-HDR-Bildes (REC_M HDR) zu erhalten; wobei der Decodierer ferner einen Bildausgang (**1120**) aufweist, um das rekonstruierte Master-HDR-Bild (REC_M_HDR) auszugeben. Bei der max. LDR-Luminanz handelt es sich wiederum vorzugsweise um die standardisierte 100-Nit-SDR-Luminanz, wobei jedoch auch ähnlich arbeitende zukünftige Varianten denkbar sind, bei denen das Bild mit niedrigem (d.h. niedrigstem) Dynamikbereich (d. h. max. Luminanz) des regradierten Bildspektrums und dessen Kommunikation z. B. ein 200-Nit-Bild ist.

[0104] So wird das MsterHDR-Bild tatsächlich nicht als ein Bild empfangen, sondern immer noch eindeutig durch die Daten definiert, die empfangen werden (obwohl formal dieses MsterHDR-Bild das entsprechende Master-Bild ist, das an der Stelle des entsprechenden abgestimmten Codierers vorhanden war, und der Decodierer nur nahezu identisch ein REC_M_HDR-Bild aus dem IDR-Bild rekonstruiert, das empfangen wurde, wobei verschiedene Funktionen MsterHDR-Bildeigenschaften auch an einer beliebigen Decodierungsstelle definieren). Unterschiedliche Kunden können verschiedene Werte von sowohl PB_C_H50 als auch PB IDR wählen. Der erste kann vom Content Creator aus verschiedenen Gründen gewählt werden, wie z. B., weil er einen 4000-Nit-Bewertungsmonitor erworben hat oder weil er seinen Master-Inhalt mit einer bestimmten besten Qualität versehen möchte (z. B. alles bei PB_C nicht weniger als 10.000 Nit erstellen/definieren), oder weil gewisse Arten von Bildern eine gewisse Qualität erfordern, d. h. PB_C_H50, zumindest gemäß dem Creator (z. B. können eine spektakuläre Feuerwerk-Vorführung oder eine Lichter-Show oder ein Pop-Konzert einen höheren PB_C_H50 erhalten als z. B. ein angemessen gleichmäßig beleuchtetes Tennis-Spiel oder eine Nachrichtenablesung).

[0105] Der PB_IDR-Wert kann basierend auf unterschiedlichen technischen Überlegungen ausgewählt werden, z. B. einer Bewertung des typischen Kunden eines Videokommunikationsunternehmens, und dieses Kommunikationsunternehmen ist oft nicht das gleiche wie das Erzeugungsunternehmen.

[0106] In der Regel ist es nicht allzu sinnvoll, einen regradierten IDR-Inhalt zu erstellen, der sich um weniger als mindestens 20 % in PB_C unterscheidet (d. h. Faktor 0,8, obwohl prinzipiell die Werte der PB-Cs näher liegen könnten, z. B. 0,9), jedoch gibt es häufig in der Regel einen Multiplikationsfaktor von 2 oder mehr zwischen den PB-Cs (z. B. 2000-Nit-Master-Material, das an einige PB_CH unter 1000 Nit, z. B. 800, 700 oder 600 Nit und typischerweise über 500 Nit gesendet wird). Der PB_C_H50 an der Decodierungsstelle ist in der

Regel ähnlich den anderen Metadaten und insbesondere dem PB_CH-Wert, so dass er in der Regel als Metadaten empfangen wird, die den Videodaten zugeordnet sind, z. B. nicht einschränkende SEI-Nachrichten oder spezielle Pakete auf einem Videokommunikationsprotokoll, usw. (sei es in einer logischen Datenstruktur oder mehreren Strukturen, je nachdem, was für jedes standardisierte oder nicht standardisierte Videokommunikationsprotokoll am besten zutrifft, was ein weniger wichtiges Detail der vorgestellten neuen Technologie ist). Da der Decodierer einen standardisierten Algorithmus verwendet hat, um letztendlich zum IDR-Bild und seinen ETS12-konformen Metadaten zu kommen, kann ein entsprechender standardisierter Algorithmus für und in dem Decodierer gestaltet werden, der letztendlich die benötigte F_ENCINV_H2I Luma-Abbildungsfunktion zur Rekonstruktion der REC_M_HDR-Bildpixel-Luma-Werte bestimmt (was auch immer dann mit diesem Bild geschieht, das als eine typische Anwendung angezeigt wird, aber z. B. das Speichern auf einem Festplattenrekorder ein anderes ist).

[0107] Eine interessante Ausführungsform des Videocodierers mit hohem Dynamikbereich (**1100**) ist dadurch gekennzeichnet, dass der standardisierte Algorithmus der Luminanz-Funktionsbestimmungseinheit (**1104**) einen Skalierungsfaktor berechnet, der von der ersten maximalen Pixelluminanz (PB C H50) und der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH) abhängt. Wie erwähnt, kann dies entsprechend auf verschiedene Weise geschehen, jedoch sind die psychovisuell einheitlichen v-funktionsbasierten Skalenfaktoren in der Praxis für eine gut gesteuerte HDR-Bildverarbeitung praktisch und erfüllen die verschiedenen sogar kritischen künstlerischen Bedürfnisse bei gleichzeitiger Steuerung der technologischen Komplexität.

[0108] Eine nützliche Ausführungsform des Videocodierers mit hohem Dynamikbereich (**1100**) weist die Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) auf, die durch eine Luma-Abbildung definiert ist, die aus einem ersten linearen Segment mit einer ersten Steigung (SG_gr) für einen Bereich von dunkel normierten Luma-Werten, einem zweiten linearen Segment mit einer zweiten Steigung (HG gr) für einen Bereich hell normierter Luma-Werte und einem parabolischen Segment für Luma-Werte zwischen den zwei Bereichen besteht. Bei der entsprechenden Mathematik wird unter anderem eine Gleichung zweiter Ordnung gelöst, um den benötigten kanalangepassten Highlight Gain für die Rekonstruktion zu erhalten. Dies ist ein nützlicher HDR-Regrading-Anforderungsansatz erster Ordnung, der für Märkte mit nicht den höchsten Pixelfarbsteuerungsanforderungen geeignet ist, wie z. B. Reality-Fernsehsendungen (im Gegensatz zu z. B. der detaillierten Farbsteuerung, die manchmal z. B. an Blockbuster-Filmen beteiligt ist). Wie nachstehend erwähnt, könnte dies in einigen weiter unterteilten Ausführungsformen entweder die einzige Komponente sein, die Funktion F_L50t1 und alle ableitbaren Funktionen vollständig definiert (z. B. die übermittelten Funktionen zusammen mit dem IDR-Bild: F_I2S), es könnte aber auch eine teilweise Definition dieser Regrading-Funktion sein, z. B. Definieren des gesamten Regradings zusammen mit einer benutzerdefinierbaren Funktion, wie in **Fig. 4** verdeutlicht.

[0109] In einer nützlichen Ausführungsform des Videocodierers mit hohem Dynamikbereich (**1100**) ist sein Farbtransformator (**1102**) ausgelegt, um Pixel-Luma-Werte eines Bildes mit mittlerem Dynamikbereich (MDR **300**) zu berechnen, das eine maximale Pixelluminanz (PB MDR) aufweist, die nicht gleich den Werten 100 Nit, der ersten maximalen Pixelluminanz (PB C H50) und der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH) ist, und wobei der Decodierer einen Bildausgang (**1122**) zum Ausgeben des Bildes mit mittlerem Dynamikbereich (MDR **300**) aufweist. Obwohl eine Rekonstruktion des REC_MHDR-Bildes alles sein kann, was für einige Einrichtungen in einigen Untermärkten benötigt wird (wobei möglicherweise alle Arten von anderen Transformationen auf das rekonstruierte Bild angewendet werden), ist es vorteilhaft, dass einige Ausführungsformen unserer SLHDR2PLUS-Decodierer neben der bloßen Rekonstruktion des Master-HDR-Bildes auch entsprechende Bilder mit anderen PB_C berechnen können, z. B. ein MDR-Bild, das direkt auf einer Anzeige mit beliebigen PB_D angezeigt werden kann. Dies verwendet auch die mathematischen Prinzipien der vorliegenden Erfindung, z. B. auf die in **Fig. 16** verdeutlichte Weise, oder auf jede äquivalente Weise.

[0110] Eine andere nützliche Ausführungsform des Videocodierers mit hohem Dynamikbereich (**1100**) weist einen Metadatenausgang (**1121**) zum Ausgeben einer Luma-Abbildungsfunktion (F_L_subsq) auf, die für alle normierten Luma-Werte des rekonstruierten Master-HDR-Bildes (REC M HDR) oder alternativ des Bildes mit mittlerem Dynamikbereich (MDR **300**) entsprechende Luma-Werte eines Bildes mit einer anderen maximalen Pixelluminanz definiert, wobei diese andere maximale Pixelluminanz vorzugsweise 100 Nit oder ein Wert größer oder kleiner als der maximale Luminanz-Wert des rekonstruierten Master-HDR-Bildes (REC_M_HDR) bzw. alternativ des Bildes mit mittlerem Dynamikbereich (MDR **300**) ist. Es kann sein, dass das empfangene IDR-Bild als ein REC_M_HDR-Bild rekonstruiert wird, um nicht direkt auf einer schlichten Monitoranzeige angezeigt zu werden, sondern an ein System gesendet zu werden, das weitere kolorimetrische Berechnungen durchführt. Es ist dann nützlich, dass die Decodiererausführungsform auch eine geeignete Luma-Abbildungsfunktion ausgeben kann, die nämlich in der Regel eine Luma-Abbildungsfunktion bedeutet, die dem Bild zugeordnet ist, das ausgegeben wird, z. B. dem REC_M_HDR-Bild (zugeordnet, was in der Regel bedeutet, dass

die eingegebenen normierten Luma-Werte dieser Funktion wie definiert die normierten Luma-Werte des Bildes sind, das gleichzeitig ausgegeben wird, und die Ausgänge der Funktion die normierten Luminanzen eines Referenzbildes sind, das üblicherweise das SDR-Bild ist, da es standardisiert ist, um $PB_C=100$ Nit aufzuweisen, was in der Regel die niedrigste Qualität ist, die man in der HDR-Era voraussetzen würde, wobei dies nicht ausschließt, dass jemand die vorliegende Lehre mit PB_C für die Ausgabeordinate anwenden möchte, welche die mitübermittelte Funktion mit z. B. 80 oder 50 Nit definiert).

[0111] Alles, was für Einrichtungen (oder Teile oder Aggregationen von Einrichtungen) formuliert ist, kann äquivalent formuliert werden als Signale, Speicherprodukte, die Bilder umfassen, wie Blu-Ray-Disks, Verfahren usw., z. B.:

ein Verfahren zum Videocodieren mit hohem Dynamikbereich eines empfangenen eingegebenen Bildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR), das eine erste maximale Pixelluminanz (PB_C_H50) aufweist, umfassend das Empfangen einer Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1), wobei die Luma-Abbildungsfunktion eine Beziehung zwischen normierten Luma-Werten des eingegebenen Bildes mit hohem Dynamikbereich und normierten Luma-Werten eines entsprechenden Bildes mit niedrigem Dynamikbereich (Im LDR) definiert, das eine maximale LDR-Pixelluminanz aufweist, die vorzugsweise einen Wert gleich 100 Nit aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Codieren ferner das Empfangen einer zweiten maximalen Pixelluminanz (PB_CH) umfasst und das Codieren Folgendes umfasst:

- Anwenden eines standardisierten Algorithmus, um die Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) in eine angepasste Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) umzuwandeln, die normierte Luma-Werte des eingegebenen Bildes mit hohem Dynamikbereich mit normierten Luminanzen eines Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) in Beziehung setzt, das dadurch gekennzeichnet ist, dass es eine maximal mögliche Luminanz aufweist, die gleich der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB_CH) ist;

- Anwenden der angepassten Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) auf Luma-Werte von Pixeln des eingegebenen Bildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR), um Luma-Werte von Pixeln des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) zu erhalten;

- Ableiten, auf der Basis der Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) und der angepassten Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI), einer Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI), die als Ausgang die jeweiligen normierten Luma-Werte des Bildes mit niedrigem Dynamikbereich (Im LDR) definiert, wenn sie als Eingang die jeweiligen normierten Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) ergeben, wobei die Luma-Werte wiederum jeweiligen Luma-Werten des eingegebenen Bildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) entsprechen;

- Ausgeben des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR); und

- Ausgeben der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB_CH), der Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) und der ersten maximalen Pixelluminanz (PB_C_H50).

oder ein Verfahren zum Videocodieren mit hohem Dynamikbereich eines empfangenen Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR), wobei das Bild eine zweite maximale Pixelluminanz (PB_CH) aufweist, die um einen multiplikativen Faktor niedriger ist, der vorzugsweise 0,8 oder niedriger ist als eine erste maximale Pixelluminanz (PB_C_H50) eines Master-Bildes mit Hochdynamikbereich (MsterHDR), wobei die zweite maximale Pixelluminanz (PB_CH) als Metadaten des Bildes mit Zwischendynamikbereich empfangen wird, wobei das Decodierverfahren auch in Metadaten eine Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) empfängt, welche die Transformation aller möglichen normierten Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) in entsprechende normierte Luma-Werte eines maximalen Pixelluminanz-LDR-Bildes mit niedrigem Dynamikbereich (Im LDR) definiert, und wobei das Decodierverfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass es die erste maximale Pixelluminanz (PB_C_H50) empfängt, und wobei das Decodierverfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass es umfasst:

- Anwenden eines standardisierten Algorithmus, um die Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) in eine decodierende Luma-Abbildungsfunktion (F_ENCINV_H2I) umzuwandeln, die als Ausgang für jeden möglichen Eingang normierte Luma-Werte eines Pixels des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) eine entsprechende normierte HDR-Luma des Master-Bildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) spezifiziert, das die Werte der ersten maximalen Pixelluminanz (PB_C_H50) und der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB_CH) verwendet;

- Anwenden auf die normierten Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) der decodierenden Luma-Abbildungsfunktion (F ENCINV H2I), um normierte rekonstruierte Luma-Werte (L RHDR) von Pixeln eines rekonstruierten Master-HDR-Bildes (REC M HDR) zu erhalten; und
- Ausgeben des rekonstruierten Master-HDR-Bildes (REC M HDR).

[0112] Fig. 25 veranschaulicht wunderbar das vorliegende SLHDR2PLUS-codierte HDR-Bildsignal (**2501**), d. h. eine z. B. 4kx2k-Matrix von Pixelfarben **2502** (YCbCr oder eine beliebige Farbdarstellung, die durch bekannte kolorimetrische Gleichungen durch einen Vorprozessor [nicht gezeigt] in die erforderliche YCbCr-Darstellung berechnet werden kann), und die notwendigen Metadaten: eine Luminanz-Abbildungsfunktion F_{I2sCI} und die zwei PB_C-Werte. Falls dieses HDR-Bildsignal an einen Standard-SLHDR2-Decodierer **2510** übermittelt und von diesem empfangen wird, da F_{I2sCI} die normale Funktion ist, würde dieser Decodierer erwarten, sich von seiner empfangenen Bildspitzenhelligkeit zu regradieren (PB_CH, im Beispiel 800 Nit, auf jede niedrigere Spitzenhelligkeit, kann er „Optimieren“ für z. B. eine verbundene 350-Nit-Anzeige mit mittlerem Dynamikbereich durch Berechnen von Im350 durch Anzeigoptimierung anzeigen (was wie gesagt nicht der Haupt Gesichtspunkt dieser Anmeldung ist, sondern nur als eines der Anfangsgestaltungskriterien möglich wird, um zu dem neuartigen Codec-Framework zu kommen, und man kann für die Anzeigoptimierung z. B. ein Verfahren verwenden, wie es in US20160307602 oder in einem ähnlichen offenbart ist). Es wird nun aber auch möglich, dass jeder mit einem SLHDR2PLUS-Decodierer **2520**, z. B. neu von einem Kabelbetreiber, der entscheidet, diesen Dienst einzuführen, und dergleichen, andere Bilder von PB_C über dem PB_CH-Wert erstellen kann, z. B. eine Rekonstruktion des beispielhaften 5000-Nit-Master-HDR-Bildes (d. h. Ausgangsbild Im 5000) oder eines beliebigen anzeigeangepassten Bildes zwischen PB_C H50 und PB_CH oder möglicherweise sogar über PB_C_H50, wie das ImI250-anzeigeangepasste Bild usw.

[0113] Interessante Ausführungsformen von Decodierern bezüglich der Chroma-Verarbeitung sind unter anderem:

Ein Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (**900**), bei dem die Luminanz-Funktionsbestimmungseinheit (**1104**) ferner ausgelegt ist, um eine ursprüngliche Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve (**2801**) in Abhängigkeit von einer Kanalsättigungsverstärkungsspezifikationskurve (**2804**) und der Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_{I2sCI}) zu bestimmen.

Ein Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (**900**), bei dem die ursprüngliche Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve (**2804**) ferner von einer Sättigungspositionskorrekturfunktion (FSNL) abhängt, die einer Gleichung entspricht, die eine Leistungsfunktion des Werts der normierten Luma-Werte beinhaltet. Die hierfür am besten verwendeten normierten Luma-Werte sind solche, die in Bezug auf, d. h. durch Teilen durch die Master-HDR-Bildspitzenhelligkeit PB_C_MHDR, z. B. 5000 Nit, definiert sind.

[0114] Dies gilt auch an einer Codiererseite mit unter anderem einem Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (**900**), bei dem die HDR-Funktionserzeugungseinheit (**901**) ausgelegt ist, um eine Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve in Abhängigkeit von einer ursprünglichen Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve (**2801**) und der angepassten Luma-Abbildungsfunktion (F_{I2sCI}) zu bestimmen. Oder das Gleiche als Farbverarbeitungsverfahren, das in jeder beliebigen technischen Einrichtung durchgeführt wird, z. B. einer integrierten Decodierschaltung in einer Verbraucher-Settop-Box oder dergleichen, oder auf einem Mobiltelefon, oder eine Codierer-IC in einer Produktionseinrichtung in einem Außenrundfunk-LKW, oder einen Endcodierer oder Transcodierer auf dem Gelände eines Kabelbetreibers, oder der auf dem Server eines Over-the-Top-Inhaltsanbieters läuft, oder bei einem Lieferanten in Schauspielburgen usw.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0115] Diese und andere Gesichtspunkte des Verfahrens und der Einrichtung gemäß der Erfindung werden unter Bezugnahme auf die nachstehend beschriebenen Implementierungen und Ausführungsformen und unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen offensichtlich und verdeutlicht, die lediglich als nicht einschränkende spezifische Veranschaulichungen dienen, die allgemeinere Konzepte veranschaulichen, und in denen gestrichelte Linien verwendet werden, um anzugeben, dass eine Komponente optional ist, wobei nicht gestrichelte Komponenten nicht notwendigerweise wesentlich sind. Gestrichelte Linien können auch verwendet werden, um jene Elemente anzugeben, die als wesentlich, aber im Inneren eines Objekts verborgen erklärt werden, oder um materielle Dinge, wie z. B. Auswahlen von Objekten/Bereichen (und wie sie auf einer Anzeige gezeigt werden können) anzugeben.

[0116] In den Zeichnungen:

veranschaulicht **Fig. 1** schematisch eine Anzahl typischer Farbtransformationen, die auftreten, wenn man ein Bild mit hohem Dynamikbereich optimal auf ein entsprechendes optimal farbgradiertes und ähnlich aussehendes (so ähnlich wie gewünscht und möglich, aufgrund der Unterschiede im ersten bzw. zweiten Dynamikbereich DR_1 bzw. DR_2) Bild mit niedrigem Dynamikbereich, z. B. ein Bild mit Standard-Dynamikbereich mit 100 Nit Spitzenhelligkeit, das im Falle einer Reversibilität (Modus 2) auch einer Abbildung eines SDR-Bildes entsprechen würde, wie es von Empfängern (Decodierern) empfangen wurde, wobei das SDR-Bild tatsächlich die HDR-Szene codiert;

zeigt **Fig. 2**, wie ein Aufnahmesystem für HDR-Bilder aussehen kann;

verdeutlicht **Fig. 3** eine mögliche Weise, HDR-Bilder als einige Bilder einer bestimmten (unterschiedlichen) Spitzenhelligkeit und in Metadaten mitübermittelten Luminanz-Abbildungsfunktionen zu kommunizieren, die typischerweise als Luma-Abbildungsfunktionen definiert sind, z. B. als verwendbare ältere SDR-Bilder Im_LDR, z. B. gemäß einem bevorzugten Ansatz des Anmelders, auf hoher konzeptioneller Ebene, um die Verdeutlichung für neu in dieser Technologie seiende Leser zu starten;

zeigt **Fig. 4** verschiedene weitere Details der Codierung von HDR-Bildern gemäß dem speziellen Ansatz des Anmelders, wie sie in ETSI2 standardisiert ist, wobei die Gesichtspunkte benötigt werden, um verschiedene Details verschiedener Lehren des nachstehend beschriebenen neuartigen SLHDR2PLUS-Codier-Ansatzes zu verstehen;

verdeutlicht **Fig. 5**, wie die Farbtransformationen und insbesondere die Luma-Transformationen der Regradings in der YCbCr-Farbskala arbeiten;

verdeutlicht **Fig. 6** unser Konzept der benutzerdefinierbaren Kurve in einigen weiteren Details durch Erklären einer nützlichen Anwendung;

erklärt **Fig. 7** eine Grundansicht über Codierung im Zwischendynamikbereich (IDR) und Kommunikation eines ursprünglichen Master-HDR-Bildes sowie das nicht damit zu verwechselnde Konzept von Bildern mit mittlerem Dynamikbereich (MDR), die in der Regel aus einem beliebigen empfangenen Bild berechnet werden, um sie für die Anzeige auf einer beliebigen bestimmten Anzeige der Anzeigespitzenhelligkeit PB_D als verfügbar zu optimieren, z. B. dem bestimmten HDR tv, das von einem beliebigen Endverbraucher gekauft wurde, der beabsichtigt, das empfangene HDR-Video anzusehen;

verdeutlicht **Fig. 8** ferner, wie das IDR-Problem anzugehen ist, insbesondere zum Lösen davon in einer spezifischen automatisch berechenbaren Weise durch Decodierer und insbesondere, wenn mindestens einige der Decodierer, die möglicherweise den Inhalt empfangen, ETSI2-konforme Decodierer sind, die bereits auf dem Markt erhältlich sind und bei denen ein Upgrade mit der neuen SLHDR2PLUS-Technologie (z. B. weil der Besitzer des Fernsehers oder STB diesen nicht upgradet) vielleicht nicht so einfach ist;

zeigt **Fig. 9** einen allgemeinen Aufbau der technischen Teile, die in der Regel für den neuen SLHDR2PLUS-Codierer der vorliegenden Anmeldung benötigt werden;

verdeutlicht **Fig. 10** einige grundlegende technische Gesichtspunkte, die am konsekutiven Ableiten der verschiedenen entsprechenden Luma-Abbildungsfunktionen durch einen Codierer beteiligt sind, insbesondere verdeutlicht am Beispiel einer Para-Luma-Abbildungsfunktion;

zeigt **Fig. 11** eine mögliche typische High-Level-Konstruktion eines neuartigen SLHDR2PLUS-Decodierers, der einigen der Ausführungsformlehren der nachstehend verschiedenen Möglichkeiten folgt, um SLHDR2PLUS-Videokommunikationen zu realisieren;

erklärt **Fig. 12** ferner einige Gesichtspunkte des Schwarz-Weiß-Offsets, wenn vom Content Creator in seinen Master-Luma-Abbildungsfunktionen ausgewählt, welche die Regrading-Anforderungen seines Videoinhalts gemäß seiner Ansicht definieren;

beschreibt **Fig. 13** die technischen Grundlagen eines bevorzugten Ansatzes eines festen Algorithmus zum Ableiten einer kanalangepassten Version einer Para gemäß einem Diagonalskalierungsprinzip;

verdeutlicht **Fig. 14** einige Gesichtspunkte der inversen Kurve einer Para, einer sogenannten Abcara;

beschreibt **Fig. 15** im Detail einige Gesichtspunkte eines SLHDR2PLUS-Decodierers;

verdeutlicht **Fig. 16** eine nützliche Weise, um eine Anzeigeanpassung zu implementieren, um ein MDR-Bild für eine bestimmte PB_D-Anzeige zu berechnen, die in die neuen technischen SLHDR2PLUS-Codierprinzipien der vorliegenden Anmeldung integriert ist;

verdeutlicht **Fig. 17** einige weitere Gesichtspunkte der Kanalanpassung von Schwarz-Weiß-Offsets (BLO & WLO), um die nachstehende Mathematik zu begleiten und zu vereinfachen und die allgemeine physikalisch-technische Begründung zu geben;

zeigt **Fig. 18** eine andere Ausführungsform der SLHDR2PLUS-Codierung (oder tatsächlich mehrerer Lehren verschiedener Ausführungskombinationen, die mit einer Figur verdeutlicht sind), die insbesondere nützlich ist, da die codierten Bilder direkt durch bereits eingesetzte Standard-ETS12-Decodierer decodiert werden können;

verdeutlicht **Fig. 19**, wie entsprechende Versionen einer ursprünglichen benutzerdefinierten Master-Kurve für verschiedene abhängige Spitzenhelligkeitsbilddarstellungen (egal ob Eingangsbild- oder Ausgangsbild) zu bestimmen sind, z. B. ein IDR-Bild mit einer Co-Spezifikation einer benutzerdefinierten Kurve, um grob abgebildete IDR-Luma-Werte auf präzise endgültige SDR-Luma-Werte, wie z. B. durch einen Filmerzueger-Grader erwünscht, fein abzustimmen;

zeigt **Fig. 20** zugrundeliegende technische Grundlagen des Ansatzes von **Fig. 18** auf einem Spektrum von regradierbaren Bildern;

verdeutlicht **Fig. 21** die Extrapolation einer Anpassung einer Luma-Abbildungsfunktion (z. B. einer Para) über einen höchsten Wert eines Ausgangsbildes (entsprechend einer Einheitstransformation oder der Diagonalen in dem Diagramm) hinaus und damit auch eine Beziehung zwischen einer spezifischen ausgewählten Para-Funktionsform und einer entsprechenden Abcara;

verdeutlicht **Fig. 22** schematisch, wie eine spezifische Ausführungsform des Begrenzens des Highlight Gains einer Para mit der Luminanz-Regrading zwischen normierten Eingangs- und Ausgangs-Luma-Werten arbeitet;

veranschaulicht **Fig. 23** schematisch eine Gesamt-HDR-Kommunikations- und Handhabungskette, um klar auf den Unterschied zwischen Videocodierung und Anzeigeoptimierung hinzuweisen (ersterer bezieht sich auf die alleinige Definition von Bildern an sich, letzterer bezieht sich lediglich auf die noch frei benutzerdefinierbaren, vorzugsweise unter Berücksichtigung der Regrading-Anforderungen der verschiedenen möglicherweise recht unterschiedlichen und recht anspruchsvollen HDR-Szenenbilder, Optimierung zum Anzeigen auf jeder bestimmten Anzeige einer bestimmten Dynamikbereichskapazität);

verdeutlicht **Fig. 24** ferner, wie ein standardisierter Funktionsänderungsalgorithmus arbeiten wird, der eine beliebige Eingangsfunktionsform annimmt, die z. B. von einem Content Creator-Grader vorgenommen wird, um anzugeben, wie die normierte Luminanz eines ersten Spitzenhelligkeitsdynamikbereichs auf die normierten Luminanzen einer zweiten Spitzenhelligkeitsbilddarstellung abgebildet werden sollte, und wie aus dieser Eingabefunktion eine Funktion zum Abbilden zwischen einer unterschiedlichen, speziell niedrigeren dritten Spitzenhelligkeitsdarstellung und der zweiten für jede gegebene Eingangsfunktion eindeutig berechnet werden kann;

veranschaulicht **Fig. 25** schematisch, wie der gegenwärtig gelehrt SLHDR2PLUS-Videocodiermechanismus und Signal mit älteren SLHDR2-Decodierern angenehm kompatibel ist, aber dennoch die zusätzlichen Möglichkeiten für eingesetzte SLHDR2PLUS-Decodierer bietet;

fasst **Fig. 26** schematisch in Blöcken alle der folgenden Decodiermathematiken zusammen, um alle benötigten Luminanzabbildungsfunktionen wiederherzustellen, um alle benötigten Decodierluminanzverarbeitungen durchzuführen, um das Bild zu erhalten, das von dem empfangenen IDR-Bild benötigt wird;

verdeutlicht **Fig. 27** schematisch einen pragmatischen Ansatz, um insbesondere numerisch eine benutzerdefinierte Version der benutzerdefinierbaren Kurve zu erhalten, falls vorhanden; und

verdeutlicht **Fig. 28** einen pragmatisch praktischen Ansatz zur Handhabung von Pixel-Chroma-Werte in einem SLHDR2PLUS-Ansatz.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0117] Fig. 9 zeigt generisch den neuen SLHDR2PLUS-Codierer **900**. Als Eingabe erhält dieser ein Master-HDR-Bild (z. B. ein 5000-Nit-PB_C-Bild MsterHDR), von dem, ohne die Allgemeingültigkeit verlieren zu wollen, der Leser davon ausgehen kann, dass es zum oder um den Zeitpunkt der Codierung von einem menschlichen Farb-Grader unter Verwendung von Farbgradierungssoftware gemacht wurde, indem z. B. von einem ROHEN von einer Kamera aufgenommenen HDR-BILD ausgegangen wird (wobei das MsterHDR-Bild z. B. für eine typische abendliche Abblendfernsehbetrachungsumgebung optimiert ist, d. h. seine durchschnittliche Umgebungsluminanz usw.; wobei die vorliegenden Technologien auch mit anderen oder variablen Umgebungen arbeiten können, wobei dies aber eher ein Problem der Anzeigeanpassung statt neuer Verfahren zum Erstellen

oder Codieren von HDR-Bildern ist). Der Grader hat auch mindestens eine angenehme Luminanz-Downgrading-Funktion FL_50t1 erstellt, um das 5000-Nit-HDR-Masterbild in ein entsprechendes angenehm aussehendes SDR-BILD (d. h. von gewöhnlichen 100-Nit-PB_C) umzuwandeln, und hat dies durch Auffüllen einiger der partiellen Regrading-Gesichtspunkte von **403**, **404** und **405** und einer guten Farbeinstellung F_C [Y] gemäß der chromatischen Verarbeitungseinheit **451**) durchgeführt, die er auf seinem SDR-Referenzmonitor überprüft hat (andere Verfahren, z. B. bei Reality-Ereignissendungen können nebenbei anwendbare Funktionsformen berechnen, und dann ein Regisseur grob das Ergebnis ansehen, oder gar nicht, die Grundlage ist jedoch, dass eine gute Funktion FL_50t1, sei es aus nur einer der Teileinheiten, sei es aus der Gesamtfunktion aller Einheiten zusammen, etc. ins Leben gerufen wird).

[0118] Diese Funktion FL_50t1 muss auch als Ausgangsinformation für den neuen Codierer **900** eingegeben werden. Die statischen (für den gesamten Film oder die Sendung) Spitzenhelligkeitsmetadaten PB_C_H50 werden ebenfalls eingegeben, da sie verwendet werden, aber auch von dem Codierer als das gesamte IDR-Videocodiersignal ausgegeben (IDR+ F_I2sCI+ PB_CH+ PB_C_H50, wobei das Bild in der Regel gemäß einem geeigneten Videokommunikationsstandard, z. B. HEVC, komprimiert oder unkomprimiert wird und die anderen Metadaten gemäß einem beliebigen verfügbaren oder konfigurierbaren Metadatenkommunikationsmechanismus übermittelt werden können, der von MPEG SEI -Nachrichten bis zu dedizierten Internetpaketen reicht usw.).

[0119] Eine HDR-Funktionserzeugungseinheit **901** berechnet die HDR-zu-IDR-Luminanzabbildungsfunktion F_H2hCI, die benötigt wird, um das IDR-Bild aus dem Master HDR-Bild zu berechnen, und benötigt eine Auswahl für die PB_CH der IDR, bei der wir davon ausgehen, dass es von einer anderen Eingabe erhalten wird (z. B. kann dies von einem Kabelbediener ausgewählt und irgendwo in einen Speicher eingegeben worden sein, um von Konfigurationssoftware geladen zu werden); wir gehen davon aus, dass PB CH gleich 1000 Nit ist (nur zu Erläuterungszwecken; in der Regel wird dieser Wert um ein Vielfaches höher sein als der SDR PB_C, z. B. 4x höher, wobei sich die technischen Gesichtspunkte in Ausführungsformdetails, je nachdem, welcher Wert gewählt wird, etwas unterscheiden).

[0120] Wie diese HDR-Funktionserzeugungseinheit **901** arbeiten kann, ist in **Fig. 10** veranschaulicht.

[0121] Angenommen, der Grader hat eine gewisse Funktion definiert (hier im erläuternden Beispiel die linear-parabolisch-lineare Funktion - kurz Para - die der Anmelder gemäß der ETSI-standardisierten Codec-Philosophie verwendet, um einen ersten bereits weitgehend guten Neuabgleich der Helligkeiten der dominanten Bildbereiche vorzunehmen (d. h. sie verleiht z. B. den Dunkeln eine ausreichende Sichtbarkeit im SDR-Bild auf Kosten einer mitgesteuerten Kompression der hellsten Luminanzbereiche).

[0122] Eine solche Funktion bezieht sich auf die Eingangs-Luma-Werte (in einer psychovisuellen entzerrten Darstellung durch Transformation der Pixelluminanzen gemäß obigen Gl. 1 und 2) des dunkelsten Luma-Teilbereichs ($L < L_d$) zu den benötigten Ausgangsluminanzen durch eine lineare Beziehung mit gesteuerter Steigung SG_gr, wie sie für dieses HDR-Bild vom Grader optimal gewählt wird:

$$L_n_XDR = SG_gr * L_n_Mster_HDR \quad \text{wenn}(L_n_Mster_HDR < L_d) \quad [Gl. 4]$$

(wobei L_n_Mstr_HDR und L_n XDR jeweils die Luma-Werte - d. h. psychovisuell gleichförmige Darstellungen der entsprechenden Pixelluminanzen - des eingegebenen Master-HDR-Bildes sind, wie es vom Grader als optimales Ausgangsbild vorgradiert wurde, und L_n_XDR ist eine Zusammenfassung mehrerer Ausgabe-Luma-Werte von Bildern mit unterschiedlichem Dynamikbereich und insbesondere Spitzenhelligkeit PB_C, die alle auf derselben normierten vertikalen Achse gezeigt sind, um die Konzepte hinter der vorliegenden Erfindung und ihren Ausführungsformen zu erklären). Insbesondere, wenn der Grader beginnt, ein entsprechendes optimales SDR-Bild für sein bereits optimal eingestuftes Mster_HDR-Bild neu einzustufen, wird XDR die Spezies SDR sein und die entsprechende Luminanzabbildungsfunktionsform wird als F_Mt1 gezeigt [wir verwenden die Kurzschreibweise xty, um anzugeben, von welchem Ausgangs-PB_C x zu welchem End-PB_C y die Funktionen die Luma-Werte abbilden, und x und y können entweder allgemein PB_C eines Bildes anzeigen, wie M für Master, oder numerisch einen Beispielwert angeben, wobei wir dann zwei Nullen auslassen, z. B. bedeutet 50 5000 und 1 bedeutet 100 Nit].

[0123] In ähnlicher Weise besteht für Eingangs-Luma-Werte L_n_Mster_HDR, die höher als L_b sind, wieder eine steuerbare lineare Beziehung:

$$L_n_SDR = HG_gr * L_n_Mster_HDR + (1 - HG_gr) \text{ wenn } (L_n_Mster_HDR > L_b) \quad [Gl. 5]$$

[0124] Der parabolische Teil der Para, der sich zwischen $L_d=mx-WP$ und $L_b=mx+WP$ erstreckt, hat eine funktionale Definition von $L_XDR=a * x^2+b*x+c$, deren Koeffizienten a , b und c berechnet werden können, indem der Punkt berechnet wird, an dem sich die linearen Tangenten an die Kurve, die von ihren Extrema kommt, und ihre Abszisse mx schneiden (wie in der ETSI1-Norm definiert; $mx=(1-HG)/(SG-HG)$).

[0125] Ein der Erfindung zugrunde liegender allgemeiner Gedanke ist der folgende (und kann in multiplikativer Ansicht erklärt werden). Jede Master-HDR-Luminanz kann durch Anwenden der Identitätstransformation (der Diagonalen) zu sich selbst transformiert werden. Falls am Ende des Spektrums regradierter Bilder, d. h. zur Erzeugung der entsprechenden SDR-Luminanz ($XDR=SDR$), die Ausgangsluminanz $L_SDR=F_Mt1 (L_n_M)$ erhalten werden muss, wobei L_n_M ein bestimmter Wert der $L_n_Mstr_HDR$ -Luminanzen ist, so können wir dies auch als multiplikative Verstärkung der Eingangsluminanz $L_SDR=b_SDR (L_n_M) * L_n_m$ sehen. Kann nun eine Zwischenfunktion F_Mt1_ca definiert werden, so ist die Endverarbeitung eine konsekutive Anwendung von zwei Funktionen $F_IDRt1 (F_Mt1_ca (L_n_Mster_HDR))$, bei der F_IDRt1 die endgültige Luminanz-Abbildung in Richtung der SDR-Luminanz eines beliebigen Pixels (oder Objekts) durchführt, ausgehend von der bereits berechneten IDR-Pixelluminanz (abgeleitet von der Master-HDR-Luminanz). Multiplikativ kann man von $L_SDR=b_IDR * b_ca * L_n_M$ sprechen, wobei die zwei Verstärkungen der Zwischenfunktion (oder Kanalangepassungsfunktion) und der verbleibenden Regrading-Funktion (die sowieso die Funktion ist, die wir zusammen mit dem IDR-Bild kommunizieren, um eine ETSI2-konforme HDR-Videocodierung zu erstellen) entsprechen. Es sei zu beachten, dass diese Verstärkungsfaktoren selbst Funktionen von $L_n_Mster_HDR$ (oder tatsächlich jede dieser zuordnungsbar Zwischen-Luma) sind.

[0126] Es ist nun zweckmäßig, wenn wir keine zusätzlichen Funktionen übermitteln müssen (die z. B. verloren gehen könnten, wenn die Metadatenverwaltung unvollkommen ist usw.).

[0127] So kann es nützlich sein, wenn die SLHDR2PLUS-Philosophie eine vorab vereinbarte, feste Weise verwendet, um die F_Mt1 -Funktion des Graders (d. h. einen Mechanismus für jede beliebige Funktionsform, die er verwenden möchte) in die kanalangepasste Funktion zu transformieren, die der PB_IDR entspricht (wobei dieser Wert in der Regel auch Empfängern gemäß dem ETSI2-Codierungsansatz als PB_CH übermittelt wird). Es kann gezeigt werden, dass man dann in Metadaten, die den IDR-Bildern zugeordnet sind, nicht die Aufwärtsgradierungsfunktion F_H2h mitübermitteln muss, weil sie fest und den Decodierern bekannt ist, so dass aus der empfangenen F_I2s -Funktion wahrscheinlich der Kehrwertwert $F_??$ berechnet werden könnte, wie wir selbstverständlich zeigen werden (falls PB_C_H50 auch den Empfängern übermittelt wird). Die Neuartigkeit des Decodierers ist dieser neue Ansatz, Bilder von $PB_C > PB_IDR$ abzuleiten. Im Prinzip könnte jeder feste Ansatz zum Ableiten einer F_Mt1_ca -Funktion aus dem Master F_Mt1 dienen, sofern er mathematisch invertierbar oder zumindest den Anforderungen entsprechend decodierbar ist, es ist jedoch erwünscht, einen Speziesklassenansatz auszuwählen, bei dem die HDR-IDR-Regrading durchgeführt wird (d. h. die F_Mt1_ca -Form abgeleitet wird), so dass ihre weitere Verformung zur Ableitung von MDR-Bildern kompatibel dazu ist, was ETSI2 ergeben würde (im Prinzip sind ETSI2-Bilder nur zwischen PB_C und 100 Nit standardisiert, so dass man von der anspruchsvollen nahezu Gleichheit der Bildarstellungen ausgehen könnte, d. h. aller Pixelluminanzen und -farben, für alle Bilder des Dynamikbereichs zwischen PB_IDR und 100 Nit, aber man könnte auch versuchen, der zu erhaltenden Lösung die technischen Einschränkungen aufzuerlegen, damit Bilder von der empfangenen IDR zum Master-HDR-Bild hin hochgradiert wurden, d. h. mit $F_??$, die von einem SLHDR2PLUS-Decodierer berechnet werden sollen, das gleiche Aussehen haben, wie durch die Anzeigeanpassung von ETSI2, die z. B. die 5000-Nit- PB_C Mster_HDR-Bilder empfangen musste, und die Gesamt-Luminanz-Neuabbildungsfunktion F_Mt1 erhalten würde.

[0128] Wir erklären zunächst, wie eine solche bevorzugte Kanalangepassung (d. h. Berechnung von F_Mt1_ca oder F_H2hCl , berechnet in **Fig. 9**; und das/die entsprechende(n) IDR-Bild(er) ausgestaltet werden kann/können, was für mehrere Ansätze/Ausführungsformen von SLHDR2PLUS nützlich ist.

[0129] **Fig. 12a** zeigt einen Weißpegel-Offset WLO_gr , wie er vom Grader (oder Automaten) optimal ausgewählt wurde, und, falls verfügbar, auch einen Schwarzpegel-Offset (BLO_gr); entsprechend der Einheit **403** in **Fig. 4**.

[0130] Wir können vorerst davon ausgehen, dass dies die einzige Dynamikbereichseinstellung ist, d. h. Luminanzabbildungsoperation, um das SDR-Bild aus dem Mster_HDR-Ausgangsbild zu erhalten (dieses Weiß-auf-Weiß und Schwarz-auf-Schwarz ist eine ziemlich schlichte Dynamikbereichsumwandlung, die LDR-Bilder

schlechter Qualität liefert, die schon nicht die korrekte durchschnittliche Helligkeit und den korrekten durchschnittlichen visuellen Kontrast aufweisen, und noch weniger sind Deskriptoren höherer Bildqualität des resultierenden Bildes wie gewünscht, aber als ein erster Schritt einer Regrading-Kette gemäß dem Ansatz des Anmelders handelt es sich um einen netten Schritt und wir erklären diesen Schritt und seine Kanaladaptation zuerst). Die Idee ist, dass, falls (trotz des Potentials, Luma-Werte bis zu $PB_HDR=5000$ Nit zu codieren) tatsächlich keine Pixelluminanzen oberhalb eines Wertes MXH in dem derzeit abzubildenden Bild (oder einer Aufnahme von Bildern in einem Video derselben Szene in dem Fall, in dem entschieden wird, für alle diese zeitlich aufeinanderfolgenden Bilder dieselbe Funktion zu verwenden) vorliegen, es sinnvoll ist, diesen höchsten MXH -Wert auf den max. Luma-Code in SDR abzubilden (d. h. z. B. 1024, entsprechend der Luminanz von 100 Nit). Jeder andere Abbildungsansatz (z. B. HDR-Weiß-auf-SDR-Weiß-Abbildung) macht alle tatsächlich vorhandenen Luminanzen noch dunkler, und dies ist nicht optimal, da der SDR-Luminanzbereich so wie er ist, klein genug ist, aber optimalerweise eine entsprechende Emulation eines großen Bereichs von HDR-Luminanz enthalten muss.

[0131] Die Frage ist dann, ob dieser WLO -Wert für das IDR-Bild eingestellt werden sollte (wie in **Fig. 12b** zu sehen ist, kann die hellste Luma in den Zwischenbildern bereits näher an PB_IDR sein, wobei es noch eine endgültige Verschiebung gibt, um auf 1,0 für das SDRregradierte Bild abzubilden; wobei das Abbilden auch äquivalent auf dem normierten Luminanzbereich des 5000-Nit-HDR-Bildes gezeigt werden kann, wie durch ON angegeben). In einem ersten Ansatz muss dies nicht der Fall sein (weil es etwas Freiheit bei der Ausgestaltung des Algorithmus zum Berechnen der Funktion F_Mt1_ca gibt), aber im Fall einer Skalierung kann dann der folgende Ansatz verwendet werden.

[0132] Ein Skalierungsfaktor für eine solche horizontale Skalierung muss bestimmt werden, um die Luminanzabbildungsfunktion skalieren zu können, die in diesem Fall ihre Parameter WLO_ca ist, und ebenso eine skalierte BLO_gr (Hinweis BLO_ca). Falls man diesen Parameter linear mit der PB_IDR skalieren will, so bestehen die Beschränkungen darin, dass die Aktion voll abläuft, d. h. der Offset sein maximales Ausmaß BLO_gr aufweist, wenn $PB_IDR=P_B_SDR$. Andererseits sollte für das HDR-Bild BLO oder WLO null sein, da nichts korrigiert werden muss, da wir die Identitätstransformation zum Abbilden von 5000 Nit Master HDR auf Master HDR haben.

[0133] Ergo kann man solch eine Definition der Parameter formulieren

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

[0134] Die Frage ist dann, wie $ScaleHor$ zu definieren ist.

[0135] **Fig. 12b** zeigt ein Spektrum mit unterschiedlichem Dynamikbereich, spezieller unterschiedlichen PB_C -Bildern, die entlang der horizontalen Achse organisiert sind. Sie sind entlang perzeptualisierter Positionen der Spitzenhelligkeit PB_C jedes Bildes positioniert. Ergo platzieren wir diese auf einer Abszissenposition, die $v(PB_C)$ ist, wobei v die Funktionsgl. 1 ist, wobei der Wert PB_C für den Parameter L_in verwendet wird, und mit dem Wert RHO von Gl. 2 für die Spitzenhelligkeit des gradierten Master HDR-Bildes berechnet wird (d. h. z. B. ist $RHO=25$ für ein 5000-Nit- PB_C Master HDR-Bild). Falls auch die Ordinatenachse ihre Luma-Werte L , die gemäß der v -Funktion (auf der vertikalen Achse) parametrisiert wurden und die gleichen $RHO=25$ aufweisen, folgen die PB_Cs wunderbar einer geraden Linie, und Definitionen und Berechnungen können in diesem Rahmen vorgenommen werden. Z. B. können wir die Luma-Werte der Spitzenhelligkeiten PB_C eines beliebigen Zwischenbildes auf die Luma-Achse der des Masters (5000 Nit) projizieren. Die von uns verwendete Bezeichnung ist „ P_10I2 “, was den Wert der Luma bedeutet, der über die Anwendung der v -Funktion der Spitzenhelligkeit (die eine normale Luminanz ist) von Bild 11 entspricht, wenn er auf dem Luma-Bereich von Bild 12 dargestellt wird. So ist z. B. P_IoH die Luma der Spitzenhelligkeit des gewählten IDR-Bildes im Master HDR-Luma-Bereich, und P_SoH ist die Luma von 100 Nit (es sei zu beachten, dass 1,0 in diesem Bereich dem PB_C des Master HDR-Bildes entspricht, so dass die Position von z. B. 100 Nit, z. B. 0,5, abhängig von der gewählten Master HDR-Bilddarstellung variiert, weshalb Gl. 1 und 2 eine RHO -parametrisierte Kurvenschar sind).

[0136] Eine geeignete Funktion für $ScaleHor$ wäre dann ausgehend von $1-P_IoH$. Je mehr PB_IDR abnimmt, d. h. je mehr rechts wir unsere IDR-Bilddarstellung des Master HDR-Bildes wählen, desto mehr nimmt diese Funktion zu. Und es ergibt sich 0 im Fall $P_IoH=1$, was geschieht, wenn ein 5000-Nit-IDR-Bild gewählt wird (rein für die theoretische Erklärung der $scaleHor$ -Gleichung, da dies technisch keinen Sinn ergibt). Diese Gleichung ist jedoch ungleich 1,0, wenn $IDR=SDR$, so dass wir sie mit einem Faktor k skalieren müssen.

[0137] Es kann verifiziert werden, dass die Normalisierung korrekt ist, wenn $k=1-P_{\text{SoH}}$ (was im Gegensatz zu dem variablen P_{IoH} -Wert steht, der verschiedenen IDR-Positionen einem festen Wert entspricht), ergo:

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

[0138] Die Bestimmung der korrekten Para (**Fig. 4**, Einheit **404**) für die Kanalumwandlung ist komplexer und mit **Fig. 13** verdeutlicht.

[0139] In diesem Fall entschieden die Erfinder, die Funktionstransformation in einer Diagonalrichtung, orthogonal zur Identitätsdiagonalen ([0,0]- [1,1]) durchzuführen. Dies muss in einer äquivalenten Parametrierung in der normalen Mster_HDR/XDR-Koordinatensystemdarstellung aller funktionalen Regradings umgewandelt werden.

[0140] Die Basisskalierung ist in einem 45 Grad gedrehten Achsensystem definiert, das die Diagonale in die horizontale Achse ändert (**Fig. 13a**). Wir sehen eine Funktion F_x , die z. B. die gedrehte Para ist. Es ist sinnvoll, einen beliebigen Wert dY für einen Punkt auf der gedrehten Diagonalen, d. h. neuen x-Achse (wobei dX einigen Abszissen, d. h.

[0141] LMster HDR Luma im ursprünglichen Achsensystem entspricht) mit dem Faktor La/K zu skalieren, wobei K die volle Wirkung der Funktion, d. h. der volle dY -Wert, ist und ein Skalen- dY_{ca} -Wert in diesem gedrehten System $(La/K) \cdot dY$ betragen würde.

[0142] Wir definieren ein $sc_r = La/K$, mit $La = 1/P_{\text{IoH}}$ und $K = 1/P_{\text{SoH}}$ (es sei zu beachten, dass der Wert einer I2-Luma auf der I1-Achse als ein Wert einer I1-Luma auf der I2-Achse umformuliert werden kann, insbesondere z. B. $1/P_{\text{IoH}} = P_{\text{HoI}}$; z. B. wenn $P_{\text{IoH}} = 0,7$ ist, bedeutet dies, dass $PB_{\text{Mstr_HDR}} 1/0,7$ über der PB_{IDR} kleben würde).

[0143] Nun müssen wir eine äquivalente vertikale Skalierung sc^* zur Diagonalen sc_r berechnen.

[0144] Dies kann durch Anwenden der Gegenrotations-Mathematik (tatsächlich durch zuerst Definieren eines K und La für 1,0 statt 1,4) erfolgen, wobei die Darstellung von **Fig. 13a** auf die Diagonale von **Fig. 13b** gebracht wird. Dies ergibt durch Matrixrotation (beliebige x_r, y_r im Diagonalsystem, z. B. 1, dY , gedreht zur Hauptdarstellung):

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

[0145] Es sei zu beachten, dass sich aufgrund der diagonalen Skalierung sowohl x- als auch y-Koordinaten ändern, aber SG und HG sowie jede andere skalierte Punktänderung sind als Steigungen und nicht als Winkel definiert.

[0146] Die Drehung von der Linie von (0,0) in **Fig. 13b** zu dem Quadrat, das einen diagonal skalierten Punkt der Luma-Abbildungsfunktion darstellt, zu der Linie von (0,0) zu dem Kreis, welche der ursprüngliche Luminanz-Abbildungsfunktionspunkt ist, oder umgekehrt, kann durch Teilen der Steigungen bei jedem festen Abszissenwert gefunden werden, z. B. a (wobei die Winkeländerungen einer vertikalen Änderung eines normierten Skalierungsfaktors sc^* entsprechen):

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

[0147] Anschließend muss der tatsächliche Ordinatenabstand n entsprechend der vollen vertikalen Skalierung ($sc^*=1$) berechnet werden, was dadurch geschehen kann, dass aufgrund des 45 Grad-Winkels, der an der diagonalen Skalierung mip beteiligt ist, ein Mittelpunkt ist, der einen Abstand F_d darunter zur Diagonalen und darüber zum Schnittpunkt (m_x, m_y) der beiden linearen Abschnitte der Para aufweist. Ergo, $n = F_d$ ist gleich der Hälfte der Differentialsteigung $SG-1$ bei m_x , d. h. $m_x \cdot (SG-1)/2$.

[0148] Anschließend muss der verschobene Schnittpunkt (mxca, myca) berechnet werden, der wie folgt lautet:

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

[0149] Mit dem Ort des neuen Punktes kann schließlich die kanalangepasste Schattenverstärkung (SG ca, siehe **Fig. 10**) und der kanalangepasste Highlight Gain HG ca berechnet werden:

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

[0150] Schließlich gibt es für den parabelförmigen Mittelabschnitt mehrere Ansätze/Ausführungsformen.

[0151] In einem Ansatz, der in der Praxis recht gute visuelle Ergebnisse liefert, geht man von $WP_ca = WP_gr$ aus, wobei WP_gr die ursprüngliche Breite des Parabelabschnitts als durch den Grader oder Automaten des Content Creators in Bezug auf das Master-HDR- und Master-SDR-Bild optimiert ist, und WP_ca die Breite für die kanalangepasste Parafunktion ist. Ein anderer Ansatz besteht darin, $WP_ca = v(\text{abs}(sc^*), 100) * WP_gr$ zu definieren, wobei die v -Funktion erneut durch die obigen Gl. 1 und 2 definiert ist.

[0152] Wenn dies als verfügbare Technologie vorliegt, kann diese verwendet werden, um eine geeignete IDR-Definition für SLHDR2PLUS zu definieren.

[0153] Unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 10** definieren die obigen Gleichungen, wie man die Funktion F_Mt1_ca eindeutig definieren kann, z. B. für eine ausgewählte 1000 Nit PB_IDR , ausgehend von z. B. einem 5000-Nit-HDR-Master-BILD. Falls diese Funktion von der HDR-Funktionserzeugungseinheit **901** bestimmt wird, kann diese als F_H2hCl ausgegeben und als Eingang für die IDR-Bildberechnungseinheit **902** gesendet werden. Diese Einheit wendet diese Funktion auf alle Pixelluminanzen des MsterHDR -Bildes an, das als Bild-eingabe $[L_IDR = F_H2hCl(L_MsterHDR) = F_Mt1_ca(L_MsterHDR)]$ empfangen wird, um die entsprechenden IDR-Bild-Pixelluminanzen zu erhalten, und gibt das IDR-Bild aus.

[0154] Es besteht nun immer noch die Frage, welche Luminanz-Abbildungsfunktion dem IDR-Bild Metadaten hinzufügen soll, um es so erscheinen zu lassen, als ob es sich um ein normales ETSI2-Bild handelt (d. h. damit jeder ältere ETSI2-Decodierer dies normalerweise decodieren kann, was ein SDR-Bild oder ein beliebiges MDR-Bild ergibt, wie es aussehen sollte).

[0155] Diese sekundäre IDR-Luminanzabbildungsfunktion F_I2sCl , die ebenfalls eine Para ist, kann wie folgt definiert werden (und sie wird durch den IDR-Abbildungsfunktionsgenerator **903** berechnet). Die Schattenverstärkung für das IDR-Bild SG_IDR kann als die verbleibende Multiplikation (oder Steigung) angesehen werden, nachdem sie bereits vom Mster_HDR zum IDR-Bild übergegangen ist (d. h. die verbleibende relative Aufhellung, um das SDR-Bild zu erhalten, ausgehend vom IDR-Bild):

$$Y_out(x_in) = SG_gr * x_in; = F_I2sCl(L_IDR = SG_ca * x_in)$$

[0156] Es ist auch bekannt, dass dieselbe paralineare Segmentabbildung für die dunkelsten Pixel auf die neuen IDR-Luma-Eingänge angewendet wird:

$$Y_out = SG_IDR * L_IDR$$

[0157] Ergo:

$$SG_gr = SG_IDR * SG_ca \quad [Gl. 11]$$

(z. B. eine Eingabe $x_in = LMster\ HDR = 0,2$, die aus der Diagonalen auf $L_IDR = 0,3 = (0,3/0,2) * x_in$ abgebildet wird, die schließlich auf $Y_out = 0,4 = k * 0,3$ abgebildet wird, wobei $k = 0,4/0,3$; $Y_out = SG_gr * 0,2 = (0,4) * 0,2 = (0,4/0,3) * (0,3/0,2) * 0,2$).

[0158] Ergo, folgt aus Gl. 11 der Weg zum Berechnen der benötigten SG IDR (angesichts dessen, dass wir den festen Ansatz zum Bestimmen von SG ca wie oben beschrieben verwendet haben):

$$SG_IDR = SG_gr / SG_ca \quad [\text{Gl. 12}]$$

[0159] Ähnlich:

$$HG_IDR = HG_gr / HG_ca \quad [\text{Gl. 13}]$$

[0160] Wobei HG_gr erneut das optimale Highlight Gains ist, wie es vom Content Creator bestimmt wird, der den Master-SDR-Bild-Look mit dem Master-HDR-Bild-Look (d. h. dessen Luma-Verteilung) in Beziehung setzt, und HG_ca das kanalangepasste Highlight Gain ist, die dem ursprünglichen Highlight Gain HG gr entspricht.

[0161] Es sei zu beachten, dass eine Grundeinstellung der Schattenverstärkung in Bezug auf die erwartete einfache Schattenverstärkung, die aus der Differenz der Spitzenhelligkeit zwischen dem SDR- und IDR-Bild stammt, bestimmt werden kann als: $ShadBst = SG_IDR / P_IoS$. Wie gesagt, ist P_IoS die maximale codierbare Luminanz des IDR-Bildes, wenn es auf der normierten Luma-Achse des SDR-Bildes dargestellt wird, d. h. z. B. 7,0.

[0162] Es ist zu beachten, dass es einige praktische Ausführungsformen gibt, bei denen das Highlight Gain nicht größer als eine vordefinierte Anzahl sein kann (in der Weise, wie der ETSI-Standard-Highlight Gains codiert), wobei in diesem Fall eine weitere Neuberechnung des Highlight Gains erforderlich ist, siehe unten, aber dies ist nicht für alle Ausführungsformen wesentlich. Dies kann z. B. wie folgt realisiert werden:

Wenn $HG_IDR > KLIM$, dann ist $HG_IDR_adj = KLIM$ [Gl. 14], wobei KLIM vorzugsweise gleich 0,5 ist.

[0163] Angenommen, der Grader hat einen HG_gr nahe dem Maximalwert von 0,5 gemacht, und ein entsprechendes HG_ca (das als weichere Abbildung einen HG_ca näher an der Diagonalen, d. h. größer als HG_gr haben sollte) ist z. B. 0,75, dann ist die Division 0,67, was höher ist als das max., das gemäß einem reinen ETSI2 HDR-Videosignal wie standardisiert übermittelt werden kann. Eine Lösung besteht z. B. darin, ein kleineres HG_gr neu zu definieren, so dass HG IDR nicht höher als 0,5, das standardisierte Maximum, sein wird. Dies erfordert wiederum eine erhebliche Berechnung unter Berücksichtigung aller Regrading-Gesichtspunkte, wie nachfolgend gezeigt wird. Eine andere Möglichkeit besteht z. B. darin, das IDR+ Metadaten-Signal durch Begrenzen von HG_IDR auf 0,5 konform zu machen, während als zusätzliche Metadaten die exakte nicht begrenzte HG IDR übermittelt wird. Das HG_gr hängt typischerweise vom PB_C des Mster HDR-Bildes ab, aber auch davon, welche Art von Bildobjekten sich im Bild befindet (z. B. helle farbige Objekte, die wichtig genug sind, um nicht zu viel Kompression ihrer Luminanzen zu erhalten, ein extremes Beispiel ist ein Bild eines hellen Planeten nahe einer energiestarken Sonne, das mit vielen sehr hohen LMster_HDR-Luma-Werten und wenigen dunklen gradiert ist). Hg_ca hängt unter anderem in der Regel davon ab, wie nahe die ausgewählte PB_IDR an der PBMster HDR ist.

[0164] Weiterhin sei Folgendes vorausgesetzt

$$WP_IDR = WP_gr \quad [\text{Gl. 15}]$$

[0165] Wie gesagt, sind andere Ausführungsformen möglich, um die Prinzipien jedoch einfacher zu erläutern, setzen wir dies vorerst voraus.

[0166] Mit den Gl. 6 wurden die angemessenen kanalangepassten Werte des Schwarzpegel-Offsets und des Weißpegel-Offsets berechnet (falls solche Offsets durch den Content Creator definiert waren). Bleibt jetzt noch, wie (durch den IDR-Videocodierer) entsprechende Werte von BLO_IDR und WLO_IDR berechnet werden.

[0167] Zuerst wird eine bevorzugte Codierung eines Werts glim berechnet:

$$\text{glim} = \left\{ \log \left[1 + (\text{rhoSDR} - 1) * \text{power} \left((0,1/100); 1/2,4 \right) \right] \log(\text{rhoSDR}) \right\} / \left\{ \log \left[1 + (\text{rhoHDR} - 1) * \text{power} \left(1/\text{PB_Mster_HDR}; 1/2,4 \right) \right] \log(\text{rhoHDR}) \right\}$$

[Gl. 16]

mit

$$\text{rhoSDR} = 1 + 32 * \text{power} \left(100/10000; 1/2,4 \right), \text{ und}$$

$$\text{rhoHDR} = 1 + 32 * \text{power} \left(\text{PB_Mster_HDR}/10000; 1/2,4 \right)$$

[0168] Dies führt zu einer einfachen Weise, BLO anzupassen, da es tatsächlich im Standard-Ansatz ETSI1 und ETSI2 der HDR-Codierung parallel zur Luminanzverarbeitungskette (Einheiten 402-406 in **Fig. 4** und 1502-1506 in **Fig. 15**), wobei die Figuren zum leichteren Verständnis nur die sequentiellen partiellen Regrading-Schritte des Ansatzes des Anmelders erläutern, auch einen linearen Gain-Begrenzer gibt, der eine lineare Kurve mit einem Winkel glim auf die wahrgenommene Y'HP anwendet und mit dem Y'GL-Wert, wie durch die erklärten Einheiten berechnet, vergleicht, und ein max der zwei parallel berechneten Werte genommen wird (dies ist unter anderem wichtig für die Umkehrbarkeit von ETSI1, um die Rekonstruktion des dunkelsten HDR-Luma zu ermöglichen).

[0169] Es kann nun gezeigt werden, dass durch die Wirkung dieses Begrenzers die BLO-Werte leicht mit folgender Gleichung kanalangepasst werden können:

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

glim, wie oben gezeigt, hängt von der jeweiligen Wahl von PB_Mster_HDR ab und kann z. B. 0,6 betragen.

[0170] Dies ist in **Fig. 17** veranschaulicht. **Fig. 17b** zeigt ein Einzoomen für die dunkelsten Luma-Werte einer Vollbereichs-Luma-Abbildung, die in **Fig. 17a** gezeigt ist. Erneut sind verschiedene Funktionen in einem normierten Schaubild gezeigt, wobei die Funktionen verschiedenen Eingängen PB_C und Ausgängen PB_C entsprechen.

[0171] FL_gr ist die Funktion, die vom Content Creator erstellt wurde, um z. B. 4000-Nit-Mster HDR auf SDR abzubilden. Die gepunktete Kurve FL_ca ist die Kanal Anpassung zur Erstellung von z. B. 500-Nit-IDR aus der Mster HDR. Die gestrichelte Kurve FL IDR ist die Kurve zum Abbilden der IDR-Luma-Werte auf SDR-Luma-Werten. Im eingezoomten Diagramm von **Fig. 17b** sehen wir, dass die FL_gr-Kurve einen scharfen Knick am Eingang um 0,03 aufweist, an der Stelle, wo der parallele Gain-Begrenzer einknickt (d. h. sein linearer Ausgang $y = \text{glim} * Y'HP$ wird als Funktionsausgang für niedrigere Luma-Eingänge anstelle des Y'GL-Wertes gewählt, der aus der Aktion aller Einheiten in der Kette kommt, wie in **Fig. 4** gezeigt (für eine vollständige Schaltungsbeschreibung siehe ETSI1-Standard **Fig. 4**)).

[0172] Der BLO-Wert jeder beliebigen Kurve ist der Schnittpunkt mit der horizontalen Achse, der auftreten würde, wenn es keine Gain-Begrenzung geben würde, d. h. BLO_gr, der durch Erweitern der lokalen Steigung über 0,3 der FL_gr-Kurve gezeigt wird, ebenso wie die gestrichelte Linie.

[0173] Für diese Anwendung genügt es zu wissen, dass man die FL_IDR-Kurve auch erweitern kann, um einen BLO_IDR-Wert zu erhalten (es sei zu beachten, dass ein glim_IDR-Wert vorliegt, den der ETSI2-Standard verwenden wird, der sich von glim_gr unterscheidet), und dass dieser niedrigere BLO_IDR-Wert als $\text{glim} * \text{BLO gr}$ gefunden werden kann (es sei zu beachten, dass dieser glim, der einzige glim, den man für SLHDR2PLUS zu berechnen hat, der in **Fig. 17b** als glim_gr gezeigt ist).

[0174] Anschließend werden die folgenden Berechnungen durchgeführt, um WLO_IDR zu erhalten.

[0175] Was **Fig. 17a** auch zeigt, ist, dass es drei unterschiedliche WLOs gibt, nämlich das ursprünglich vom Grader als seine Master-HDR-zu-SDR-Abbildungsstrategie erstellte WLO_gr (auch ON in **Fig. 12b**), das ka-

nalangepasste WLO ca, wobei die FL ca-Kurve die obere horizontale Linie kreuzt, und wobei es sich um die Abbildung der WLO_gr-Luma auf die IDR-Luma-Achse handelt (die mit Darstellungen wie **Fig. 12** vorgesehen werden kann, wobei MXH auf MXI projiziert wird, und es schließlich auch WLO_IDR gibt, wobei es sich um verbleibendes WLO für die Luma-Abbildung der IDR-Luma-Werte hinab auf SDR (was nicht dasselbe wie das skalierte WLO ca ist, da sich die normierte Luma-Abszissenachsendefinition ändert, wenn von einem zugeordneten PB_C=5000 für WLO_gr und WLO_ca ausgegangen wird, da das Eingangsbild zum Regrading mit diesen Funktionen das 5000-Nit-Mster_HDR ist, auf PB_C=1000 Nit für die IDR-bezogenen Definitionen der regradierten Anforderungen, da in dieser ETSI2-konformen Ansicht das Ausgangsbild zum Ableiten anderer Bilder, von denen empfangen wird, z. B. das 1000-Nit-PB_C IDR-Bild ist).

[0176] Fig. 17c zoomt auf die obere Ecke (nahe [1,1]) des Funktionsdiagramms ein. Der WLO_IDR-Wert ergibt sich aus dem Senden des WLO_gr-Wertes als Eingabe durch die FL_ca-Kurve, wie durch die Kreisprojektion von einer (normierten) Ordinatenposition zu einer Abszissenposition zeigt. Wir sehen in **Fig. 12b**, dass die MXI-Position tatsächlich die normierte Position auf der IDR-Luma-Achse ist, die auf ein SDR-Luma von 1,0 abgebildet wird, ergo ist dies, was definitionsgemäß als WLO_IDR erforderlich ist.

[0177] Es scheint, dass, wenn die Abbildungskurve, durch die ein WLO-Wert anschließend an einer Codierungsseite geht, eine Para ist (siehe **Fig. 4** Einheit **404**, Abbildung nach Einheit **403**), die in der Regel das obere lineare Segment der beteiligten Para ist.

[0178] Dennoch kann, aufgrund der Weise, wie Para definiert ist, jeder Teil davon beteiligt sein (es gibt sogar Einstellungen, bei denen nur ein spezieller Wert von SG der Para einen sehr hohen Schnittpunkt definiert, der sich theoretisch oberhalb 1,0 bewegt, ergo wird das Verhalten in diesem Fall bis hoch zu den hellsten Luma-Werten nur durch die Schattenverstärkungssteigung bestimmt, was zu einer linearen Kurve führt, die zum Regradieren zu SDR eines HDR-Bildes nützlich ist, das hauptsächlich sehr helle Luma-Werte enthält, wie z. B. eines verlassenen Planeten, der durch 5 Sonnen in einem Science-Fiction-Film beleuchtet wird). Ergo wird dies zu einer etwas aufwendigen Berechnung, wo geprüft werden muss, welches der drei Anteile der Para anwendbar ist, wobei die bevorzugte mathematische Realisierung wie folgt lautet:

```

WLO_co=255*WLO_ca/510
BLO_co=255*BLO_ca/2040
Xh=(1-HG_ca)/(SG_ca-HG_ca)+WP_ca
WW=(1-WLO_gr*255/510-BLO_co)/(1-WLO_co-BLO_co)
WENN WW>=Xh DANN WLO_IDR=HG_ca*(1-WW)*510/255 [das obere lineare
Segment]
ANDERNFALLS
Xs=(1-HG_ca)/(SG_ca-HG_ca)-WP-ca
WENN WW>Xs

{ [der Eingang d. h. WLO_gr muss durch den parabolischen Anteil der
kanalangepassten Para abgebildet werden]

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

}

ANDERNFALLS [in den Spezialfällen, in denen der Schattenverstärkungsanteil
der Para gilt]
WLO_IDR=(1-SG_ca*WW)*510/255

}

```

[0179] Diese Parameter SG_IDR, HG_IDR, WP_IDR, BLO_IDR, WLO_IDR (und ähnlich zusätzliche Parameter für die benutzerdefinierbare Kurve, falls erforderlich) sind die Parameter, welche die Funktion F_I2sCI kennzeichnen und ergo als diese ausgegeben werden (ob tatsächlich diese Parameter, die den Verlauf dieser

benötigten Kurve kennzeichnen, um eine Anzeigeanpassung vorzunehmen, ausgegeben werden oder LUT ausgegeben wird, welche die Funktion kennzeichnet, ist lediglich eine Ausführungsformwahl; wesentlich ist, dass die korrekte Luminanzabbildungsfunktionsform F_{I2sCI} im normierten 1,0-Achsenystem mit dem IDR-Bild/den IDR-Bildern als Metadaten mitübermittelt wird.

[0180] Der Codierer wird nun nach dem neuartigen SLHDR2PLUS-Ansatz gekennzeichnet. Es stellt sich dann die Frage, wie ein Decodierer auszugestaltet ist. Es sei zu verstehen, dass dieser Decodierer nur noch die Funktion F_{I2sCI} erhält, so dass er irgendwie die Funktion $F_{??}$ berechnen muss, die benötigt wird, um das ursprüngliche Master HDR-Bild aus dem empfangenen IDR-Bild zu rekonstruieren. In diesem SLHDR2PLUS-Codieransatz wäre dies der Kehrwert der F_{H2hCI} -Funktion, die in dem Codierer verwendet wird, um die IDR-Luma-Werte zu erzeugen, jedoch sollte eine solche Funktion noch berechenbar sein.

[0181] Wie **Fig. 11** allgemein verdeutlicht, muss der SLHDR2PLUS-Videodecodierer **1100**, eine Luminanz-Funktionsbestimmungseinheit **1104** die $F_{??}$ -Funktion nur auf der Grundlage der von ihm empfangenen Informationen, d. h. F_{I2sCI} , und der zwei Spitzenhelligkeiten PB_{CH} und PB_{C_H50} berechnen. Sobald diese Funktion bestimmt ist, kann sie angewendet werden, um die ursprünglichen Master HDR-Luminanzen zu rekonstruieren, indem sie (im Farbtransformator **1102**) auf die IDR-Luma-Werte wie empfangen angewendet werden: $L_{REC_M_HDR} = F_{??}(L_{IDR})$, wobei aus diesen Luma-Werten die entsprechenden HDR-Luminanzen berechnet werden können, durch Anwenden des Kehrwerts aus Gl. 1 und 2 auf die $L_{REC_M_HDR}$ -Luma-Werte. Schließlich kann das rekonstruierte Master-HDR-Bild (REC_M_HDR) von dem Farbtransformator **1102** in jedem gewünschten Format ausgegeben werden, z. B. einer PQ-basierten YCbCr-Farbformulierung, usw. Der Decodierer **1100** kann in bevorzugten Ausführungsformen auch konfiguriert sein, um ein beliebiges anzeigeangepasstes Bild zu berechnen, z. B. MDR_300, falls eine 300-Nit-PB_D-verbundene Anzeige mit dem besten Äquivalent des HDR-Bildes wie empfangen versorgt werden soll, und dies kann entweder durch die SLHDR2PLUS-Mathematik erfolgen oder nur durch eine reguläre ETSI2-Decodierung, da das entsprechende Bild (IDR) und die Luminanzabbildungsfunktion (F_{I2sCI}) bereits als Eingabe im Farbtransformator (**1102**) zur Verfügung steht.

[0182] **Fig. 14** zeigt, was an der Para beteiligt ist, um das REC_M_HDR -Bild aus dem IDR-Bild wie empfangen zu rekonstruieren (ähnliche Berechnungen werden für WLO und BLO durchgeführt, und die benutzerdefinierbaren Kurvenformpunkte, falls zutreffend (es sei zu beachten, dass, wie nachstehend erörtert, einige Ausführungsformen die benutzerdefinierbare Kurvenphilosophie zwischen Master HDR und IDR nicht anwenden, sondern nur als SDR-Downgrading-Technologie, d. h. zwischen IDR und SDR).

[0183] Nun müssen eine neue MASTER-HDR-Rekonstruktions-Schattenverstärkung (SG REC) und ein Rekonstruktions-Highlight Gain (HG REC) berechnet werden, und eine inverse parabolische Gleichung für das parabolische Segment muss berechnet werden, um die erforderliche Rekonstruktions-Para-Luminanzabbildungsfunktionsform F_{L_RHDR} zu vervollständigen (es sei zu beachten, dass nur zu veranschaulichenden Zwecken die inverse SDR-zu-Master HDR-Luminanzabbildungsfunktion auch auf diesem normierten Graphen als die gepunktete Linie gezeigt ist; es sei zu beachten, dass aufgrund der inversen Funktionseigenschaft der SDR-HDR-Abbildung die Schattenverstärkung dieser Kurve SG_{RM} gleich $1/SG_{gr}$ ist, usw.).

[0184] **Fig. 15** verdeutlicht zunächst einige Gesichtspunkte der typischen Kernberechnungstopologie des Decodierers **1502**. Wie zu sehen ist, ist er etwa gleich aufgebaut wie der Codierer, obwohl er ein Regrading in die entgegengesetzte Richtung durchführt (Rekonstruktion REC MHDR von IDR), was nützlich ist, da man eine solche Berechnungstopologie leicht umkonfigurieren kann, falls Bedarf besteht. Erhält der Luminanz-Mapper **1501** einen Gesamt-LUT (aus allen teilweise aufeinanderfolgenden Regrading-Vorgängen), so würde er tatsächlich ähnlich wie der Codierer arbeiten.

[0185] Selbstverständlich müssen einige Unterschiede so konfiguriert werden, dass der Decodierer die korrekte HDR-Rekonstruktion des Regradings durchführt. Zuerst wird L_{in} nun eine normierte IDR-Luminanz sein, und die Ausgangsluminanz L_h wird eine normierte Luminanz sein, die korrekt für z. B. 5000-Nit-PB_D-Anzeige-Rendering skaliert ist. Wir sehen auch, dass der letzte Multiplikator, der die REC_M_HDR -Bildpixelfarben (R_s , G_s , B_s) ergibt, nun mit dem Wert PB_{C_H50} multipliziert, wie er in Metadaten empfangen wird. Tatsächlich wendet die äußere Perzeptualisierungs-Berechnungsschleife, die durch den Perzeptualisierer **1502** und den Linearisierer **1506** durchgeführt wird, einen PB_{CH} - bzw. PB_{C_H50} -Wert in den Gl. 1, 2 und invers zu diesen Gleichungen an. Es sei noch angemerkt, dass nun die Reihenfolge der verschiedenen partiellen Regradings, soweit vorhanden, umgekehrt wird: zuerst wird das perzeptuale IDR-Luma Y'IP durch die inverse benutzerdefinierbare Kurve in der Feingradierungseinheit **1503** feingradier, was regradierete IDR-Luma-Werte Y'IPG ergibt. Danach wird eine erste Abbildung auf die HDR-Luma-Achse (d. h. entsprechende umverteilte Luma-Werte

für ein entsprechendes korrektes HDR-Aussehen, tatsächlich ein 5000-Nit-pb_CH50 Mster_HDR-Aussehen) durch die grobe Luminanzabbildungseinheit **1504** durchgeführt, welche die inverse Para von **Fig. 14** anwendet, die noch korrekt berechnet werden muss, und sie ergibt anfängliche HDR-Luma-Werte Y'HC. Schließlich wird ein inverser Schwarz-Weiß-Offsetter **1505** die korrekten normierten REC M_HDR-Luma-Werte (Y 'HR) erstellen, die in den weiteren Berechnungen mit den Chroma-Werten verwendet werden, um für jedes Pixel die volle dreidimensionale Farbe zu erhalten. Wie erklärt, erhält Einheit 1504 typischerweise die berechnete SG_REC usw. (oder eine LUT-Version der anzuwendenden Luma-Abbildungsfunktion entsprechend diesen drei Werten). Es sei zu beachten, dass, wenn die verschiedenen PW-Werte identisch gehalten würden, WP_REC erneut WP_gr ist. Einheit **1505** erhält in ähnlicher Weise den Schwarz-Weiß-Offset für die Rekonstruktion von Mster HDR (WLO_REC, BLO_REC). Der untere Teil der Kerneinheit, der die chromatische Verarbeitung durchführt (Chrominanzprozessor **1550**), ähnelt der Codierertopologie von **Fig. 4**, mit Ausnahme des Ladens der korrekten C_LUT F_C [Y] in der chromatischen Verarbeitungsbestimmungseinheit **1551** (siehe Berechnung davon, wie nachstehend verdeutlicht).

[0186] Die Frage ist nun, ob und wie die Parameter der in dem zur Rekonstruktion von Mster_HDR aus IDR programmierten Decodierer anzuwendenden Funktionen berechnet werden können (dies ist eine Situation, die bei der HDR-Videocodierung bisher nicht aufgetreten ist).

[0187] Zum Beispiel können wir den Ansatz für die Schattenverstärkung sehen.

[0188] Vor der Berechnung von SG_REC können wir fragen, ob die gesamte Schattenverstärkung SG_RM von SDR bis Mster HDR bestimmt werden kann, und davon ausgehend könnten wir dann über die Division von Gl. 12 SG_REC bestimmen.

$$\text{So } SG_IDR = SG_gr / SG_ca$$

[0189] Man kann auch zeigen, dass $SG_ca = (mx/mxca) * (SG_gr + 1) - 1$

[0190] Dies ist zu erkennen, da $myca = SG_ca * mxca$ (durch die Definition des unteren linearen Segments der kanalangepassten Para) sowie $myca = my-d = mx * SG_gr + (mx - mxca)$.

[0191] Das zweite Verhältnis von $mxca/mx$ folgt aus der Division der oberen Gleichung von Gl. 9 durch mx .

[0192] Da durch Auffüllen der ersten Beziehung in die zweite (Entfernen des $mx/mxca$ -Teils) SG_ca im Sinne von SG_gr geschrieben werden kann, ist nun eine endgültige Beziehung zwischen SG_IDR und SG_gr herstellbar:

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

woraus sich ergibt:

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

[0193] Diese Gleichung kann nun bei bekannter (empfangener) SG IDR für das unbekannte SG_gr gelöst werden (und sc^* wurde nur aus Spitzenhelligkeiten berechnet, die ebenfalls bekannt sind, da sowohl PB_CH, d.h. PB_IDR als auch PB_C_H50 empfangen werden und PB_SDR üblicherweise 100 Nit ist, aber anderenfalls auch in Metadaten des Signals gesetzt werden kann).

[0194] Wird $SG_IDR = y$ und $SG_gr = x$ zur Vereinfachung genannt, dann gilt:

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

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

[diejenigen Koeffizienten (im Folgenden als A', B', C' bezeichnet), die Funktionen von y und sc^* sind, werden im Folgenden verwendet, um die quadratische Gleichung im Gesamtgleichungssystem zur Rekonstruktion der Luma-Werte des Mster HDR-Bildes zu lösen].

[0195] Um alle Parameter zu bestimmen, welche die Form der Luminanzabbildungsfunktion zur Rekonstruktion vorgeben, können die folgenden Gleichungen in der Regel in einer der Ausführungsformen durchgeführt werden (dies rekonstruiert die Umkehrung der Funktion, die verwendet wurde, um das IDR-Bild auf der Codierseite zu generieren). Zunächst wird die korrekte Para bestimmt, woraus anschließend die Schwarz-Weiß-Offsets berechenbar sind.

rhoSDR wird erneut wie oben berechnet, und rhoCH wird wie folgt berechnet:

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

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

[0196] K und La und sc* werden wie oben berechnet, mit K=P_HoS und La=P_Hol

$$A' = 1$$

$$B' = (\text{SG_IDR} - 1) * (\text{sc} * + 1) / (\text{sc} * - 1)$$

$$C' = - \text{SG_IDR}$$

[0197] Nachdem decodiereseitig die notwendigen Parameter aller benötigten Funktionen bestimmt werden konnten (zur Erinnerung: aus anderen empfangenen verfügbaren Parametern SG_IDR usw.) ist der Rest der Decodierung wegen der Umkehrbarkeit lediglich das Anwenden der inverse(n) Kurve(n) der Codierung, z. B. eine Para wie in **Fig. 14** (geeignet geformt durch Berechnen der angemessenen Definitionsparameter 1/SG_REC usw.) wird die Aktion der IDR-Codierung-Para rückgängig gemacht, wie in **Fig. 10** veranschaulicht, d. h. die Neudecodierung von IDR zu Mster_HDR-Luma-Werten usw. definiert).

[0198] Daraus folgt

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

[0199] Wobei ^2 eine Quadratleistung angibt.

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

[0200] So ist die inverse Kanalpassungs-Schattenverstärkung (1/SG REC) bereits bekannt.

[0201] Ebenso kann der erforderliche Highlight Gain berechnet werden.

$$\begin{aligned} A'' &= (\text{SG_REC} * \text{HG_IDR} - \text{SG_gr}) * (\text{SG_gr} + 1) / (\text{SG_REC} + 1) \\ B'' &= \text{SG_gr} - \text{HG_IDR} - (\text{SG_REC} * \text{HG_IDR} - 1) * (\text{SG_gr} + 1) / (\text{SG_REC} + 1) \\ C'' &= \text{HG_IDR} - 1 \\ \text{MxRec} &= [-B'' + \text{SQRT}(B''^2 - 4 * A'' * C'')] / 2 * A'' \\ \text{WENN } \text{MxRec} &= 1, \text{ DANN } \text{HG_REC} = 0 \\ \text{ANDERNFALLS } &= \text{HG_REC} = \max [0, (\text{MxRec} * \text{SG_gr} - 1) / (\text{MxRec} - 1)] \end{aligned}$$

[0202] Da eine Para-Funktion aus ihren Parametern definiert wird, wird, sobald diese berechnet sind, der benötigte Para-Wert definiert.

[0203] Zum Erhalten von BLO_REC_ und WLO_REC_ werden die folgenden Gleichungen durchgeführt:

$$\} \text{mx} = (1 - \text{HG_gr}) / (\text{SG_gr} - \text{HG_gr})$$

```

mxca=mx*(SG_gr-1)*(1-sc*)/2+mx
myca=mx*(SG_gr+ 1)-mxca
SG_ca=myca/mxca
WENN mxca= 1 DANN HG_ca=0 ANDERNFALLS HG_ca=max[0,(myca-1)/(mxca-1)]
ScaleHor=(1-1/La)/(1-1/K)
RHO=1+32*power(PB_C_H50/10000;1/2,4)

```

[0204] $\text{glim}=\{\log[1+(\text{rhoSDR}-1)*(0,1/100)^{(1/2,4)}]/\log(\text{rhoSDR})\}/\{\log[1+(\text{RHO}-1)*(1/\text{PB_C_H50})^{(1/2,4)}] / \log(\text{RHO})\}$; [wie zuvor; der gleiche glim wie der vom Codierer verwendete, weil bei dem ETSI-Ansatz dies eine feste parallele Umgehung des $\text{Im_PB_C_1} \leftrightarrow \text{Im_PB_C_2}$ -Mechanismus ist, wobei diese zwei Bilder als ausgehend von demselben PB_C_1 regradiert definiert sind, und bei diesem spezifischen SLHDR2PLUS-Ansatz das Mster_HDR- bzw. IDR-Bild ist]

[0205] $\text{BLO_gr}=\text{BLO_IDR}/\text{glim}$ [der Kehrwert von Gl. 17, so dass dies relativ einfach bestimmt werden kann, ohne Gleichungen höherer Ordnung zu benötigen, und anschließend muss nur der feste Kanaladaptionsmechanismus angewendet werden, um den benötigten WLO_REC zu erhalten, der gleich dem von der Codierung verwendeten WLO_ca ist, jedoch jetzt invertiert wird, wobei Addition zu Subtraktion wird]

$\text{BLO_REC} = \text{BLO_ca} = \text{BLO_REC} * \text{ScaleHor}$

[0206] Anschließend wird WLO_REC berechnet, indem er durch die Para projiziert wird, wie das Codierprinzip war, um anschließend invertiert zu werden.

```

WENN HG_ca=0 WLO_REC=0
ANDERNFALLS

{

BLO_co=255*BLO_ca/2040
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
WENN WW_REC>=Xh_REC DANN WCA=1-(1-WW_REC)/HG_REC_
ANDERNFALLS
Xs=(1-HG_REC)/(SG_REC-HG_REC)-WP_REC
Xsca=SG_REC*Xs
WENN 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_REC)]
WCA=(-B'''+SQRT(B'''^2-4*A'''*{C'''-WW_REC}))/ (2*A''')
WCA=min(WCA,1)

}

ANDERNFALLS WCA=WW_REC/SG_REC
WLO_REC=(1-WCA)*(1-BLO_co)/[(1-WCA*ScaleHor)*(510/255)]

```

[0207] Es sei zu beachten, dass, während BLO tatsächlich abbildungsweise ein reiner additiver Beitrag ist, WLO in eine multiplikative Skalierung auf das Maximum umgewandelt wird (z. B. in **Fig. 4**):

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

[0208] Alle diese Informationen können in der Regel in eine einzelne Luminanzverarbeitung LUT gefüllt werden, die sich z. B. in der perceptualen Domäne Y'IP auf Y'HR bezieht (oder besser noch eine Gesamt-LUT, die Lh für jeden L_in-Wert definiert). Dies würde das REC_MHDR-Bild rekonstruieren.

[0209] Wie oben erwähnt, ist es auch nützlich, wenn der Decodierer direkt ein anzeigeangepasstes Bild, z. B. MDR_300, ausgeben kann.

[0210] Dazu kann die folgende Technologie verwendet werden, wie mit **Fig. 16** verdeutlicht (wenn zwei Teil-LUTs verwendet werden, ist es in der Praxis am nützlichsten, nur eine LUT zu laden, die als P_LUT bezeichnet wird, da sich die obere Spur der Luminanzberechnung in bevorzugten Kernberechnungseinheiten befindet, z. B. dem Pro-Pixel-Farbprozessor einer dedizierten Decodier-IC, die in der Regel einfach als eine LUT ausgeführt ist. Y_IDR-Luma-Werte werden eingegeben (z. B. in der Regel PQ-basierte YCbCr codiert), und sie werden durch den Linearisierer 1601 in normierte Luminanzen L_in umgewandelt. Ein Perzeptualisierer 1602 arbeitet wie oben erklärt (Gl. 1 und 2) und verwendet den RHO-Wert für die IDR-Spitzenhelligkeit PB_IDR, z. B. 1000 Nit. Dies ergibt perzeptualisierte IDR-Luma-Werte Y'IP. Eine Luminanzabbildungseinheit **1603** rekonstruiert das Master-HDR-Bild wie oben erklärt, d. h. sie erhält alle berechneten Parameter, welche die IDR-Rekonstruktions-Luminanzabbildungsfunktion F_L_REC oder in der Regel die LUT dieser Funktionsform definieren. Dies ergibt rekonstruierte Mster_HDR-Luma-Werte Y'HR. Dieses Bild bildet eine gute Grundlage für die Berechnung von Bildern mit niedrigerem Dynamikbereich/Spitzenhelligkeit PB_C. Dies funktioniert grundsätzlich wie der ETSI2-Mechanismus, sofern die richtigen Funktionen angewendet werden. Diese Funktionen können aus der als Metadaten mitübermittelten F L IDR skaliert werden oder aus der rekonstruierten Funktion f_50t1 berechnet werden, die eine Rekonstruktion dessen ist, was der Content Creator auf seiner Seite als die optimale Funktion definiert hat, um das Master-SDR-Bild aus dem Mster HDR-Bild zu berechnen. Diese F_50t1-Funktion kann dann nach den im ETSI2-Standard definierten Prinzipien in die entsprechende Anzeigeanpassungsfunktion F_L_DA für z. B. ein 300-Nit-PB D eingerechnet werden (der Leser wird für dieses Detail auf diesen Standard verwiesen). Sie wird, falls vorhanden, in den HDR-MDR-Luminanz-Mapper **1604** geladen. In der Praxis wird die einzelne P_LUT die gesamte Aktion von FL_REC und anschließend F_L_DA enthalten.

[0211] Schließlich werden die erhaltenen MDR-bezüglichen Abbildungen an den ersten Multiplikator 454 von **Fig. 4** gesendet, um die gleiche Verarbeitung (auch mit der korrekten begleitenden F_C [Y]) durchzuführen.

[0212] Schließlich muss die geeignete C LUT (F C [Y] in **Fig. 4** bzw. **Fig. 15**) berechnet werden, was der Luminanz ihre geeigneten Chrominanz verleiht (um möglichst nahe am Mster HDR-Bild zu sein, d. h., die Chromatizitäten der Ausgangsbildpixel und des Mster HDR-Bildes sollten bei dem unterschiedlichen kleineren Dynamikbereich möglichst nahezu identisch sein).

[0213] Die C_LUT für die Mster_HDR-Rekonstruktion lautet wie folgt (andere Regrading-Berechnungen von C-LUTs folgen ähnlichen Prinzipien, z. B. unter Berücksichtigung der Lehren von ETSI2).

[0214] Zunächst wird eine CP-LUT berechnet, die der Kehrwert der vorgenannten P_LUT ist, die auf den Codierer angewendet wurde, um das Mster HDR-Bild auf das IDR-Bild abzubilden (so wird in dem Decodierer diese inverse Chrominanzkorrektur verwendet, um Chrominanz Cb und Cr, wie sie von den Mster HDR-Chrominanz wie empfangen rekonstruiert werden, aus dem IDR-Bild zurückzuwandeln).

[0215] Die C LUT für die Mster-HDR-Rekonstruktion kann dann wie folgt berechnet werden:

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

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

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

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

[0216] Mit v ist wiederum die Funktion $v(x, \text{RHO})$ wie in den Gl. 1 und 2 oben definiert.

$$C_{\text{factCH}} = 1 - (X_C - X_S) / (X_H - X_S)$$

$$C_{\text{factCA}} = 1 - (X_D - X_S) / (X_H - X_S)$$

$$C_LUT[Y] = \left[1 + C_{\text{factCA}} * \text{power}(CP_LUT[Y]; 2, 4) \right] / \left[Y * \left\{ 1 + C_{\text{factCH}} * \text{power}(CP_LUT[Y]; 2, 4) \right\} \right]$$

[Gl. 22]

[0217] Das Anzeigeziel PB_D kann zur Rekonstruktion auf PB_Mster_HDR gesetzt werden, wobei nur noch der Dividierer als C_LUT-Bestimmer verbleibt. In einer praktischen Ausführungsform kann die Leistung 2,4 auch als z. B. CPP_LUT=Leistung (CP_LUT [Y]; 2,4) in der LUT enthalten sein, was einige Rechnungen in einigen Ausführungsformen einsparen kann.

[0218] Es wurde oben gesagt, dass einige praktische Ausführungsformen (für aktuelle ETSI2-Metadatendefinitions-konformität) des SLHDR2PLUS-Codierers Hg_gr für konforme HG IDR-Werte neu berechnen. Dies kann wie folgt geschehen.

[0219] Zum Beispiel haben die Metadaten ein 8-Bit-Codewort für die HG der Para reserviert, d. h. in diesem Fall, da das IDR-BILD+ seine Metadaten scheinbar ein ETSI2-konformes Signal sind, stellt sich die Frage, ob das benötigte HG IDR in den zugewiesenen Code passt. Der Standard verwendet in der Regel eine Codezuweisungsfunktion, um die physisch benötigte HG IDR in einige HG COD umzuwandeln: HG_COD in $[0, 255] = F_COD[HG_IDR]$. Zum Beispiel kann $F_COD = 128 * (4 * HG_IDR)$ sein, was bedeutet, dass max. 255 einem max. HG_IDR von 0,5 entspricht

[0220] Wir möchten sicherstellen, dass das IDR-Bild so erzeugt wird, dass die HG IDR gerade in den Codebereich passt, d. h. eine pragmatische Ausführungsform kann dies realisieren, indem die HG_gr des Graders etwas angepasst wird (so dass mit der festen Kanalanzahl und darauf basierender IDR-Metadatenbestimmung dieser Überfluss gerade vermieden wird).

[0221] Berechnungen für diese (optionale) Ausführungsform können z. B. sein:

Einstellen von $HG_IDR = (254 * 2) / (255 * 4)$;
Belichtung=Schatten/4+ 0,5 [wobei Schatten die ETSI2-Codifizierung von Schattenverstärkungen SG_gr ist]

$SG_gr = K * \text{Belichtung}$
 $A = SG_gr * (HG_IDR - 1) - 0,5 * (SG_gr - 1) * (1 - sc) * (HG_IDR + SG_gr)$
 $B = SG_gr - HG_IDR + 1 + 0,5 * (SG_gr - 1) * (1 - sc) * (HG_IDR + 1)$
 $C = HG_IDR - 1$
 $MxLM = [-B + \sqrt{B * B - 4 * A * C}] / (2 * A)$
WENN $MxLM = 1$ DANN $HG_gr_LM = 0$
ANDERNFALLS $HG_gr_LM = \max[0, (MxLM * SG_gr - 1) / (MxLM - 1)]$

[0222] Wobei HG gr LM der eingestellte HG_gr-Wert ist. Der Rest des Algorithmus wird dann wie oben beschrieben arbeiten, als ob der Grader von Anfang an den optimalen HG_gr_LM-Wert ausgewählt hätte.

[0223] Dies führt ein Verfahren im Detail aus, um das neue SLHDR2PLUS-Codec-Gestaltungsproblem anzugehen. Je nach getroffenen technischen Wahlen gibt es alternative Weisen, insbesondere darüber, welche Aspekte man eine Hauptbedeutung zuweist, gegenüber anderen Aspekten, die man entspannt angeht.

[0224] Die obige Mathematik definiert eine völlig neue Art und Weise, um den HDR-Decodierer zu implementieren, sei es mindestens mit einem Kernberechnungsansatz, der mit dem ETSI1- und ETSI2-Ansatz konsistent ist: insbesondere, obwohl anders geformte P-LUT- und C_LUT-Funktionen berechnet werden, als oben veranschaulicht sind (obwohl **Fig. 4** und **Fig. 15** die technisch-physikalische Philosophie hinter der Arbeitsweise unserer HDR-Codierungsansätze detailliert ausführen und Gründe nennen, in der Praxis die gesamte Luma-Verarbeitung, die einer Luminanz-Verarbeitung entspricht [in einem eindimensionalen Farbsekt sind diese zwei über eine nichtlineare, sprich bildabhängige Funktionstransformation] in der Luma-Verarbeitungsspur **401**

bzw. **1501** durchgeführt, indem die korrekte Gesamt-P_LUT-Luma-Abbildungsfunktionsform geladen wird, und in ähnlicher Weise ist für die C-LUT, die in der jeweiligen Einheit **451** und **1551** F_C [Y] genannt wird, die Berechnungstopologie wiederverwendbar, was eine sehr nützliche Eigenschaft für Kunden ist (sie müssen nur einmal eine IC in z. B. einer STB kaufen, und diese kann auf verschiedene neue Codierphilosophien rekonfiguriert werden, indem die Metadatenhandhabung neuprogrammiert wird, aber die Pro-Pixel-Farbtransformationseingabe beibehalten wird).

[0225] Man kann auch eine IDR-Codierertechnologie ausgestalten, welche die gleiche ETSI2-Decodierungsmathematik in der Tiefe (d. h. die Kette von partiellen Regradings 1503-1505) wiederverwendet, indem der ETSI2-Decodierer lediglich angewiesen wird, statt seiner normalen Aufgabe, das empfangene Bild herunterzugradieren, geeignet zu extrapolieren, die Anzeige an die Anzeige $PB_D < PB_{IDR}$ anzupassen. Hervorzuheben ist, dass es sich hierbei nicht um eine „blinde“ Extrapolation handelt, die „lediglich ein beliebiges“ Bild mit höherem Dynamikbereich ergibt, das dem Aussehen (d. h. insbesondere der statistischen Verteilung der relativen Luma-Werte oder absoluten Luminanzen der IDR-Pixel) des IDR-Bildes entspricht, sondern tatsächlich „automatisch“ durch diese Art und Weise des Codierens ein HDR-Ausgangsbild erzeugt, das dem ursprünglichen Master HDR-Bild der Inhaltserzeugungsseite so ähnlich wie möglich ist (das auch in solchen Ausführungsformen weiterhin nicht tatsächlich empfangen wird, oder dessen Metadaten z. B. SG_gr nicht empfangen werden). Dies ist natürlich automatisch nicht so einfach und beinhaltet den richtigen Ansatz auf der Seite der Inhaltscodierung. Für den Decodierer in Ausführungsformen dieser Philosophie empfangen die PB_C_{H50} sekundäre Spitzenhelligkeitsfunktionen bei der Programmierung des Kern-pro-Pixel-Decodierers äquivalent, als ob es sich um eine gewünschte Anzeigehelligkeit PB_D handelte (die dann z. B. 5x höher ist als PB_{IDR}).

[0226] Fig. 18 verdeutlicht diesen Ansatz (Blockschema, wie der Codierer konzeptionell mathematisch arbeitet). Ferner wird der Einfachheit halber davon ausgegangen (obwohl diese Auswahlen nicht notwendigerweise mit diesem Beispiel allein verknüpft sind), dass die Wahlfreiheit des festen Anpassungsalgorithmus so gewählt wurde, dass nur ein paratransformationsverknüpfendes Master HDR und IDR vorgenommen wird und beliebig BLO und WLO (falls zutreffend bereits auf das aktuelle Bild oder den aktuellen Satz von Bildern anwendbar) und die benutzerdefinierbare Kurve für die sekundäre Transformation belassen werden, d. h. das IDR-SDR-Reggrading, und die Metadaten, die zu dem ETSI2-konformen IDR-Signal gehören, um an die Empfänger (egal ob ältere ETSI2-Empfänger oder SLHDR2PLUS-Decodierempfänger) übermittelt zu werden.

[0227] Wir benötigen zunächst einige einleitende Definitionen:

[0228] Der Kehrwert einer Parakurve, wie in Fig. 10 gezeigt, d. h. mit der ETSI-standardisierten Formdefinition, wie in den obigen Gleichungen 4 und 5 formuliert, und dem parabolischen Mittelteil, der durch $a * x^2 + b * x + c$ definiert ist, ist eine Kurve, die wir in diesem Text der Einheitlichkeit halber als Abcara bezeichnen sollten. Gemäß ETSI1-Abschnitt 7 (HDR-Signalrekonstruktion) wird diese definiert als:

$$\begin{aligned} L_{out} &= 1/SG * L_{in} \text{ (wenn } 0 \leq L_{in} \leq xS) \\ L_{out} &= -b/2a + \sqrt{b^2 - 4 * a * (c - L_{in})} / 2a \text{ (wenn } xS < L_{in} < xH) \\ L_{out} &= 1/HG * (L_{in} - 1) + 1 \text{ (wenn } xH \leq L_{in}) \end{aligned} \quad [Gl. 23]$$

[0229] Wobei xS und xH die Punkte sind, an denen die linearen Segmente in den parabolischen Mittelabschnitt übergehen, in Übereinstimmung damit, wie die Para für die Codierung (oder irgendeine andere Verwendung) definiert wurde.

[0230] Das Grundprinzip, was die Videocodierer-Ausführungsform von Fig. 18 zu erreichen versucht, ist in Fig. 20 gezeigt (in diesem Beispiel haben wir gewählt, das Beispiel einer 500 Nit PB_C IDR zu erläutern, ohne sagen zu wollen, dass dieses Verfahren irgendwie auf eine niedrigere PB_{IDR} beschränkt oder dafür geeigneter ist).

[0231] Wenn wir einen festen Mechanismus (in einem ETSI2-kompatiblen oder älteren ETSI2-Decodierer) haben, um von IDR auf höhere PB_C 's als PB_{IDR} zu extrapolieren (unter Verwendung einer solchen PB_C -Einstellung, als ob sie eine Anzeigespitzenhelligkeit wäre), dann könnten wir auch einen Codierer ausgestalten, der diesen Prozess invertiert, d. h. das IDR-Bild unter Verwendung der inversen **F_ENCINV_H2I** der geeignet angepassten Extrapolations-Luminanzabbildungsfunktion **F_E_I2S** (angepasst aus der Funktion **f_I2S**, die mit der von Empfängern des IDR-Signals empfangenen ETSI2 spec übereinstimmt, d. h. IDR-Bild + Metadaten einschließlich der Funktion **F_I2S**), und anschließend die korrekten Metadaten hinzufügt, die, wie gesagt, **F_I2S** wären, die von der gesamten Luminanzabbildungsfunktion **F_H2S** (z. B. **F_50t1**) abzuleiten sind, wie sie durch

den Content Creator erstellt wird, z. B. einen menschlichen Grader oder einen Automaten in einem beliebigen Zwischenechtzeitcodierungsprozess usw.

[0232] Die Beziehungen können auch in multiplikativer Sicht formuliert werden:

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

$$L_HDR = m_F_E_I2S * L_IDR$$

[0233] Wobei m_F_I2S bzw. $m_F_I2S(L_HDR)$ ein entsprechender Multiplikator ist, der erforderlich ist, um die Luminanz-Regrading für jeden ausgewählten L_HDR -Wert, welcher der Form der **F_I2S** Luminanzabbildungsfunktion entspricht, und ähnlich für die anderen Multiplikatoren zu realisieren.

[0234] Man muss also lösen, dass ein Kehrwert einer Para von HDR zu IDR, d. h. eine Abcara, die von IDR zu HDR arbeitet, die gleiche Wirkung hat wie eine Para, die auf PB_HDR extrapoliert wird (beginnend mit einer beliebigen L_IDR).

[0235] Um dies ein wenig besser zu verstehen, verwenden wir **Fig. 21**. Im normalen Interpolationsmodus von höherem Eingangsbild PB_C (d. h. Arbeiten an beliebigen normierten Eingangsluminanzen L_in_X , die tatsächlichen Luminanzen entsprechen, über einen PB_Ch , der höher ist als der PB_D der normierten Ausgangsbild-Luminanzen) zu niedrigerem PB_D , der ursprünglichen Grader-Para **F_H2S** (wie in den Metadaten von einer Standard-ESTI2-Codiervideokommunikationskette empfangen) würde diagonal gemäß dem Pfeil in Richtung der Diagonalen $[0,0]$ - $[1,1]$ skaliert werden, was F_ENCINV_H2I ergibt (was nun dem visuell vereinheitlichten pseudologischerarithmetischen Abstandsverhältnis von PB_IDR/PB_HDR ggü. PB_SDR/PB_HDR entspricht, d. h. von z. B. $v(100/5000)/v(500; 5000)=0,54/0,72$ [wobei $v(x; y)$ die Funktion von Gl. 1 mit Abszisse x und RHO entsprechend y über Gleichung 2 ist]). Man könnte sich vorstellen, dass das Fortsetzen des Regrading-Verhaltens von einer beliebigen höheren zu einer beliebigen niedrigeren PB_D -Situation durch die Identitätsverarbeitungsabbildung PB_HDR zu PB_HDR Kurven ergeben würde, die steil abfallen, tatsächlich würden sie für Para-Spezies-Luminanzabbildungskurven mathematisch Abcaras werden. Tatsächlich wäre die erforderliche Funktion zum Extrapolieren eines empfangenen IDR-Bildes (basierend auf der ursprünglichen Luminanzabbildungsfunktion **F_H2S**, wie in Metadaten empfangen, unter Verwendung des Anpassungsmechanismus der Anzeige ETSI2 Kapitel 7.3) **F_E_I2S** die Spiegelfunktion, die durch Spiegeln um die Diagonale von F_ENCINV_H2I erhalten wird (und umgekehrt).

[0236] Ergo, was übrig bleibt, wenn man Standard-ETSI2-Rechenmechanismen erneut einsetzen möchte, um eine SLHDR2PLUS-Funktionalität zu implementieren, ist das Definieren des entsprechenden Codierers, wie in **Fig. 18** verdeutlicht.

[0237] SG von F_ENCINV_H2I ist zum Beispiel in der Abcara-Definition $1/SG * L_in_X$.

[0238] Bezüglich SG_COD (d. h. der ETSI-definierten Codierung der obigen physikalischmathematischen Schattenverstärkung SG) erhält man ($SG_COD=SGC * 255/2$ juncto ETSI1 äq. C23 $exposure=SGC/4 + 0,5$ juncto C24 $expgain=v(PB_HDR=5000/PB_target=500; PB_target)$ juncto äq. C27 $SG=expgain * exposure$):

$$1/[(SGC/4 + 0,5) * v(5000 / 500; 500)] = (X/4 + 0,5) * v(500 / 5000; 500) \quad [Gl. 24]$$

[0239] Die für die unbekannte Para-Schattenverstärkungssteuerung X (d. h. X ist SG von F_ENCINV_H2I) zu lösen ist.

[0240] Das heißt, der Decodierer definiert, wie für die F_H2S -Auswahl eines Graders die F_E_I2S -Form sein wird (unter Verwendung des ETSI2 7.3-Algorithmus), aber wir müssen diese als eine ETSI1-Abcara interpretieren, so dass wir diese Abcara mit der entsprechenden benötigten inversen Para **F_ENCINV_H2I** in Beziehung setzen können, um letztendlich in dem neuen SLHDR2PLUS-Codierer die entsprechende Para zu verwenden, um die IDR-Bildluminanzen zu berechnen (in einer ersten bevorzugten Ausführungsform dieses spezifischen Speziesansatzes des generischen SLHDR2PLUS-Ansatzes, d. h. der Ableitungsberechnungen von Luminanzabbildungsfunktionen unter Verwendung der zweiten Spitzenhelligkeit; die weißen und schwarzen Offsets werden in dieser Spezies ignoriert, zumindest im HDR < > IDR-Teilbereich, da sie auf den HDR < > SDR-Teilbereich des unterschiedlichen PB_C -Bildspektrums anwendbar sind, wie in **Fig. 7** gezeigt).

[0241] In der Praxis arbeitet der Codierer nun in der anderen Reihenfolge (jedoch mit den gleichen Beziehungen, um das System ETSI2-konform zu halten). Der Kanaladapter 1801 berechnet (aus der empfangenen F50t1 Funktionsform) die Para, die benötigt wird, um die LHDR-Luma-Werte in die z. B. 500 Nit PB_C LIDR-Luma-Werte zu transformieren (die Kanalpassungsmathematik der oben beschriebenen vorherigen Ausführungsform kann verwendet werden, muss dann aber die WLO- und BLO-Anpassung ignorieren, d. h. die Para arbeitet nur zwischen zwei 0-1,0 Luma-Darstellungen ohne Offsets, durch Anwenden nur einer Para). Der Inverter **1802** berechnet die entsprechende Abcara unter Verwendung des Kehrwertes von Gl. 24 (d. h. wobei bei bekanntem SGC auf der rechten Seite der Gleichung $1/X$ links berechnet wird). Dies ist die Abbildung, die L_HDR-Pixel-Luma-Werte aus L_IDR-Pixel-Luma-Werten wie empfangen rekonstruiert. Nimmt man z. B. einen WP an, der über die Codec-Definitionskette konstant bleibt, so berechnet der Inverter **1802** die Schattenverstärkung SG_abc und den Highlight Gain HG_abc der Abcara. Die niedrigere Spur, welche die Metadatenverwaltung durchführt, muss letztendlich die F_L_IDR (=F_I2S) berechnen, so bestimmt der Adapter **1803** die benötigte Abbildungsfunktion **F_I2S** (insbesondere SG_IDR und HG_IDR davon), indem er in inverser Richtung den Algorithmus von ETSI2 7.3 (Realisierung der verbleibenden Transformation **F_I2S** der Gesamttransformation **F_H2S**, wenn bereits ein Teil-Luminanz-Regrading an den IDR-Bild-Luma-Werten unter Verwendung von F_ENCINV_H2I durchgeführt wurde).

[0242] Wie bereits oben erwähnt, kann es in einigen Szenarien vorkommen, dass der HG_IDR-Wert über das hinausgeht, was als HG_COD ETSI2-konform codiert werden kann. In einem solchen Szenario kann man diesen Wert von HG IDR auf das Maximum begrenzen und durch die Kette zurückgehen, mit dem, was dies bedeutet, insbesondere welche andere Funktion des ursprünglichen Graders **F_H2S** diesem entsprechen würde. Von dieser Situation aus können dann alle Berechnungen neu gestartet werden, und dies ist, was die gestrichelt gezeigten optionalen Einheiten in einer konsekutiven Verarbeitungslinie durchführen.

[0243] Fig. 22 erklärt, was Begrenzer **1804** als Umformung der Luminanzabbildungskurve durchführt. Die gepunktete Linie zeigt die Ausgangs-F_H2S, und wie daraus mit dem festen Kanalpassungsalgorithmus eine Funktion F_ENCINV_H2I abgeleitet werden kann, und wie die (ursprüngliche) verbleibende teilweise Regrading-Funktion F_I2S_OR abgeleitet werden kann (die ursprüngliche F_IDR im Fall, dass es keine zusätzlichen spezifischen Beschränkungen in ETSI2 gäbe, wie derzeit formuliert, die einen detaillierteren spezifischen Ausführungsform-Ansatz erfordern würde, wie jetzt erklärt). HG_IDR_ or dieser Funktion kann, wenn dies ein völlig neuer Ansatz zur HDR-Videocodierung ist, nicht in die HG_COD-Definition passen, d. h. einen Wert über seinem 8 Bit max. 255 erfordern, der in einem ETSI2-konformen HDR-videocodierten Signal übermittelt werden kann. Ergo muss Hg_IDR or auf höchstens den begrenzten noch codierbaren Wert HG_IDR_LIM abgesenkt werden (der in den derzeitigen Ausführungsformen von ETSI2 2,0 beträgt, dies ist jedoch keine grundsätzliche Einschränkung des Ansatzes). Dadurch entsteht eine Para, die einen hervorgehobenen linearen Abschnitt aufweist, der etwas näher an der oberen horizontalen Grenze liegt ($L_{out_X}=1,0$), was etwas helleren IDR-Bildern entspricht, was aber kein grundsätzliches Problem ist (wie oben erwähnt, besteht eine gewisse Spannungsmöglichkeit im System zur Gestaltung verschiedener Varianten). Dies bedeutet, dass die Bereiche mit höchster Luminanz in einem HDR-Szenenbild eine weniger kontrastreiche IDR-Darstellung erhalten (obwohl das ursprüngliche Master-HDR vollständig wiederherstellbar ist und das SDR-Aussehen und alle MDR-Regradings ebenfalls gut aussehen), was aber kein reales Problem ist, da wir von höheren PB C-HDR-Mastern gradieren, und dies entspricht dem, was z. B. im 3000-5000 Nit-Bereich liegt, bei dem es sich in der Regel um Lampen und dergleichen handelt, die eine geringe Verschlechterung erleiden können (aber eine verschlechterte Abbildung ist sowieso immer erforderlich und wird bei solchen ultrahellen Bereichen fast erwartet). Der zweite Kanaladapter 1805 wird dann alle obigen Mathematiken erneut anwenden, nun aber mit der begrenzten HG_IDR-Situation (so kann zunächst ein Äquivalent **F_H2S** berechnet werden, was wie in dieser Kategorie von Ausführungsformen erwähnt durch Extrapolieren der begrenzten F_I2S_LIM auf eine PB_D=PBMster_HDR-Situation durchgeführt werden kann, und dann kann die Kanalpassung erneut angewendet werden).

[0244] Diese resultierende F_H2I_LIM (d. h. Abbildung von L_HDR-Luma-Werten auf L_IDR-Luma-Werte) kann nun durch den Bildpixelluminanz-Mapper **1806** angewendet werden, um pixelweise alle IDR-Luma-Werte zu bestimmen (oder sogar unter Verwendung auch der chromatischen Verarbeitung von ETSI2, d. h. der dort definierten C_LUT entsprechend der F_H2I_LIM-Luma-Abbildungsfunktionsform, alle IDR-YCbCr-Farben). Schließlich berechnet der IDR-Metadatenbestimmer **1807** den vollständigen Satz von Metadaten zum Realisieren des ETSI2-konformen metadatenbasierten Regrading auf niedrigere PB_C-Bilder (für eine beliebige Anzeige PB_D), die niedriger als PB_IDR ist (oder durch Extrapolation höher als PB_IDR ist). So werden wieder SG IDR, HG_IDR und WP_IDR gemäß einer der möglichen Kombinationen bestimmt, die eine Ausführungsform bilden, wie vorstehend erklärt. Nun werden auch BLO_IDR und WLO_IDR bestimmt (wie oben erklärt, kann eine bestimmte Luma auf der Mster HDR-Luma-Achse auf 1,0 auf der SDR-Luma-Achse abgebildet

werden, und dies kann als eine Abbildung einer geeignet skalierten IDR-Luma, d. h. Definieren von WLO_IDR, und ähnlich für BLO_IDR neu formuliert werden).

[0245] Schließlich kann die benutzerdefinierbare Kurve für die neue IDR-Metadaten-Situation durch den benutzerdefinierbaren Kurvenoptimierer **1808** optimiert werden (falls benutzerdefinierbare Kurven verwendet werden, weil einige Ausführungsformvarianten der Untermarkt-Codec-Technologie, wie z. B. Reality-Sendungen, gewählt haben, niemals benutzerdefinierbare Kurven zu verwenden, und dann gilt die frühere para+ Offset-Mathematik).

[0246] **Fig. 19** verdeutlicht, wie die Anpassung einer benutzerdefinierbaren Kurve funktioniert. Sie setzt sich immer aus zwei konzeptionellen Komponenten zusammen (sei es direkt in nur einer Richtung oder invertiert). Die erste Komponente kann durch Sich-Konzentrieren auf ein Objekt verstanden werden: Nehmen wir für einen Moment an, dass einer der Steuerpunkte der benutzerdefinierbaren Kurve mit mehreren linearen Segmenten einer Hose entspricht (daher ist die spezifische L_{in_S} normierte Luma $xo11$ z. B. die durchschnittliche Luma aller Hosenpixel). Eine Transformation wird verwendet, um z. B. diese Hosenpixel (um und insbesondere das des Steuerungspunktes) aufzuhellen, um normierte Luma-Werte auszugeben, die bessere Luma-Werte für diese Hosen sind, gemäß dem menschlichen Grader (oder der Automatensoftware). Wir sehen auch in **Fig. 4**, dass dies im ETSI-Ansatz als letzter (optionaler) feingradierender Codierschritt im Codierer (Einheit 405) und entsprechend als erster Schritt im Decodierer erfolgt. Tatsächlich ist diese Luma-Transformation also tatsächlich in der SDR-Luma-Domäne definiert (nach der groben HDR-zu-SDR-Luma-Abbildung des para+ Offsets, falls vorhanden).

[0247] So kann man begründen, dass eine beliebige Luma eine Transformation (für dieses Objekt!) benötigt, die multiplikativ geschrieben werden kann als $L_{out}=m(L_{in_SDR}) * L_{in_SDR}$.

[0248] Die erforderliche multiplikative Luma-Änderung (prozentual) kann in jedem anderen Bild, z. B. dem IDR-Bild, unterschiedlich sein, man sollte sich jedoch auf eines verlassen können, nämlich, dass die Korrektur einer Feingradierung einem spezifischen „Objekt“ entspricht, das ein Regrading benötigt (selbst wenn die benutzerdefinierbare Kurve für einen anderen der Vorteile zusätzlich zu einer bestimmten Objektfeingradierung verwendet wird, z. B. durch Verbesserung der Form der groben Gradierungsluminanz-Abbildungskurve kann sie physisch noch als eine solche objektbasierte Verbesserung interpretiert werden, sei es durch Definieren eines Satzes des virtuellen Objekts, das einigen Luma-Teilbereichen entspricht). Verfolgt man also die Objekte in einen anderen DR-Luma-Bereich, so kann sich der normierte Abszissenwert ändern, nicht aber die Kernesenz des Objekts (z. B. hat der Mensch auf dem Motorrad bei HDR eine andere normierte Luma, nämlich 5/5000 als bei SDR, nämlich 5/100). Daher müssen wir die Funktion für diese neue normierte Luma-Positionsverteilung neu berechnen (dies kann für jeden Betrag von partiellen Zwischen-Regrading -Luminanz-Abbildungsfunktionen erfolgen, auch aufwärts und abwärts verschiedener Teilspuren, wie komplex auch immer man eine HDR-Videocodierungs-Ausführungsform gestalten würde). So zeigt **Fig. 19a** dies allgemein: ursprüngliche SDR-Objekt-Luma (z. B. ein Segmentendpunkt eines linearen Segments der benutzerdefinierbaren Kurve) $xo11$ bewegt sich zu $xo1N$ (dies würde durch Anwenden z. B. der Abcara erfolgen, die der Kehrwert von **F_I2S** aus **Fig. 20** ist). Gleiches erfolgt an anderen Punkten, z. B. dem Fünfecksegmentpunkt (typischerweise kann davon ausgegangen werden, dass ausreichend gut verstreute Segmentpunkte, z. B. 16, vorhanden sind, von denen z. B. 10 automatisch durch die Gradierungssoftware eingestellt werden können, wenn der Grader z. B. ein grobes lineares benutzerdefiniertes Regrading auf einen größeren Teilbereich der dunkleren Luma-Werte anwendet). Wenn alle diese Punkte verschoben sind, kann man nun aus der ursprünglichen CC_{gr} -Kurve des Master-Inhaltsmetadaten-Graders (F H2S mit CC auf dem SDR-Luma-Bereich) eine Zwischenkurve **CC_XRM** definieren, indem man die ursprünglichen CC_{gr} -Offsets anwendet, d. h. $L_{out_SDR}=CC_{gr}[L_{in_S}]$, wobei die L_{in_S} -Werte die ursprünglichen Werte $xo11$ usw. waren (aber jetzt werden die L_{out} -Werte auf die $xo1N$ neu abgebildeten IDR-Luma-Positionen angewendet (was die gestrichelte Kurve ergibt). Natürlich handelt es sich hierbei nicht um die geeigneten HDR-IDR-Abbildungsmultiplikatoren (oder genauer IDR-IDR-Abbildungsmultiplikatoren), so dass die Korrektur in Schritt 2 durchgeführt wird, wie in **Fig. 19b** veranschaulicht.

[0249] Wie erneut in **Fig. 19b** zu sehen, kann die multiplikative Feinkorrektur als skalierbarer Prozess interpretiert werden, der zwischen keiner Korrektur (die Mster_HDR-Pixel-Luma-Werte sind per Definition bereits korrekt, weil dieses Bild durch den Content Creator, mit dem begonnen wird, optimal eingestuft wurde) bis vollständiger Korrektur für das sehr extrem unterschiedliche (vom Mster_HDR) PB_C-Bild in dem Spektrum regradierter Bilder wechselt, bei dem es sich in dem Ansatz des Anmelders in der Regel um das 100-Nit-SDR-Bild handelt (bei dem die vollständige Korrektur für ein bestimmtes Pixel z. B. mso 1 ist, das als absoluter Offset geschrieben werden kann, aber auch als multiplikative Korrektur $yio1=msol * xsol$ (jede Luma-Abbildungskurvenform $yio1=F_L(xsol)$ kann als Kurve lumaabhängiger Multiplikationswerte formuliert werden).

[0250] Da die multiplikative Korrekturansicht als Offsets von der Diagonalen mit $y_{i0} = x_{s0} - 1$ formuliert werden kann, kann ein vertikaler Skalierungsfaktor eingeführt werden:

$$\text{ScaleVer} = \max\left[\frac{(1 - L_a)}{(1 - K)}; 0\right] \quad [\text{Gl. 25}]$$

[0251] Wobei L_a und K wie oben definiert sind.

[0252] Die erforderlichen, angepassten Werte der benutzerdefinierbaren Kurve werden dann ermittelt als:

$$y_{iDA} = \text{Min}\left[\left(y_{i0} - x_{s0}\right) * \text{ScaleVer} + x_{i0}; 1\right] \quad [\text{Gl. 26}]$$

und dies wird für alle Werte von x_{s0} berechnet.

[0253] Fig. 27 gibt eine andere Weise zum Bestimmen der Segmentendpunkte einer benutzerdefinierbaren Feingradierungskurve auf technisch elegante Weise für Decodierer. Wir haben bereits beschrieben, wie die Parameter der groben Gradierungs-Para-Kurve neu berechnet werden können (und, falls vorhanden, ein Schwarz-Weiß-Offset, aber wir vereinfachen die Erläuterung durch Konzentrieren auf die Para). Vorausgesetzt wird, dass die Para die Grobgradierung von irgendeinem Anfangsdynamikbereich zu dem Enddynamikbereich, z. B. dem LDR-Dynamikbereich durchführt. Der Schwarz-Weiß-Offset kann normierte Bereichsabweichungen berücksichtigen, falls diese notwendig sind, so dass die benutzerdefinierbare Kurve gerade oberhalb der Positionierung der relativen Luminanzen spezifischer Regimes entlang der normierten Achsen ist. Ergo beginnt die Kurve bei (0,0) bzw. endet bei (1,1) und weist einige Segmentverbindungspunkte dazwischen auf, im Beispiel 2 kurvenformbestimmende Punkte (z. B. (x_1, y_1)). Es ist auch sinnvoll, dass in jeder Darstellung und deren Regrading die Anzahl der linearen Segmente und Punkte gleich ist, da sich die Art der Regimes nicht ändert (Regime dunkelster z. B. Innenfarben können in einer anderen (perzeptual einheitlichen, typischen) normierten Luma in z. B. einem 200 Nit PB_C-Bild statt in einem 1500 Nit PB_C-Bild enden, aber die Tatsache, dass es zwei Regimes gibt - Innen- und Außenregime - ändert sich bei den Regradings nicht.

[0254] Ergo müssen für eine multilineare Regrading-Funktions-Formneubestimmung nur die entsprechenden Endpunkte $(x_{\text{new}}, y_{\text{new}})$ ermittelt werden.

[0255] Wir können eine andere zu erfüllende Eigenschaft (ideal) nutzen, nämlich ob man das Master-HDR-Bild direkt mit der gesamten Spannenfunktion **FL_50t1** regradiert (die in diesem Fall aus zwei konsekutiv anzuwendenden Funktionen besteht: eine Gesamt-Para **2710** und eine Gesamt-Multilinear-Funktion **2711**), oder man führt das Regrading in zwei Schritten durch, zuerst vom 5000-Nit-Master zum 700-Nit-IDR (erneut unter Verwendung von zwei Funktionen: eine IDR-generierende Para **2701**, und eine IDR-Generation multilineare Funktion **2702**), und dann davon Heruntergradieren zum 100-Nit-LDR-Bild (mit Kanal-Para **2703** und kanal-multilinearere Funktion **2704**), wobei das Ergebnis dasselbe sein muss: dasselbe LDR-Bild, da es sich um das LDR-Bild handelt, sollte man immer das Master-HDR-Bild anstreben, d. h. dasjenige, das der Content Creator codiert und übermittelt hat (mit den Formen der Downgrading-Luminanz-Abbildungsfunktion). Das heißt, je nachdem, welches von allen möglichen eingegebenen HDR-normierten Luma x_{1_MH} man wählt, sollte das End-LDR-Luma dasselbe sein. Ergo gilt dies auch für Eingangs-Luma-Werte, die (über die vorherigen Abbildungen) auf eine x-Koordinate des Kanals multilinear abbilden: $x_{1_CH_L}$. Damit können Segmente neu berechnet werden, da durch Aufweisen der Gleichheit auf den Ordinatenkoordinaten y nur ein x_{new} für das bestimmte Segment der entsprechenden multilinearen benutzerdefinierten Kurve auf dem anderen Dynamikbereich berechnet werden muss.

[0256] So kann auf der Codierseite für jeden x_{1_MH} -Eingang der kanalangepasste $Y_{_CHA}$ durch Anwenden des skalierten standardisierten Algorithmus berechnet werden. Dieser Wert $Y_{_CHA}$ wird die entsprechende Eingangs-x-Koordinate des nächsten Blocks bilden, die zu einer kanal-PB_C-bestimmte Para übergeht, deren Gleichungen wir oben gegeben haben. Der y_{i_CH} -Wert ist bereits bekannt, da er gleich dem y_{1_L} -Wert für das gesamte Regrading von 5000 Nit auf 100 Nit ist, was natürlich auf der Codierseite im Gegensatz zur Decodierseite direkt bekannt ist (vom menschlichen Grader hergestellt wurde, z. B.). Bei der Durchführung davon für alle Punkte der multilinearen Funktion erhält man alle ihre kennzeichnenden Parameter, die in das Videosignal zu schreiben sind (als Teil von $F_{_I2sCI}$).

[0257] Auf der Decodierseite kann wieder die gleiche Begründung verwendet werden, um zu einem etwas anderen Algorithmus zu kommen, da nun einige unbekannte Parameter berechnet werden müssen. Es müs-

sen nun die $x1_ML$ -Werte berechnet werden, die den empfangenen somit bekannten $x1_CH_L$ -Werten entsprechen, da der erste Schritt dazu war, die gesamte(n) Regrading-Funktion(en) wiederherzustellen. Es liegt in der Regel eine digitale Genauigkeit der Funktionen vor, z. B. **256** quantisierte x -Werte (d. h. nicht die spezifischen z. B. zwei oder drei segmentübergreifenden Punkte, sondern alle Punkte, also auch die Punkte auf den dazwischenliegenden Linien), sodass man einfach numerisch eine LUT-Tabelle für alle Punkte der benutzerdefinierbaren Kurve während der Benutzerdefinition konstruieren kann, d. h. die $y1_L$ dieser Kurve ist bekannt, wobei die benötigten $x1_ML$ $x1_CH_L$ entsprechen.

[0258] Durch Abbilden von LDR auf die IDR-Luma wird $x1_CH$ für jedes $y1_CH$ erhalten, und dieser Wert kann invers durch die Para **2703** abgebildet werden. Wir können auch bestimmen, welcher von allen möglichen $x1_MH$ -Werten auf diesen Y_CHA -Wert abgebildet wird, wenn wir Para **2701** und Multilinear **2702** kennen. Wir wissen von oben, wie die Para **2701** von den decodiereseitig empfangenen Funktionsmetadaten zu berechnen ist, wie oben erklärt. Wir kennen das Multilinear **2702** (noch) nicht, es wird aber derzeit nicht benötigt. Denn wir wissen, dass die benutzerdefinierte Kurve **2702** auch der vertikalen Skalierungsgleichung des standardisierten Algorithmus folgt. Jeder getestete $X1_MH$ ist in einen entsprechenden X_CHA umwandelbar, und der dazu entsprechende (und benötigte) Y_CHA -Wert ergibt sich wie folgt: $Y_CHA = (y1_L - x1_ML) * ScaleVer + X_CHA$, und $x1_ML$ kann aus $x1_MH$ berechnet werden, indem die gesamte Para **2710** angewendet wird.

[0259] Ergo wird man exakt einen entsprechenden $x1_MH$ bzw. $x1_ML$ -Wert finden, der die gesamte multilineare Funktion **2711** wiederherstellt. Da man dann das gesamte Regrading und das Kanalteil-Regrading kennt, kann auch das verbleibende Regrading, d. h. zwischen dem 5000-Nit-Master und dem 700-Nit-IDR, bestimmt werden, da alles decodiert wird, d. h. die Funktionen bestimmt werden und die Verarbeitung aller IDR-Bildpixelfarben starten können, wie mit **Fig. 26** erklärt.

[0260] **Fig. 26** verdeutlicht dies nochmals konzeptionell in einer zusammengefassten Weise, um einen höheren Verständnisgrad für den Leser zu gewährleisten, was der Fachleser bereits aus den detaillierten vorstehenden Erklärungen finden würde. Die oberen Spurfelder sind über Metadaten-Neuberechnung, d. h. die verschiedenen Schritte der verschiedenen Luminanz-Abbildungsfunktions-Bestimmungen (die untere Einheit **2650** usw. sind diejenigen, welche die eigentliche Pixel-Farbverarbeitung durchführen). Man sieht nun auf einfache Weise die zweistufige Berechnung, entsprechend der standardisierten Algorithmusanwendung in der HDR-Funktionseinheit **901**, bzw. die Funktionsbestimmung des IDR-Abbildungsfunktionsgenerators **903** im Codierer, jetzt aber von der SLHDR2PLUS-Video-Decodiereseite aus. Wie erklärt, erhalten die Decodierer die Funktion F_I2sCI , die das Luminanz-Regrading-Verhalten zwischen dem empfangenen gewählten IDR-Bild mit seiner Kanalspitzenhelligkeit PB_CH und der 100-Nit-Gradierung angibt. Wir müssen jedoch die größere Spannenfunktion zwischen 100 Nit und einer Master-HDR-Spitzenhelligkeit von z. B. $PB_C_H50=6000$ Nit bestimmen, d. h. die FL_50t1 -Funktion (genauer gesagt die umgekehrt geformte Funktion der auf der Codiereseite verwendeten), was der Ausgangsfunktionsberechner **2601** tun wird. Aber wir sind noch nicht am Ziel, wir möchten die IDR-normierten Luminanzen (oder präziser, in unserer typischen Decodiertopologie perzeptuell vereinheitlichte normierte Pixel-Luma-Werte) in die master-HDR-rekonstruierten Luminanzen decodieren. So weder die ursprünglich empfangene F_I2sCI , noch die Funktion FL_50t1 , welche das Regrading zwischen dem PB_C_H50 Nit-Master und 100 Nit bestimmt, noch das PB_CH Nit IDR-Bild und keines der zwei anderen, daher müssen wir die Funktion F_IDRt50 bestimmen, um diese auf die IDR-Pixel-Luma-Werte wie empfangen anzuwenden, um die (wahrnehmbar vereinheitlichten) rekonstruierten Master-HDR-Bildpixel-Luma-Werte $YpMstr$ zu erhalten, was der Rekonstruktionsfunktionsbestimmer **2602** durchführen wird. Wir haben die Anzeigeanpassungsmöglichkeit als gestrichelte Anzeigeeoptimierungsfunktions-Berechnungseinheit **2603** gezeigt, da diese, wie gesagt, zwar in der Regel auch in unseren vollfähigen SLHDR2PLUS-Decodierungs-ICs aktiviert ist, für eine SLHDR2PLUS-Decodierung grundsätzlich optional ist. Die Kanalspitzenhelligkeit PB_CH wird verwendet, um normal codierte (z. B. 10 Bit YCbCr) IDR-Pixelluminanzen in wahrnehmbar einheitliche IDR-Pixel-Luma-Werte $YpIDR$ umzuwandeln, woraufhin wir in der Regel unsere rekonstruktive Luminanzabbildung in unsere bevorzugten SLHDR2PLUS-ICs durchführen (obwohl der Fachmann versteht, wie man die Prinzipien der vorliegenden Erfindung in alternativen Schaltungen oder Software verkörpern könnte, die keine Perzeptionsvereinheitlichung anwenden, oder ein anderes Verfahren anwenden usw.). Der Perzeptionsvereinheitlicher **2650** wendet dazu die Gleichungen 1 und 2 mit $PB_C_H=PB_CH$ an. Der Luminanz-Upmapper **2651** rekonstruiert die Master-HDR-Bild-Luma-Werte durch einfaches Anwenden der bestimmten Funktion, d. h. $YpMstr=F_IDRt50(YpIDR)$. Falls eine Anzeigeanpassung erforderlich ist, um z. B. ein 350-Nit- PB_C -Bild zu erzeugen, wendet der Anzeigeeoptimierer **2652** nur die dafür bestimmte Anzeigeeoptimierungsfunktion an, was anzeigeeoptimierte Pixel-Luma-Werte ergibt: $Yglim=F_DO(YpMstr)$. Diese können durch den Linearisierer **2653**, der die inversen Gleichungen 1 und 2 anwendet, nun aber mit dem z. B. 350-Nit- PB_C_DC) der Anzeigeeoptimierung anstelle von PB_CH in tatsächliche normierte Pixelhelligkeiten L umgerechnet werden. Schließlich kann es in der Regel

wahlweise einen weiteren Luma-Code-Generator **2654** geben, der den Perzeptionsquantifizierer EOTF von SMPTE **2084** anwendet, um Ausgabe-Luma-Werte YPQ im beliebigen HDR10-Format zu liefern.

[0261] In **Fig. 28** ist eine beispielhafte Spezifikation der Chroma-Verarbeitung (d. h. Beeinflussung der Sättigung der Pixelfarben statt der Luminanzen) gegeben. Wir nehmen an, dass eine Verarbeitungseinrichtungstopologie (z. B. in der Regel eine integrierte Schaltung, innerhalb einiger z. B. Verbrauchervorrichtungen) verwendet wird, wie in **Fig. 15** gezeigt, in der die Chroma-Verarbeitung (Multiplikator) den geeigneten multiplikativen Wert für jedes Pixel oder genauer jede mögliche Pixelfarbe YCbCr erhalten muss. Dieser Wert wird von der Farbverarbeitungsbestimmungseinheit **1551** mittels einer Funktion ermittelt, die es ermöglicht, für unterschiedliche Pixelluminanz-Werte einen unterschiedlichen Wert vorzulegen, d. h. eine unterschiedliche Sättigungsmodifikation entlang des Farbgamuts, d. h. insbesondere entlang der Höhe Y des Farbgamuts, zu ermöglichen.

[0262] Ein Beispiel für eine solche Funktion $F_C(X_i)$, wobei X_i nun die normierte Darstellung von Y auf einer Skala ist, die bei z. B. 1,0 endet, die in der Regel einen festen 10.000-Nit-Wert darstellt, ist in **Fig. 28** gezeigt. Es handelt sich um eine Mehrlinien-Segmentkurve (als rein nicht einschränkendes Beispiel), die für mehrere mögliche Pixel-Luma-Werte den Sättigungsfaktor definiert ($Y_s = F_C(X_s)$, z. B. 0,33). In diesem Beispiel bedeutet ein Wert von $\frac{1}{2}$ Chroma-Identität, d. h. weder eine Verstärkung noch eine Auflösung der Sättigung. In diesem spezifischen Beispiel definieren Werte, die niedriger als 0,5 sind, eine Chroma-Verstärkung, und bei Werten, die höher als eine Verringerung der Sättigung sind, sehen wir also, dass diese bestimmte Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve $F_C(X_i)$, die z. B. ein menschlicher Content Creator oder Automat mit jeder Form in Abhängigkeit von den Anforderungen der bestimmten HDR-Szene und ihrer Bilder (z. B. eine Straße zur Nachtzeit mit farbigen Ampeln oder eine Feuerexplosion, die eine andere optimale Chroma-Einstellung benötigt, um ein Bild eines ersten Luminanz-Dynamikbereichs in ein optimal entsprechendes Ausgangsbild eines anderen zweiten Luminanz-Dynamikbereichs umzuwandeln) frei auswählen kann, die Sättigung für hellere Objekte verringert wird, damit diese in die Gamutspitze eingepasst werden können, zum Beispiel.

[0263] In diesem Beispiel wird vorausgesetzt, dass unser ursprüngliches Master-HDR-Bild eine codierbare Spitzenhelligkeit oder maximal auftretende Pixelluminanz von 4000 Nit aufweist, was einem normierten einheitlichen PQ-Wert $PQ_{4000} = 0,9$ entspricht.

[0264] Da oberhalb 4000 Nit nichts in diesem Master-HDR-Bild vorhanden ist, müssen Sättigungsverstärkungswerte oberhalb 4000 Nit grundsätzlich nicht spezifiziert werden, sondern man kann sie z.B. konstant und gleich dem 4000 Nit Wert Y_{s3} halten. Wir sehen, dass die ursprüngliche Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve, die durch die kleinen s-es bezeichnet wird, durch Punkte (X_{s1}, Y_{s1}) , (X_{s2}, Y_{s2}) usw. definiert ist, wobei die X-Koordinate eine normierte Luma (auf der perzeptual vereinheitlichten Achse, in diesem Beispiel unter Verwendung von SMPTE **2084** EOTF), ist und die Y-Koordinate den anwendbaren multiplikativen Verstärkungsfaktor für diesen X-Wert darstellt, d. h. z. B. 0,88, der auf ähnliche Weise mit Cb und Cr multipliziert werden soll.

[0265] Diese Ausgangssituation und die ursprüngliche Sättigungs-Gain-Funktion **2801** definiert, wie man die Pixel-Chroma-Werte verarbeiten sollte, wenn man vom ersten Referenzdynamikbereich, in diesem Fall 4000 Nit PB_C HDR, zum zweiten Referenzdynamikbereich geht, der in diesem Beispiel das typische 100 Nit PB_C_SDR-Bild mit seinen Pixel-Luma-Werten und -chromas Cb, Cr ist.

[0266] Die Aufgabe von SLHDR2PLUS ist es wiederum, dies tatsächlich als eine andere kanal-PB_C-bezogene Verarbeitung darzustellen, z. B. wenn $PB_{CH} = 600$ Nit, müssen wir eine Kanal-Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve **2804** finden, die der ursprünglichen Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve **2801** entspricht, indem sie die gleiche Farbchromaänderung anwendet, wenn man von dem Kanalkommunikations-IDR-Bild ausgehen würde, das dem ursprünglichen Master-HDR-Bild entspricht.

[0267] Das heißt, wenn man ein beliebiges Pixel des Master-HDR-Bildes (Y HDR, Cb HDR, Cr HDR) auf eine beliebige sekundäre Dynamikbereichsfarbe abbildet, z. B. ein SDR-Pixel (Y SDR, Cb SDR, Cr SDR) oder eine entsprechende Pixelfarbe für ein 250 Nit MDR-Bild zum optimalen Ansteuern einer 250 Nit PB D-Anzeige (Y MDR2, Cb_MDR2, Cr_MDR2), d. h. dies die spezifizierte(n) und in der Regel als Metadaten mitübermittelte(n) Luma-Abbildungsfunktion(en) und die ursprüngliche FC-Funktion abbildet, dann sollte man genau die gleiche oder mindestens nahezu die gleiche, z. B. $(Y_MDR2, Cb_MDR2, Cr_MDR2)$ Pixelfarbe(n) erhalten, wenn von den Kanalbildfarben $(Y_CDR6, Cb_CDR6, Cr_CDR6)$ ausgegangen wird, jedoch sollte dann die entsprechende Kanalsättigungsverstärkungsspezifikationskurve **2804** angewendet werden (d. h. diese Funktion kann dann in die chromatische Verarbeitungsbestimmungseinheit **1551** geladen werden und die Einrichtung kann die

Massenverarbeitung der eingehenden Pixel starten); sowie die korrekte Kanal-Luma-Abbildung, wie in den verschiedenen möglichen Ausführungsformen vorstehend ausführlich erklärt.

[0268] Und, was noch interessanter ist, sollten Decodierer, denen diese kanal-PB_C-bezogenen Luma- und Chroma-Abbildungsfunktionen zugeführt werden, in der Lage sein, die ursprüngliche Situation zu rekonstruieren (insbesondere die ursprüngliche Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve aus der empfangenen Kanal-Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve zu bestimmen), z. B. Wiederherstellen des HDR-Bildes usw. oder sogar Durchführen einer beliebigen Aufwärts- oder Abwärtsabbildung zu einem beliebigen sekundären Dynamikbereich (MDR), jedoch ausgehend von dem IDR-Bild wie empfangen und seinen Pixelfarben (und vorzugsweise unter Verwendung derselben Pixelverarbeitungstopologie, vorzugsweise der in **Fig. 15** gezeigten).

[0269] Auf der Codierseite kann das IDR-Bild für die Kanalkommunikation generiert werden, indem eine z. B. 4000 Nit PB_C master HDR auf 600 Nit PB_CH-Abbildung der normierten Luma-Werte durchgeführt wird, wie mit einer der obigen Ausführungsformen auf dem Luma-Abbildungsteil verdeutlicht (siehe z. B. F_H2hCl von **Fig. 9**). Dies zeigt die horizontale Bewegung über den Abstand PL (Xs2) des ursprünglichen Masterfunktions-Segmentpunktes 2802 zum kanalangepassten Segmentpunkt **2803** (die Wirkung dieser Verschiebung ist nur durch die dünne strichpunktierte Kurve dargestellt, die nur gezeigt, aber technisch nicht genutzt wird). Da die Abbildung von 600 Nit IDR auf 100 Nit nur einen Teil der vollen 4000-auf-100-Nit-Chroma-Verarbeitung realisiert, muss der Codierer auch weiterhin neue Ausgabe-Y-Werte für die Punkte berechnen, entsprechend einer vertikalen Verschiebung (z. B. den kanalangepassten Chroma-Verstärkungswertpunkt **2805**, der dem darüberliegenden Kreis entspricht, d. h. den gleichen Xc-Wert aufweist).

[0270] Die Sättigungsverstärkungsfunktion muss auf eine erste Weise modifiziert werden, um vom Master auf die Kanaldarstellung abzubilden (z. B. PB_C_MHDR=4000 Nit bis PB_CH=600 Nit), und dies wird gemäß diesem Beispiel vorzugsweise wie folgt durchgeführt:

[0271] Zunächst wird ein Modifikationsfaktor berechnet gemäß

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

[Gl. 27],

wobei in dem Beispiel PB_SDR=100 Nit und invPQ für die inverse Funktion von PQ EOTF, wie in SMPTE **2084** standardisiert, kurz ist.

[0272] Anschließend wird eine kanalangepasste Funktion $g(X_n)$ berechnet, die definiert ist als:

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

wobei R_s eine Konstante ist, die in der Regel mit 2,0 gewählt wird.

wobei X_n jede beliebige mögliche normierte PQ-Skalen-Luma-Darstellung einer Pixelluminanz ist, wie in **Fig. 28** gezeigt.

[0273] Eine neue LUT für die in die chromatische Verarbeitungseinheit **1551** zu ladende Verarbeitung kann z. B. in einer bevorzugten Realisierungsform definiert sein als

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

[0274] Wobei F_C_chadap die angepasste Sättigungsverstärkungsfunktion ist, die dem F_C des ursprünglichen Content Creators für den Master-HDR-Inhalt entspricht, jedoch für den bestimmten PB_CH und das entsprechende Bild mit Zwischendynamikbereich, LC0 eine Konstante ist, die z. B. vorzugsweise gleich 1/8 ist, POWER die Leistungsfunktion angibt; R_s eine weitere Konstante ist, die vorzugsweise gleich 2 ist, und S eine Konstante ist, die von der Anzahl von Bits abhängt, welche die Wortlänge der Luma-Codes verwendet, $S=1/(\text{POWER}[2; \text{Wortlänge}])$ z. B. 1/1023 für 10-Bit-Eingangsbilder.

[0275] Interessant ist die Leistungsfunktion im Zähler von Gl. 29. Dies ist ein Beispiel für eine gut arbeitende Funktion zum Korrigieren der Nichtlinearität im Sättigungsverhalten, die aufgrund der Codifizierung der Luma-

und Chroma-Werte in einer PQ-definierten Domäne auftritt (im Gegensatz zum normalen Quadratwurzelverhalten, wie die ursprüngliche Definition von YCbCr in SDR/MPEG-Zeiten war).

[0276] Der erste Modifikationsschritt ist nur Ausgangspunkt für die weitere Berechnung der Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve **2804** (tatsächlich macht dies die „Hälfte“ der Abbildung von 4000 Nit auf 600 Nit - ausgehend von der ursprünglichen Spezifikation von 4000 bis 100 Nit- aus, aber wir sind derzeit an der 600- bis 100-Nit-Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve **2804** interessiert, sodass wir also die Gesamtktion in zwei Teile aufteilen müssen und, nachdem im ersten Modifikationsschritt bereits der erste Teil berechnet wurde, nun den restlichen Teil der Gesamtheit berechnen müssen).

[0277] Um die Kurve **2804** zu erhalten, muss der SLHDR2PLUS-Codierer zwei Dinge tun.

[0278] Zunächst muss er neue Definitionspunkte für die linearen Segmente der F_C_chacomm[Xc]-Kurve **2804** (oder ähnlich mit einer kontinuierlichen F_C-Kurvendarstellung) berechnen, indem er solche Punkte durch die Luma-Abbildung nachverfolgt.

[0279] Das heißt, jeder ursprüngliche Punkt (aus der von Metadaten gelieferten ursprünglichen 4000-100-Nit-F_C-Kurve), z. B. Xs2, muss auf einen neuen normierten Punkt Xc2 abgebildet werden usw.

[0280] Dies erfolgt durch Anwenden der Gesamt-Luma-Abbildung PL(Xs2), wie sie in jeder vorstehend beschriebenen Ausführungssituation definiert wurde, d. h. die PL-Kurve ist die F_H2hCI-Kurve von **Fig. 9**.

[0281] Wenn z. B. die Luma-Abbildung nur mit einer Para definiert wurde, wird eine geeignet verformte Para verwendet (gemäß den obigen Gleichungen), um die 4000-Nit-PB_C_MHDR normierten Luma-Positionen [angegeben mit der Tiefstellung s in **Fig. 28**] auf die entsprechenden 600-Nit-PB_CH normierten Luma-Positionen [angegeben mit der Tiefstellung c in **Fig. 28**] abzubilden.

[0282] Wenn die Luma-Abbildung auch einen weißen Offset und/oder eine benutzerdefinierte Kurvenform usw. beinhaltet, muss all dies ähnlich für die 600-Nit-Situation eingestellt werden, und die entsprechenden normierten 600-Nit-Luma-Positionen (Xc...) müssen berechnet werden, von wo die Definition der Kurve **2804** startet.

[0283] Die Chroma-Einstellung für alle dort (neu bestimmten) Positionen Xc muss jedoch nur den verbleibenden Teil zum Korrigieren von 600 Nit (oder jedwedem IDR PB_CH) auf den niedrigsten Dynamikbereich-Referenzpegel, der typischerweise 100-Nit-PB-SDR ist, durchführen.

[0284] Die Yc-Werte werden wie folgt berechnet:

$$Y_c = Y_s / \left\{ R_s * \left(Y_s * MF + (1 - MF) / R_s \right) \right\} \quad [\text{Gl. 30}]$$

[0285] Es sei zu beachten, dass $Y_s = F_C [X_s]$.

[0286] Es sei zu beachten, dass dies nur den wichtigeren Teil der Kurve erklärt, wobei die Situation wie folgt ist:

$X_s \leq \text{invPQ} [\text{PB_C_MHDR}]$, um abgeschlossen zu sein, wird für normierte PQ-Luma-Werte oberhalb des z. B. 0,9-Werts, der dem exemplarischen PB_C_MHDR=4000 Nit entspricht, vorzugsweise die folgende Gleichung verwendet, um eine korrekte Skalierungsbeziehung beizubehalten:

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

[0287] Die Yc-Werte für diese oberen Xc-Werte werden in ähnlicher Weise berechnet oder auf dem letzten relevanten Wert konstant gehalten, wenn dieser Teil der Kurve in der Praxis nicht verwendet wird.

[0288] Schließlich kann es in der Regel eine gewisse Rundung geben, die bis zu einem gewissen Quantisierungspegel beteiligt ist, z. B.:

$$(X_{cr}, Y_{cr}) = \text{gerundet} \left[255 * (X_c, Y_c) \right] / 255 \quad [\text{Gl. 32}]$$

[0289] Der SLHDR2PLUS-Decodierer muss die ursprünglichen (Xs, Ys) Paare aus den gesendeten und empfangenen (Xc, Yc) bzw. (Xcr, Ycr) Paaren der F_C_chacomm [Xc]-Kurvendefinition (d. h. der Kanal-Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve **2804**) wiederherstellen.

[0290] Es werden also die inversen zwei Schritte des Codierers angewendet.

[0291] Im Wesentlichen muss der Decodierer die linearen Definitionspunkte der Sättigungsverstärkungskurve von ihren Xc-zu-Xs-Positionen neu abbilden. Wir haben vorstehend gezeigt, wie die Luma-Abbildung von IDR z. B. 600 Nit PB_CH-Luma-Positionen auf die ursprünglichen Master-HDR-Luma-Positionen ausgehend von der kanalangepassten Luma-Abbildungsfunktion berechnet werden kann, wie sie in Metadaten empfangen wird, die mit den IDR-Bildern mitübermittelt werden.

[0292] Wir rufen diese Operation in der PQ-Domäne auf (wie **Fig. 28** zeigt, sind sowohl die Xs als auch die Xc-Werte in der PQ-Domäne unter Anwendung von SMPTE **2084** definiert):

$$X_s = \text{PQICA}(X_c) \quad [\text{Gl. 33}]$$

[0293] Wobei die Form dieser inversen Kanalanpassungsfunktion unter anderem wieder davon abhängt, welche Definition der Luma-Abbildungsfunktion verwendet wurde, z. B. Para allein gegenüber z. B. Para plus benutzerdefinierter Kurve, und andererseits die spezifischen Parameterwerte, wie ShadowGain, welche die bestimmte Para definieren, die auf eine HDR-Szenen der Kavitäts erkundung anwendbar ist, usw. (all dies wurde für die verschiedenen vorstehenden Ausführungsformen in voller Ausführung gelehrt).

[0294] Die Korrektursituation lautet wie folgt:

$$\text{Wenn } X_c > \text{invPQ}(\text{PB_CH}) \text{ dann } X_s = X_c * \text{invPQ}[\text{PB_C_MHDR}] / \text{invPQ}[\text{PB_CH}] \quad [\text{Gl. 34}]$$

[0295] Die benötigten Ys-Werte werden berechnet wie folgt berechnet:

$$Y_s = (\text{MF} - 1) * Y_c / (\text{Rs} * \text{MF} * Y_c - 1) \quad [\text{Gl. 35}]$$

[0296] Schließlich kann erneut eine Rundung beteiligt sein, z. B. bei den Schritten 1/255.

[0297] Während dies schließlich nützlich ist, um aus dem empfangenen IDR-Bild lediglich die ursprünglichen Master-HDR-Bildfarben (Y, Cb, Cr) zu rekonstruieren, ist es vorteilhaft, wenn der SLHDR2PLUS-Decodierer sofort (d.h. die jeweiligen z. B. (Y_MDR2, Cb_MDR2, Cr_MDR2) Farben) zu jedem benötigten Bild mit mittlerem Dynamikbereich zur optimalen Ansteuerung einer PB_D_MDR z. B. **250** oder 400-Nit-Anzeige umwandeln kann, und dass dann natürlich in einem Zug, d. h. ausgehend von den kanalangepassten IDR-Farben (Y_CDR6, Cb_CDR6, Cr_CDR6); d. h. z. B. durch Laden der geeigneten Luma-Verarbeitungsfunktionen (oder einer LUT usw.) und der Chroma-Multiplikator-Bestimmungsfunktion F_C_MDR in die Pixel-Farbverarbeitungstopologie, wie in **Fig. 15** veranschaulicht.

[0298] Dazu kann F_C, welche die Gleichung von Gl. 29 definiert, vorteilhaft angewendet werden.

[0299] Sowohl der Zähler als auch der Nenner müssen für die neue Situation, d. h. neue Chroma-Abbildung von PB_CH auf PB_MDR, eingestellt werden, wobei letztere z. B. **250** ist, wenn eine 250-Nit-Anzeige mit dem optimalen anzeigeoptimierten Bild (von dem, was einmal das ursprüngliche Master-HDR-Bild war, und was den Decodierer anbelangt, das entsprechende eingehende 600-Nnit-IDR-Bild, wobei keines dieser zwei noch gut für die Anzeige auf einer 250 Nit Anzeige ist).

[0300] Dazu werden zunächst zwei Modifikationsfaktoren berechnet:

$$\text{MF_ch} = 1 - \frac{(\text{invPQ}[\text{PB_CH}] - \text{invPQ}[\text{PB_SDR}])}{(\text{invPQ}[\text{PB_C_MHDR}] - \text{invPQ}[\text{PB_SDR}])} \quad [\text{Gl. 36}]$$

$$MF_do = 1 - \frac{\text{invPQ}[\text{PB_MDR}] - \text{invPQ}[\text{PB_SDR}]}{\text{invPQ}[\text{PB_C_MHDR}] - \text{invPQ}[\text{PB_SDR}]} \quad [\text{Gl. 37}]$$

[0301] Wenn CPL [Xc] die Luma-Abbildungsfunktion ist, die definiert ist als:

für jede PB_CH-definierte normierte Eingangs-Luma Xc:

Zuerst die PQ EOTF anwenden, dann unter Verwendung der Philips-Perzeptionsfunktion (PPF) mit dem RHO-Parameter für den Wert PB_CH in die perzeptualen Domäne umwandeln, dann die Funktionsform der Luma-Abbildungsfunktion von PB_CH zurück auf PB_C_MHDR anwenden, wie gemäß einer der möglichen Ausführungsformen und

Funktionsformen des Content Creators gelehrt wurde, dann unter Verwendung des Kehrwerts der Philips-Perzeptionsfunktion (PPF), aber jetzt mit dem RHO-Parameter für den Wert PB_C_MHDR, in eine lineare Domäne umwandeln, und schließlich eine inverse PQ EOTF gemäß SMPTE **2084**, die den entsprechenden CPL [Xc] Wert ergibt.

[0302] Dann wird eine CLY[Xc]-Funktion berechnet als:

$$\text{CLY}[Xc] = \frac{(1 + MF_do * \text{LEISTUNG}[\text{CPL}[Xc]; 2,4])}{(1 + MF_ch * \text{LEISTUNG}[\text{CPL}[Xc]; 2,4])} \quad [\text{Gl. 38}]$$

[0303] Dies beinhaltet eine Korrektur der alten (nicht mehr gültigen) Situation dieses Teils der Chroma-Multiplikatoren, welche die Funktion (in der Regel eine C LUT) definieren, die wir die Sättigungs-Positionskorrekturfunktion (FSNL) auf die neue Situation dieser Gleichung für die Anzeigeoptimierung nennen.

[0304] Dann werden zwei g-Funktionen wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} \text{Gch}[Xn] &= F_C_[\text{CPL}[Xc]] * MF_ch + (1 - MF_ch) / R_s; \\ \text{Gdo}[Xn] &= F_C_[\text{CPL}[Xc]] * MF_do + (1 - MF_do) / R_s \quad [\text{Gl. 39}] \end{aligned}$$

(wobei F_C_[CPL [Xc]] der Chroma-Multiplikator des ursprünglichen Content Creators, der die ursprüngliche Sättigungs-Gain-Funktion **2801** ergibt, ist, die aus der F_C_chacomm [Xc] der Chroma-Einstellkurve berechnet wird, wie sie vom SLHDR2PLUS-Decodierer in Metadaten empfangen wird, d. h. der Kurve **2804** entspricht, d. h. wie sie z. B. durch die obige Berechnung der (Xs, Ys) -Punkte durchgeführt wird)

[0305] Schließlich wird die C-LUT, welche die geeigneten Chroma-Multiplikatoren für eine IDR-MDR-Anzeigeoptimierung ergibt, wie folgt berechnet:

$$F_C_DO[Xn] = \text{CLY}[Xc] * \max\{R_s/255; R_s * \text{Gch}[Xn]\} / \max\{R_s/255; R_s * \text{Gdo}[Xn]\} \quad [\text{Gl. 40}]$$

[0306] Diese F_C_DO [Xn]-Funktion kann direkt vor Beginn eines neu eingehenden Bildes in die Einheit **1551** geladen werden, um den laufenden Pixelfarbprozessor zu starten, um das richtige anzeigeoptimierte MDR-Bild rechtzeitig für die Anzeige oder dergleichen zu erhalten, z. B. Speichern (der Fachleser versteht, dass andere Ausführungsvarianten möglich sind, dann müssen jedoch alle Berechnungen entsprechend modifiziert werden).

[0307] Obwohl einige Ausführungsformen/Lehren vorgestellt wurden, um einige der Gesichtspunkte zu erläutern, die allein oder in Kombination variiert werden können, versteht es sich, dass mehrere weitere Varianten entlang derselben Grundprinzipien gebildet werden können: erneutes Ableiten der Luma-Abbildungsgleichungen aus unterschiedlichen Bild-Metadaten im Zwischendynamikbereich, wie sie in Übereinstimmung mit ETSI2-HDR-Videokommunikation oder ähnlichem empfangen wurden, um ein Master-HDR-Bild zu rekonstruieren, das an einer Inhaltserzeugungsstelle optimal gradiert wurde. Die in diesem Text offenbarten algorithmischen Komponenten können (ganz oder teilweise) in der Praxis als Hardware (z. B. Teile einer anwendungsspezifischen IC) oder als Software, die auf einem speziellen digitalen Signalprozessor oder einem generischen Prozessor usw. läuft, realisiert werden.

[0308] Es sollte dem Fachmann aus unserer Präsentation verständlich sein, welche Komponenten optionale Verbesserungen sein können und in Kombination mit anderen Komponenten realisiert werden können, und wie (optionale) Verfahrensschritte jeweiligen Mitteln von Einrichtungen entsprechen, und umgekehrt. Das Wort „Einrichtung“ in dieser Anmeldung wird in seinem weitesten Sinne verwendet, nämlich eine Gruppe von Mitteln, welche die Realisierung einer bestimmten Aufgabe ermöglichen, und kann daher z. B. (ein kleiner Schaltungsteil) eine IC oder ein dediziertes Gerät (wie ein Gerät mit einer Anzeige) oder ein Teil eines vernetzten Systems usw. sein. „Anordnung“ soll auch im weitesten Sinne verwendet werden, so dass diese unter anderem eine einzelne Einrichtung, einen Teil einer Einrichtung, eine Sammlung von (Teilen von) zusammenwirkenden Einrichtungen usw. umfassen kann.

[0309] Die Computerprogramm-Produktbezeichnung sollte so verstanden werden, dass sie jede physische Realisierung einer Sammlung von Befehlen umfasst, die es einem generischen oder Spezialprozessor ermöglichen, nach einer Reihe von Ladeschritten (die Zwischenumwandlungsschritte einschließen können, wie Übersetzung in eine Zwischensprache und eine Endprozessorsprache), um die Befehle in den Prozessor einzugeben und eine der charakteristischen Funktionen einer Erfindung auszuführen. Insbesondere kann das Computerprogrammprodukt als Daten auf einem Träger, wie z. B. einer Platte oder einem Band, Daten, die in einem Speicher vorhanden sind, Daten, die sich über eine Netzwerkverbindung bewegen - drahtgebunden oder drahtlos - oder Programmcode auf Papier ausgeführt werden. Neben Programmcode können für das Programm benötigte Kenndaten auch als Computerprogrammprodukt verkörpert sein.

[0310] Einige der für den Betrieb des Verfahrens erforderlichen Schritte können bereits in der Funktionsweise des Prozessors anstelle der Beschreibung im Computerprogrammprodukt vorhanden sein, wie zum Beispiel Schritte zur Datenein- und -ausgabe.

[0311] Es sei darauf hingewiesen, dass die vorstehend genannten Ausführungsformen die Erfindung nicht einschränken, sondern vielmehr veranschaulichen. Dort, wo der Fachmann eine Abbildung der vorgestellten Beispiele auf andere Bereiche der Ansprüche realisieren kann, wurden der Übersichtlichkeit halber nicht alle diese Möglichkeiten in der Tiefe erwähnt. Neben Kombinationen von Elementen der Erfindung in Kombination mit den Ansprüchen sind auch andere Kombinationen der Elemente möglich. Jede Kombination von Elementen kann in einem einzigen dedizierten Element ausgeführt sein.

[0312] Jedes Bezugszeichen zwischen Klammern im Anspruch soll den Anspruch nicht einschränken. Das Wort „umfassend“ schließt das Vorhandensein von Elementen oder Gesichtspunkten, die in einem Anspruch nicht aufgelistet sind, nicht aus. Das Wort „ein“ oder „eines“ vor einem Element schließt das Vorhandensein einer Vielzahl solcher Elemente nicht aus.

Verwendete Begriffe und Abkürzungen:

[0313] PB_C: Die maximal codierbare Luminanz eines Bildes, die generisch für jede Situation angegeben ist, wobei das C für Codierung steht (nicht mit der Bittiefe zu verwechseln ist), z. B. kann ein HDR-Bild eine PB_C_HDR=4000 Nit aufweisen (die auch alle relativen Luminanzen darunter definiert, weil $L_{norm} = L/PB_C$, wobei L_{norm} eine normierte Luminanz zwischen 0,0 und 1,0 ist).

[0314] PB_D: Die maximal anzeigbare Luminanz (auch bekannt unter der Bezeichnung: Spitzenhelligkeit) eines beliebigen Displays, z. B. weisen gängige HDR-Displays typischerweise eine PB_D von 1000 Nit auf (jedoch sind derzeit auch Werte bis hinunter zu 600 Nit oder bis hinauf zu 2000 und sogar 4000 Nit erhältlich, und in Zukunft kann es höhere PB_Ds geben).

[0315] IDR (Intermediate Dynamic Range - Zwischendynamikbereich): ein Mechanismus zur Darstellung eines Bildes, das ursprünglich (d. h. das Masterbild) mit einem PB_C1, z. B. 10.000 Nit, definiert wurde, tatsächlich als sekundäres HDR-Bild mit $PB_C2 < PB_C1$ (z. B. typischerweise um einen Faktor 2 oder mehr niedriger und PB_C2 typischerweise ≥ 500 Nit).

[0316] MDR (Mittlerer Dynamikbereich; keinesfalls mit IDR zu verwechseln): ein Bild mit PB_C MDR, das typischerweise zwischen der PB_C des empfangenen HDR-Bildes (PB_C_H) und der PB_C_SDR=100 Nit (durch vereinbarte Definition auf dem Gebiet von Video) liegt, wobei der PB_C_MDR-Wert gleich der PB_D eines beliebigen Displays gesetzt wird (auf diese Weise kann das eingehende HDR-Bild, das den falschen Dynamikbereich und damit - wichtiger - die falsche relative statistische Verteilung normierter Luma-Werte zueinander aufweist, für ein bestimmtes verfügbares Display niedriger Dynamikbereichsfähigkeit optimal regradiert werden, d. h. $PB_D < PBC_H$)

[0317] Para: Eine spezifische, äußerst pragmatisch nützliche Funktion zum Abbilden von Luma-Werten, die auf einem ersten normierten Lumabereich definiert sind, der einer PB_C1 entspricht, auf normiert durch PB_C2, und wobei die Funktion vorstehend durch die Gleichungen 4 und 5 und das parabolische Zwischensegment definiert ist, oder formal in ETSI TS 103 433-1 V1.2.1 (2017-08) [kurz ETSI1] S. 70 Gl. C-20.

[0318] Abcara: die inverse Funktion einer beliebigen Para (d. h. mit den Parametern, die seine Form eindeutig definieren), wobei die inverse Form auch intuitiv durch Vertauschen der Achse gefunden werden kann (aber manchmal mathematisch berechnet werden muss).

[0319] WLO (White Level Offset - Weißpegelversatz): das normierte Luma in einem normierten Luma-Bereich eines ersten Bildes (im1), der auf 1,0 auf einen zweiten normierten Luma-Bereich abgebildet wird, wobei $PB_C_im1 > PB_C_im2$. In dieser Anmeldung gibt es mehrere verschiedene WLOs für die verschiedenen Bilder verschiedener PB_C entlang der Codierungsprozessdefinition; um sie leicht unterscheiden zu können, erhalten sie Suffixe, wie z. B. WLO_gr.

[0320] BLO (Black Level Offset - Schwarzpegelversatz): das normierte Luma in einem normierten Luma-Bereich eines ersten Bildes, der auf 0,0 auf einen zweiten normierten Luma-Bereich abgebildet wird, wobei $PB_C_im1 > PB_C_im2$. In dieser Anmeldung gibt es mehrere verschiedene BLOs für die verschiedenen Bilder verschiedener PB_C entlang der Codierungsprozessdefinition; um sie leicht unterscheiden zu können, erhalten sie Suffixe, wie z. B. BLO_gr.

[0321] P_LUT: die Gesamtabbildung (bestehend aus partiellen Regradings in unserem Codec-Ansatz, wie mit **Fig. 4** erläutert), die erforderlich ist, um jedes mögliche normierte Luma eines ersten Bildes in ein entsprechendes normiertes Luma eines zweiten Bildes umzuwandeln, wobei $PB_C_im1 \neq PB_C_im2$ (typischerweise mindestens ein unterschiedlicher Multiplikationsfaktor 1,02). Da die P LUT [L], die typischerweise bildinhaltsabhängig ist und z. B. durch einen intelligenten Bildanalyseautomaten oder einen Menschen optimiert wird, die relative Verteilung der normierten Luma-Werte, d. h. des Histogramms, verändert, ist sie ein wesentlicher Aspekt einer Dynamikbereichstransformation, z. B. der, die an der IDR-Bilddefinition beteiligt ist, die bei der vorliegenden neuartigen HDR-Codec-Philosophie maßgeblich ist.

[0322] C_LUT: Pixel-Luma-abhängiges Abbilden der Chrominanz (auch bekannt unter der Bezeichnung Chromas) der Pixelfarben zusammen mit der die Farbtransformation ausführenden P LUT ($YCbCr_{out} = T[YcbCr_{in}]$)

[0323] Philips Perceptualizer-Funktion (PPF): eine Funktion (wie in Gl. 1 definiert), die dazu angeordnet sind, parametrisch umgewandelte Luminanzen, die in einem Bereich zwischen 0 und PB_C definiert sind, in wahrnehmbar einheitliche Luminanzen umzuwandeln, wobei der PB_C-Wert über den Parameter RHO der Steuerparameter für die Form der PPF-Funktion und somit die Zuordnung der visuell einheitlichen Codierungs-Luma-Werte für die verschiedenen Eingangsluminanzen ist.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2011107905 [0027]
- WO 2016020189 [0065, 0066, 0067, 0072, 0079]
- US 20160307602 [0071, 0076, 0112]
- EP 2689392 [0071]
- WO 2012127401 [0071, 0077]

Patentansprüche

1. Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (900), der angeordnet ist, über einen Bildeingang (920) ein Eingangsbild mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) zu empfangen, das eine erste maximale Pixelluminanz (PB_C H50) aufweist, für die der Codierer einen ersten Metadateneingang (922) aufweist, und angeordnet ist, über einen zweiten Metadateneingang (921) eine Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) zu empfangen, wobei die Luma-Abbildungsfunktion die Beziehung zwischen normierten Luma-Werten des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich und normierten Luma-Werten eines entsprechenden Bildes mit niedrigem Dynamikbereich (Im_LDR) mit einer maximalen LDR-Pixelluminanz definiert, die vorzugsweise gleich 100 Nit ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Codierer ferner einen dritten Metadateneingang (923) umfasst, um eine zweite maximale Pixelluminanz (PB_CH) zu empfangen, die niedriger als die erste maximale Pixelluminanz (PB_C H50) ist, und wobei der Codierer ferner **dadurch gekennzeichnet** ist, dass er Folgendes umfasst:

- eine HDR-Funktionserzeugungseinheit (901), die angeordnet ist, um einen standardisierten Algorithmus anzuwenden, um die Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) in eine angepasste Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) umzuwandeln, die normierte Luma-Werte des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich mit normierten Luminanzen eines Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) in Beziehung setzt, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine maximal mögliche Luminanz aufweist, die gleich der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB_CH) ist;

- eine IDR-Bildberechnungseinheit (902), die angeordnet ist, um die angepasste Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) auf Luma-Werten von Pixeln des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) anzuwenden, um Luma-Werte von Pixeln des Bildes (IDR) mit Zwischendynamikbereich, das von dieser Einheit ausgegeben wird, zu erhalten; und

- einen IDR-Abbildungsfunktionsgenerator (903), der angeordnet ist, um auf der Basis der Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) und der angepassten Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) eine Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) abzuleiten, die als Ausgang die jeweiligen normierten Luma-Werte des Bildes mit niedrigem Dynamikbereich (Im_LDR) definiert, wenn sie als Eingang die jeweiligen normierten Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) erhält, die wiederum jeweiligen Luma-Werten des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) entsprechen; wobei der Codierer ferner **dadurch gekennzeichnet** ist, dass er Folgendes aufweist:

- einen Bildausgang (930) zum Ausgeben des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR);

- einen ersten Metadatenausgang (932) zum Ausgeben der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB_CH);

- einen zweiten Metadatenausgang (931) zum Ausgeben der Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI); und

- einen dritten Metadatenausgang (933) zum Ausgeben der ersten maximalen Pixelluminanz (PB_C H50).

2. Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (900) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der standardisierte Algorithmus der HDR-Funktionserzeugungseinheit (901) eine Kompression in Richtung der Diagonalen der Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) anwendet, um die angepasste Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) zu erhalten, wobei die Kompression das Skalieren aller Ausgangs-Luma-Werte der Funktion mit einem Skalierungsfaktor beinhaltet, der von der ersten maximalen Pixelluminanz (PB_C H50) und der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB_CH) abhängig ist.

3. Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (900) nach einem der vorstehenden Ansprüche des Codierers, der einen Begrenzer (1804) umfasst, der so angeordnet ist, dass er eine Steigung der Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) für einen Teilbereich der normierten Luma-Werte, die das hellste normierte Luma gleich 1,0 umfasst, neu bestimmt.

4. Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (900) nach einem der vorstehenden Ansprüche des Codierers, bei dem die HDR-Funktionserzeugungseinheit (901) so angeordnet ist, dass sie eine Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve in Abhängigkeit von einer ursprünglichen Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve (2801) und der angepassten Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) bestimmt.

5. Videodecodierer mit hohem Dynamikbereich (1100), der einen Bildeingang (1110) zum Empfangen eines Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) aufweist, das eine zweite maximale Pixelluminanz (PB_CH) aufweist, die um einen Multiplikationsfaktor niedriger ist, der vorzugsweise 0,8 oder weniger als eine erste maximale Pixelluminanz (PB_C H50) eines Master-Bildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) beträgt, wobei die zweite maximale Pixelluminanz (PB_CH) über einen zweiten Metadateneingang (1112) empfangen wird, wobei der Decodierer einen ersten Metadateneingang (1111) aufweist, um eine Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) zu empfangen, die die Transformation aller möglichen normierten Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) in entsprechende normierte Luma-Werte eines LDR-Bildes mit maximaler Pixelluminanz und niedrigem Dynamikbereich (Im_LDR) definiert, wobei der Decodierer **dadurch gekennzeichnet** ist, dass er

einen dritten Metadateneingang (1113) aufweist, um die erste maximale Pixelluminanz (PB C H50) zu empfangen, und wobei der Decodierer Folgendes umfasst:

- eine Luminanzfunktionsbestimmungseinheit (1104), die angeordnet ist, um einen standardisierten Algorithmus anzuwenden, um die Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) in eine Decodier-Luma-Abbildungsfunktion (F_ENCINV H2I) umzuwandeln, die als Ausgang für jedes mögliche normierte Eingangs-Luma eines Pixels des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) ein entsprechendes normiertes HDR-Luma des Master-Bildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) spezifiziert, wobei der standardisierte Algorithmus die Werte der ersten maximalen Pixelluminanz (PB C H50) und der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH) verwendet; und
- einen Farbtransformator (1102), der angeordnet ist, um nacheinander auf normierte Eingangs-Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) die Decodier-Luma-Abbildungsfunktion (F_ENCINV_H2I) anzuwenden, um normierte rekonstruierte Luma-Werte (L RHDR) von Pixeln eines rekonstruierten Master-HDR-Bildes (REC M HDR) zu erhalten; wobei der Decodierer ferner einen Bildausgang (1120) aufweist, um das rekonstruierte Master-HDR-Bild (REC M HDR) auszugeben.

6. Videodecodierer mit hohem Dynamikbereich (1100) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der standardisierte Algorithmus der Luminanzfunktionsbestimmungseinheit (1104) einen Skalierungsfaktor berechnet, der von der ersten maximalen Pixelluminanz (PB C H50) und der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH) abhängig ist.

7. Videodecodierer mit hohem Dynamikbereich (1100) nach einem der vorstehenden Ansprüche des Decodierers, bei dem die Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) durch eine Luma-Abbildung definiert ist, die aus einem ersten linearen Segment mit einer ersten Steigung (SG_gr) für einen Bereich dunkel normierter Luma-Werte, einem zweiten linearen Segment mit einer zweiten Steigung (HG_gr) für einen Bereich hell normierter Luma-Werte und einem parabolischen Segment für Luma-Werte zwischen den beiden Bereichen besteht.

8. Videodecodierer mit hohem Dynamikbereich (1100) nach einem der vorstehenden Ansprüche des Decodierers, bei dem der Farbtransformator (1102) so angeordnet ist, dass er Pixel-Luma-Werte eines Bildes mit mittlerem Dynamikbereich (MDR 300) mit einer maximalen Pixelluminanz (PB MDR) berechnet, die nicht gleich den Werten der maximalen LDR-Luminanz, der ersten maximalen Pixelluminanz (PB C H50) und der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH) ist, und wobei der Decodierer einen Bildausgang (1122) zum Ausgeben des Bildes mit mittlerem Dynamikbereich (MDR 300) aufweist.

9. Videodecodierer mit hohem Dynamikbereich (1100) nach einem der vorstehenden Ansprüche des Decodierers, der einen Metadatenausgang (1121) zum Ausgeben einer Luma-Abbildungsfunktion (F_L_subsq) aufweist, die für alle normierten Luma-Werte des rekonstruierten Master-HDR-Bildes (REC M HDR) oder alternativ des Bildes mit mittlerem Dynamikbereich (MDR 300) entsprechende Luma-Werte eines Bildes mit einer anderen maximalen Pixelluminanz definiert, wobei diese andere maximale Pixelluminanz vorzugsweise 100 Nit oder ein Wert größer oder kleiner als der maximale Luminanzwert des rekonstruierten Master-HDR-Bildes (REC M HDR) bzw. alternativ des Bildes mit mittlerem Dynamikbereich (MDR 300) ist.

10. Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (900) nach einem der vorstehenden Ansprüche des Decodierers, bei dem die Luminanzfunktionsbestimmungseinheit (1104) ferner so angeordnet ist, dass sie eine ursprüngliche Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve (2801) in Abhängigkeit von einer Kanalsättigungsverstärkungsspezifikationskurve (2804) und der Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) bestimmt.

11. Videocodierer mit hohem Dynamikbereich (900) nach einem der vorstehenden Ansprüche 8, 9 oder 10 des Decodierers, bei dem die ursprüngliche Sättigungsverstärkungsspezifikationskurve ferner von einer Sättigungspositionskorrekturfunktion (FSNL) abhängig ist, die einer Gleichung entspricht, die eine Potenzfunktion des Wertes der normierten Luma-Werte beinhaltet.

12. Verfahren zum Videocodieren mit hohem Dynamikbereich eines empfangenen Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR), das eine erste maximale Pixelluminanz (PB_C H50) aufweist, umfassend das Empfangen einer Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1), wobei die Luma-Abbildungsfunktion eine Beziehung zwischen normierten Luma-Werten des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich und normierten Luma-Werten eines entsprechenden Bildes mit niedrigem Dynamikbereich (Im LDR) definiert, das eine maximale LDR-Pixelluminanz aufweist, die vorzugsweise einen Wert gleich 100 Nit aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Codieren ferner das Empfangen einer zweiten maximalen Pixelluminanz (PB_CH) umfasst und das Codieren Folgendes umfasst:

- Anwenden eines standardisierten Algorithmus, um die Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) in eine angepasste Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) umzuwandeln, die normierte Luma-Werte des Eingangsbil-

des mit hohem Dynamikbereich mit normierten Luminanzen eines Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) in Beziehung setzt, das **dadurch gekennzeichnet** ist, dass es eine maximal mögliche Luminanz aufweist, die gleich der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH) ist;

- Anwenden der angepassten Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI) auf Luma-Werte von Pixeln des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR), um Luma-Werte von Pixeln des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) zu erhalten;
- Ableiten, auf der Basis der Master-Luma-Abbildungsfunktion (FL_50t1) und der angepassten Luma-Abbildungsfunktion (F_H2hCI), einer Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI), die als Ausgang die jeweiligen normierten Luma-Werte des Bildes mit niedrigem Dynamikbereich (Im_LDR) definiert, wenn sie als Eingang die jeweiligen normierten Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) erhält, wobei die Luma-Werte wiederum jeweiligen Luma-Werten des Eingangsbildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) entsprechen;
- Ausgeben des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR); und
- Ausgeben der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH), der Kanal-Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) und der ersten maximalen Pixelluminanz (PB C H50).

13. Verfahren zum Videodecodieren mit hohem Dynamikbereich eines empfangenen Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR), wobei das Bild eine zweite maximale Pixelluminanz (PB CH) aufweist, die um einen Multiplikationsfaktor niedriger ist, der vorzugsweise 0,8 oder weniger beträgt als eine erste maximale Pixelluminanz (PB_C H50) eines Master-Bildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR), wobei die zweite maximale Pixelluminanz (PB CH) als Metadaten des Bildes mit Zwischendynamikbereich empfangen wird, wobei das Decodierverfahren auch in Metadaten eine Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) empfängt, die die Transformation aller möglichen normierten Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) in entsprechende normierte Luma-Werte eines LDR-Bildes mit maximaler Pixelluminanz und niedrigem Dynamikbereich (Im_LDR) definiert, und wobei das Decodierverfahren **dadurch gekennzeichnet** ist, dass es die erste maximale Pixelluminanz (PB_C H50) empfängt, und wobei das Decodierverfahren **dadurch gekennzeichnet** ist, dass es Folgendes umfasst:

- Anwenden eines standardisierten Algorithmus, um die Luma-Abbildungsfunktion (F_I2sCI) in eine Decodier-Luma-Abbildungsfunktion (F_ENCINV_H2I) umzuwandeln, die als Ausgang für jedes mögliche normierte Eingangs-Luma eines Pixels des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR) ein entsprechendes normiertes HDR-Luma des Master-Bildes mit hohem Dynamikbereich (MsterHDR) spezifiziert, wobei der standardisierte Algorithmus die Werte der ersten maximalen Pixelluminanz (PB C H50) und der zweiten maximalen Pixelluminanz (PB CH) verwendet;
- Anwenden der Decodier-Luma-Abbildungsfunktion (F_ENCINV_H2I) auf normierte Eingangs-Luma-Werte des Bildes mit Zwischendynamikbereich (IDR), um normierte rekonstruierte Luma-Werte (L_RHDR) von Pixeln eines rekonstruierten Master-HDR-Bildes (REC M HDR) zu erhalten; und
- Ausgeben des rekonstruierten Master-HDR-Bildes (REC M HDR).

Es folgen 28 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

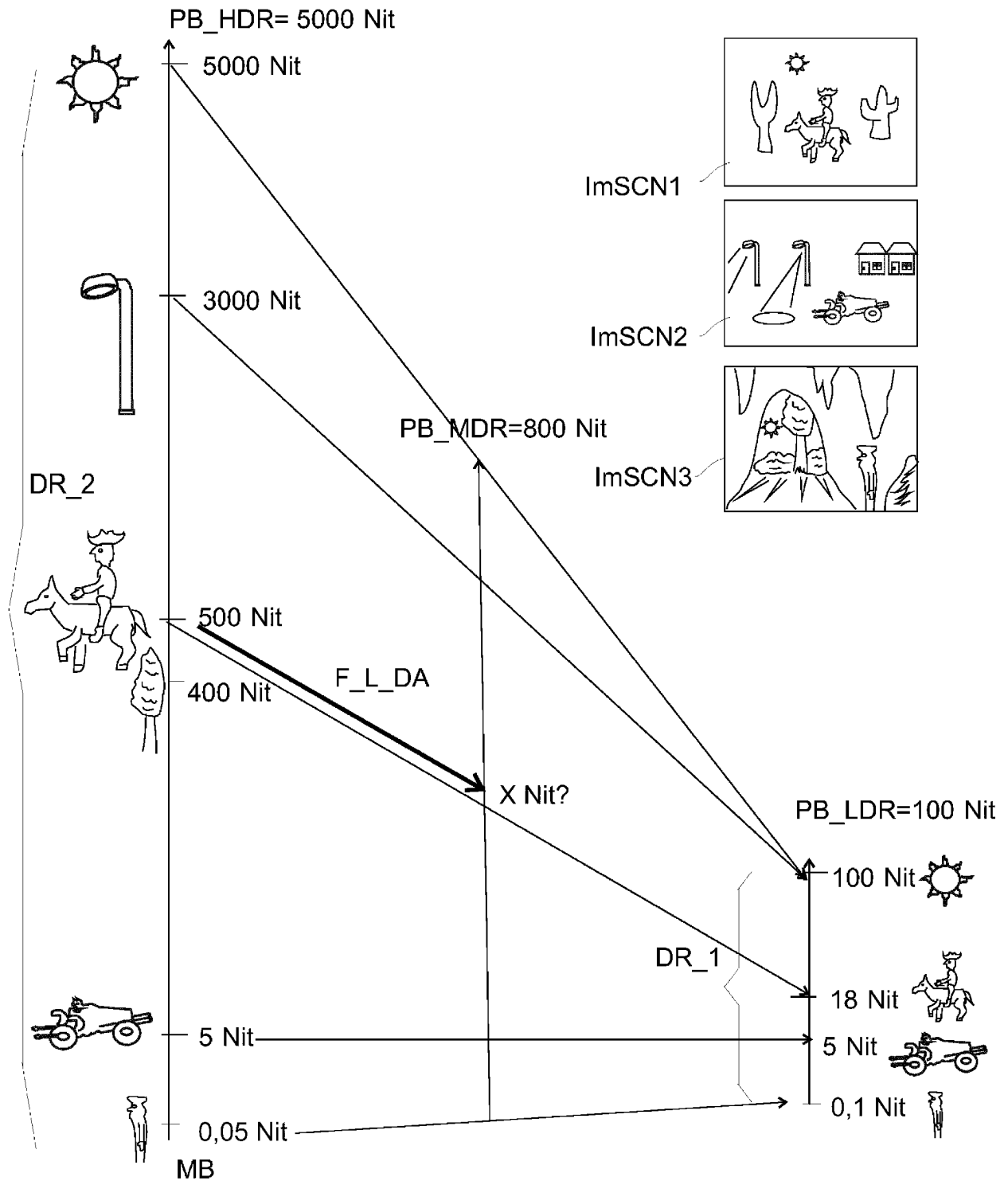


Fig. 1

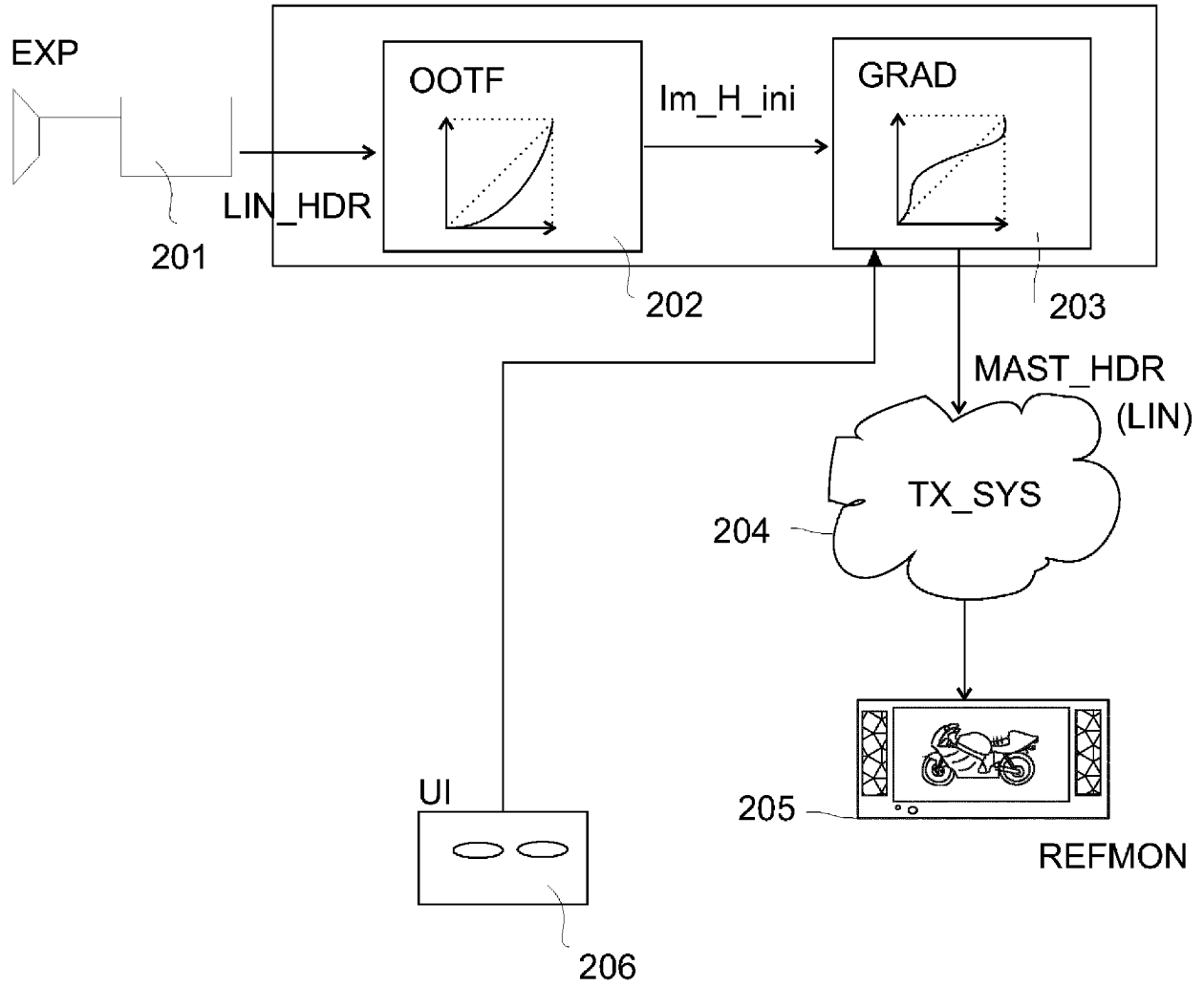


Fig. 2

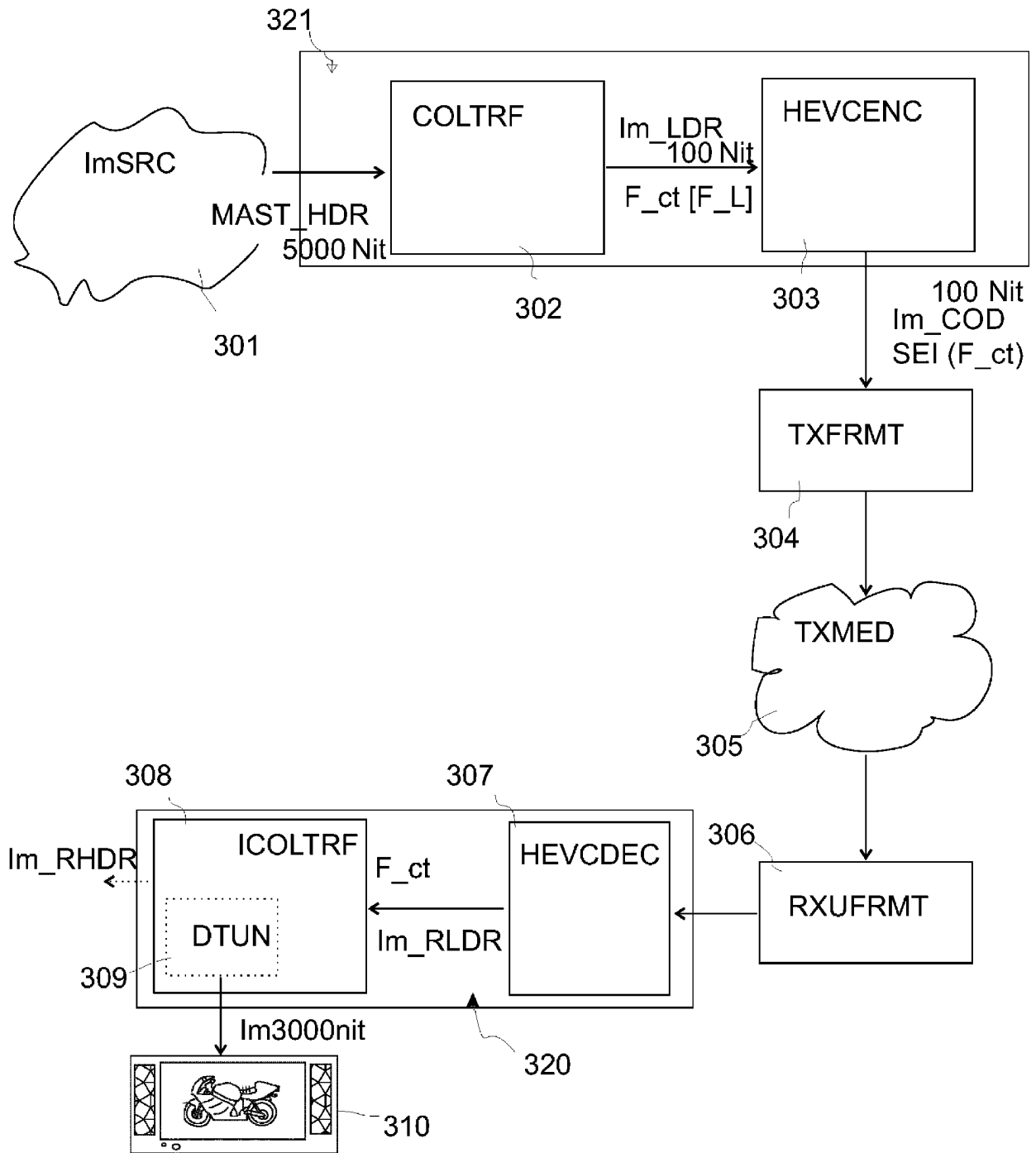


Fig. 3

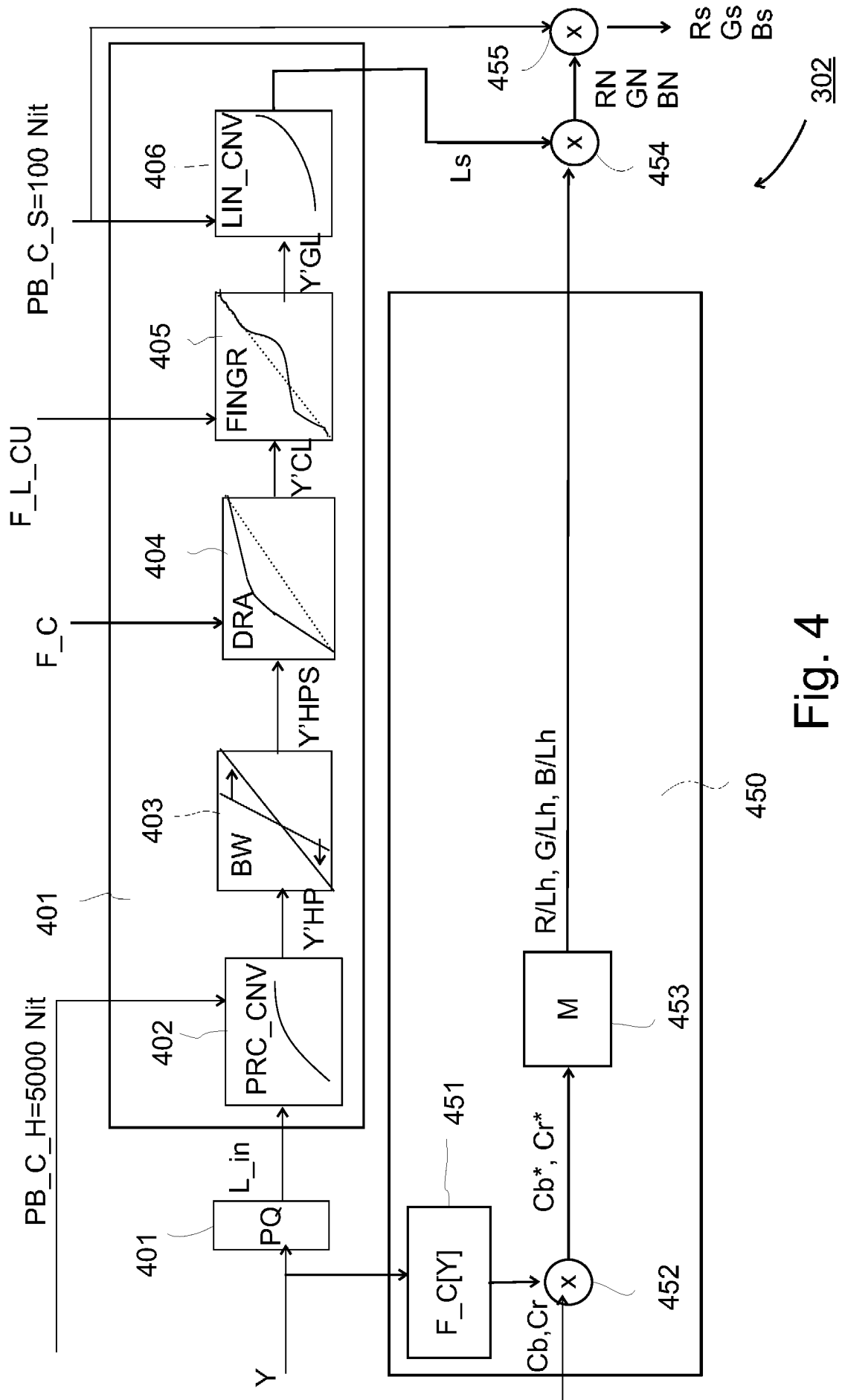


Fig. 4

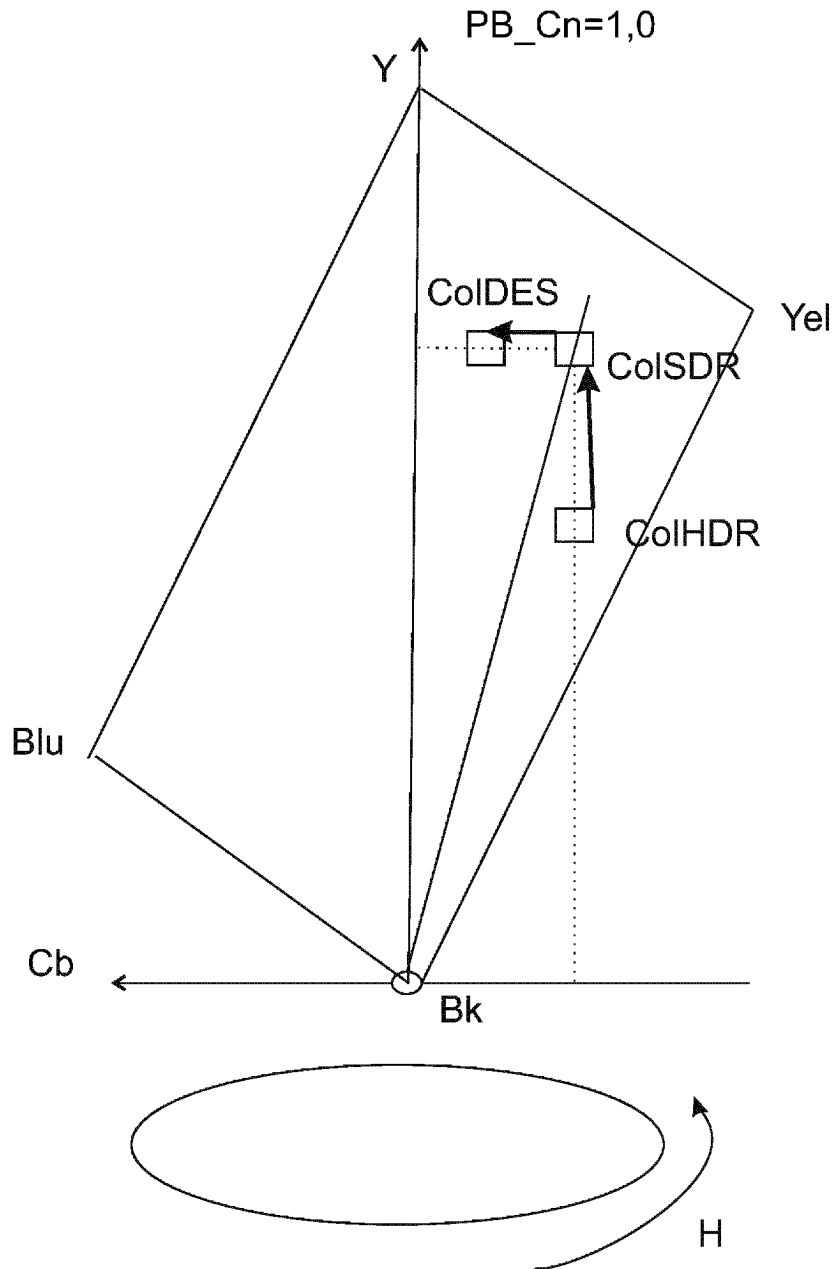


Fig. 5

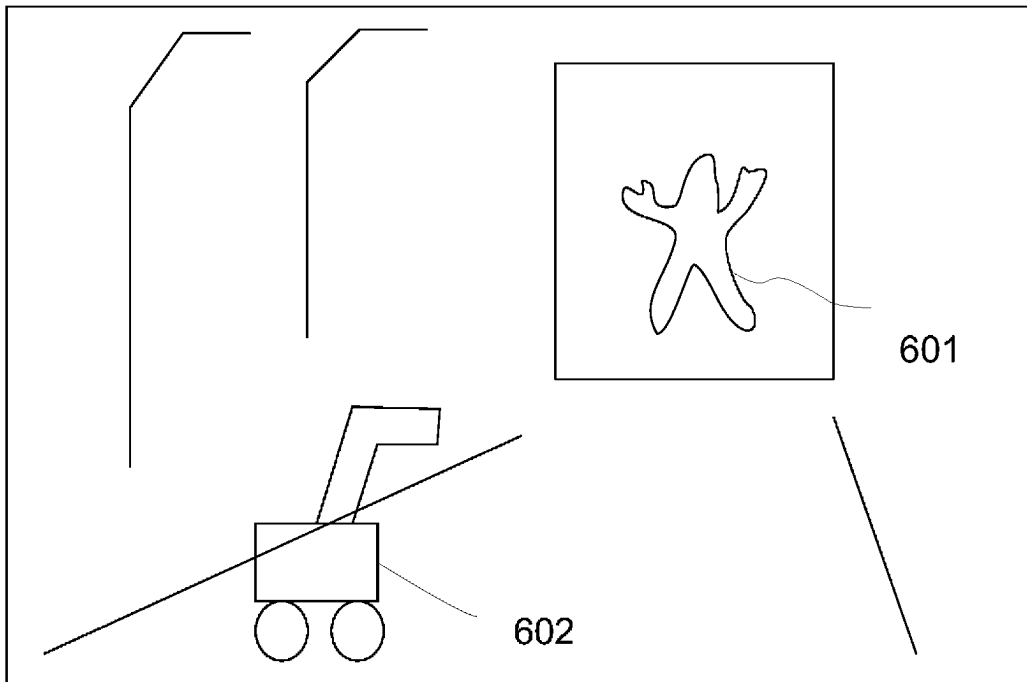


Fig. 6A

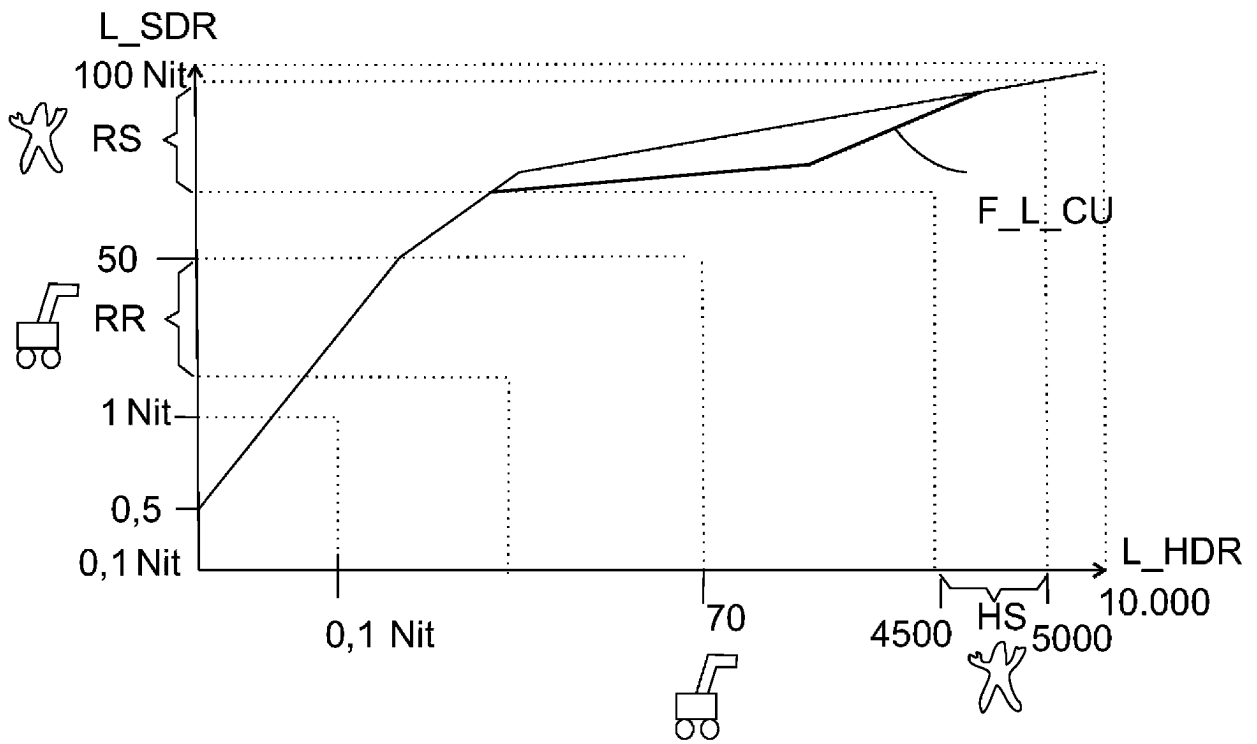


Fig. 6B

Fig. 6

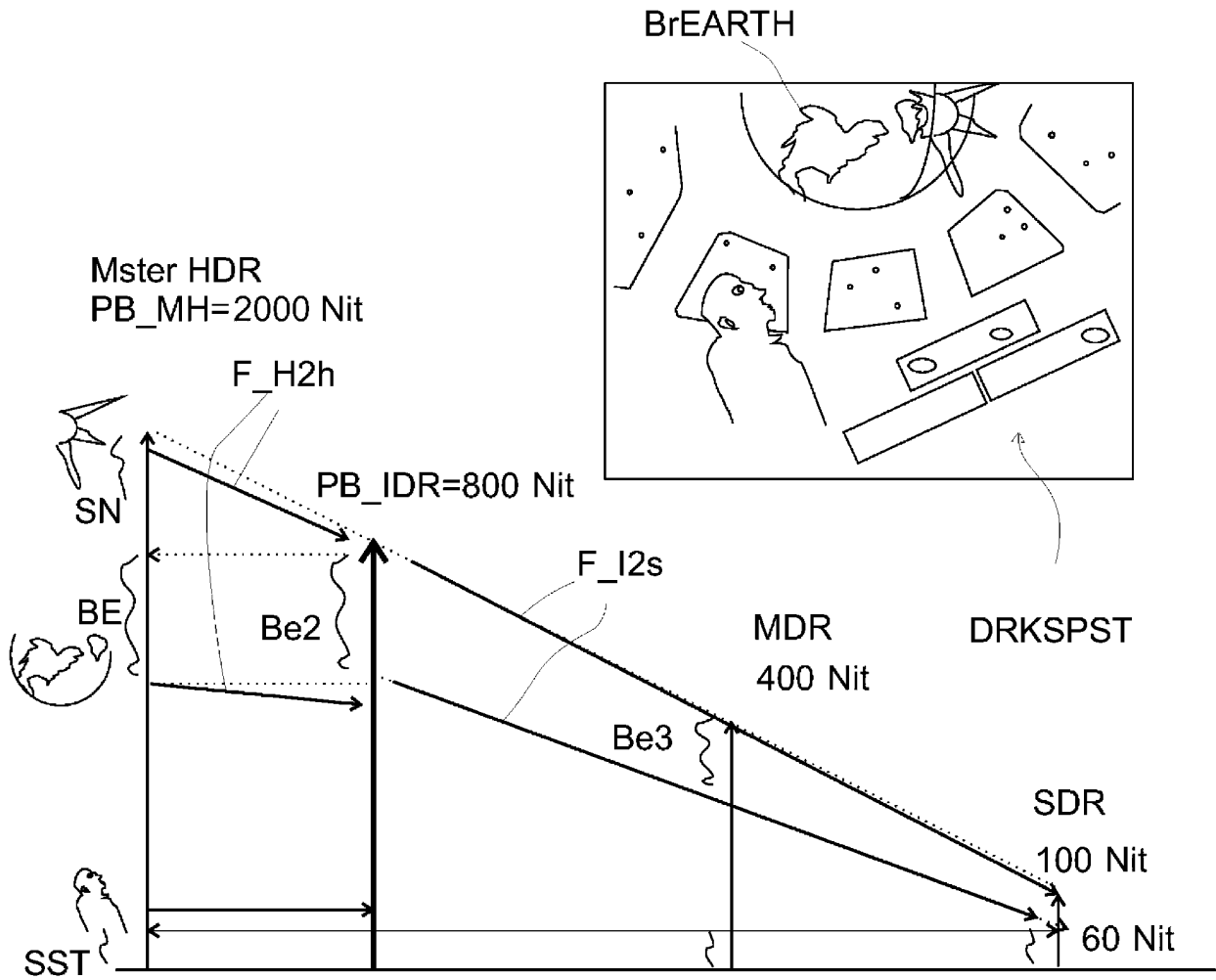


Fig. 7

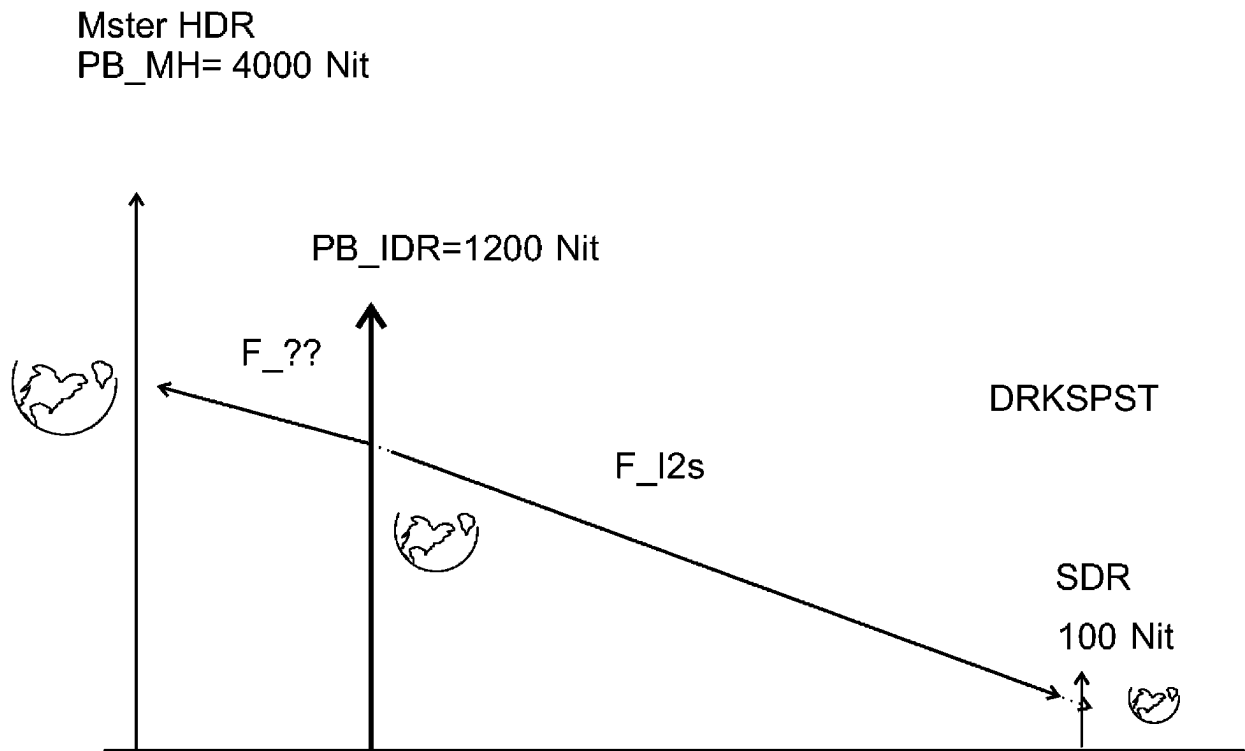


Fig. 8

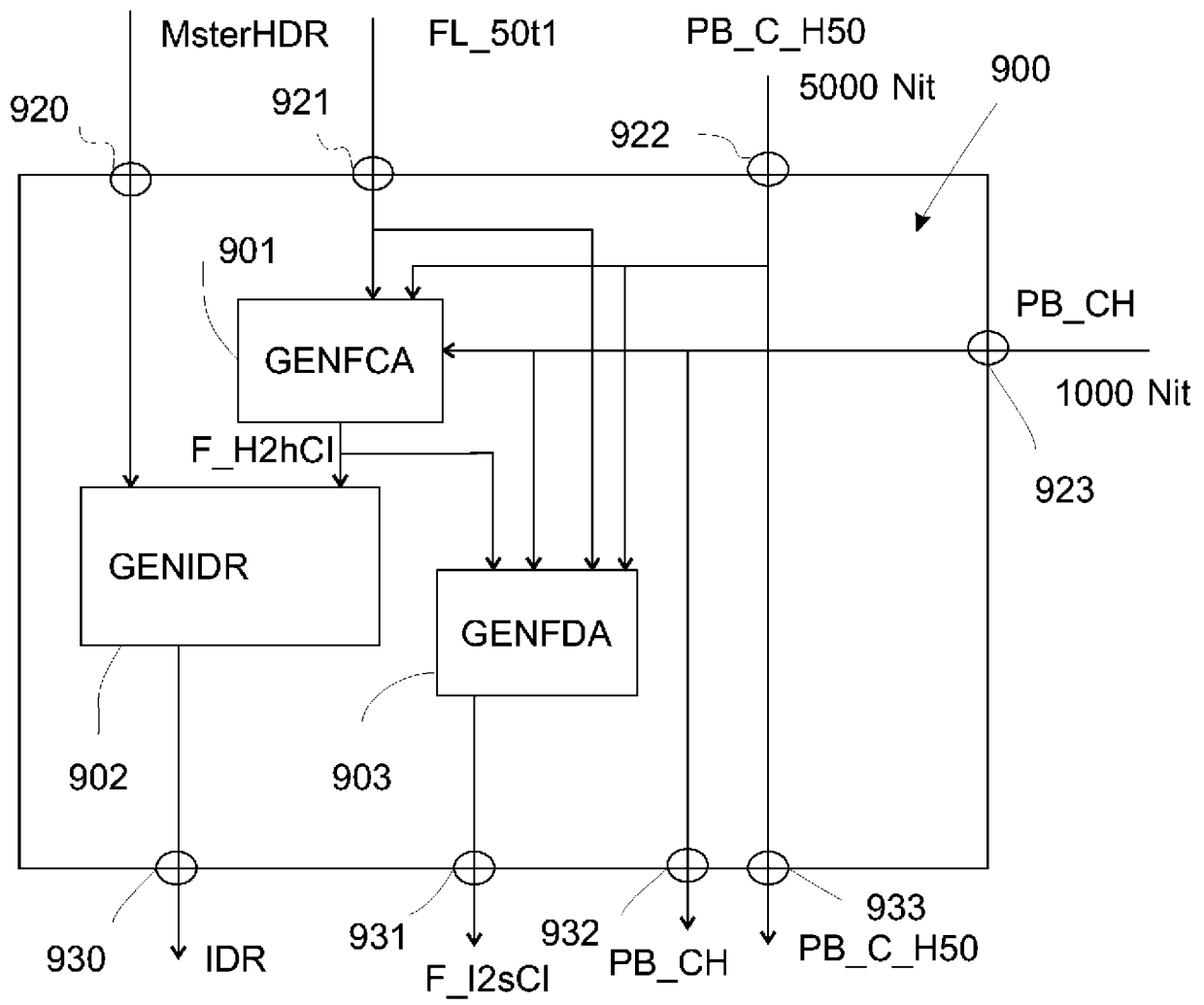


Fig. 9

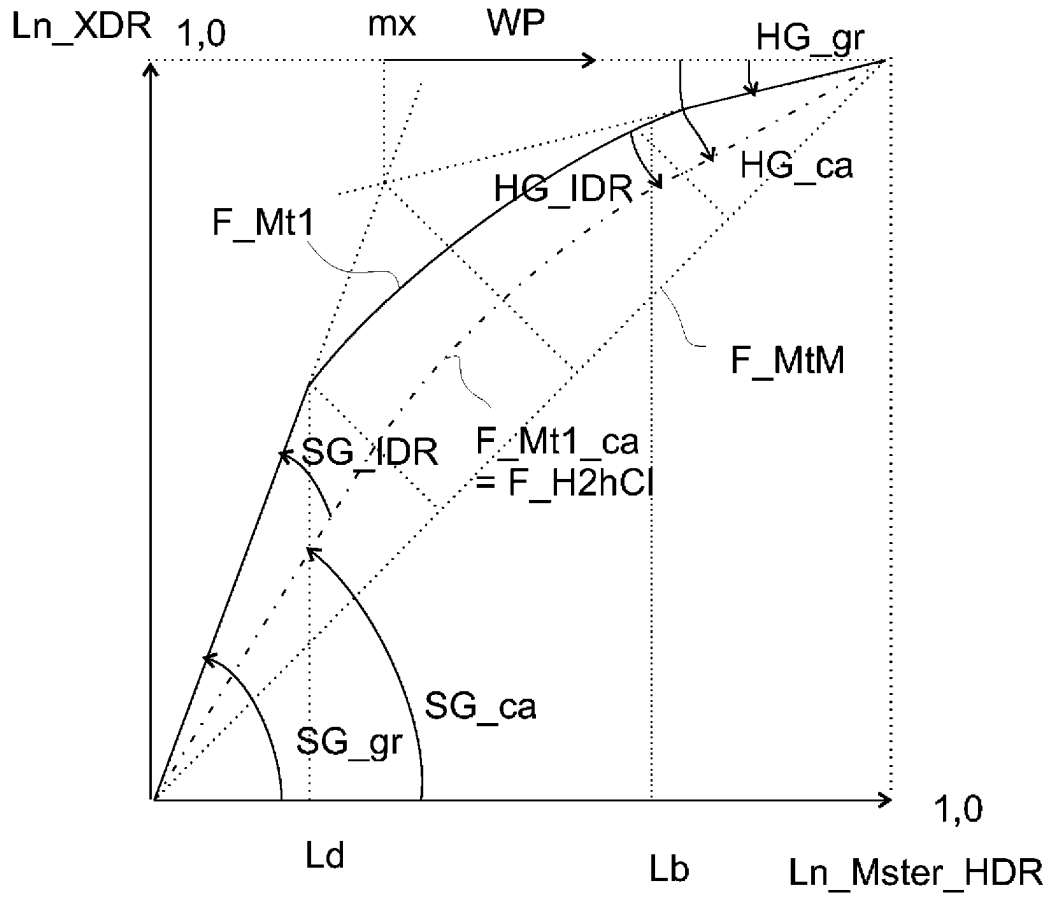


Fig. 10

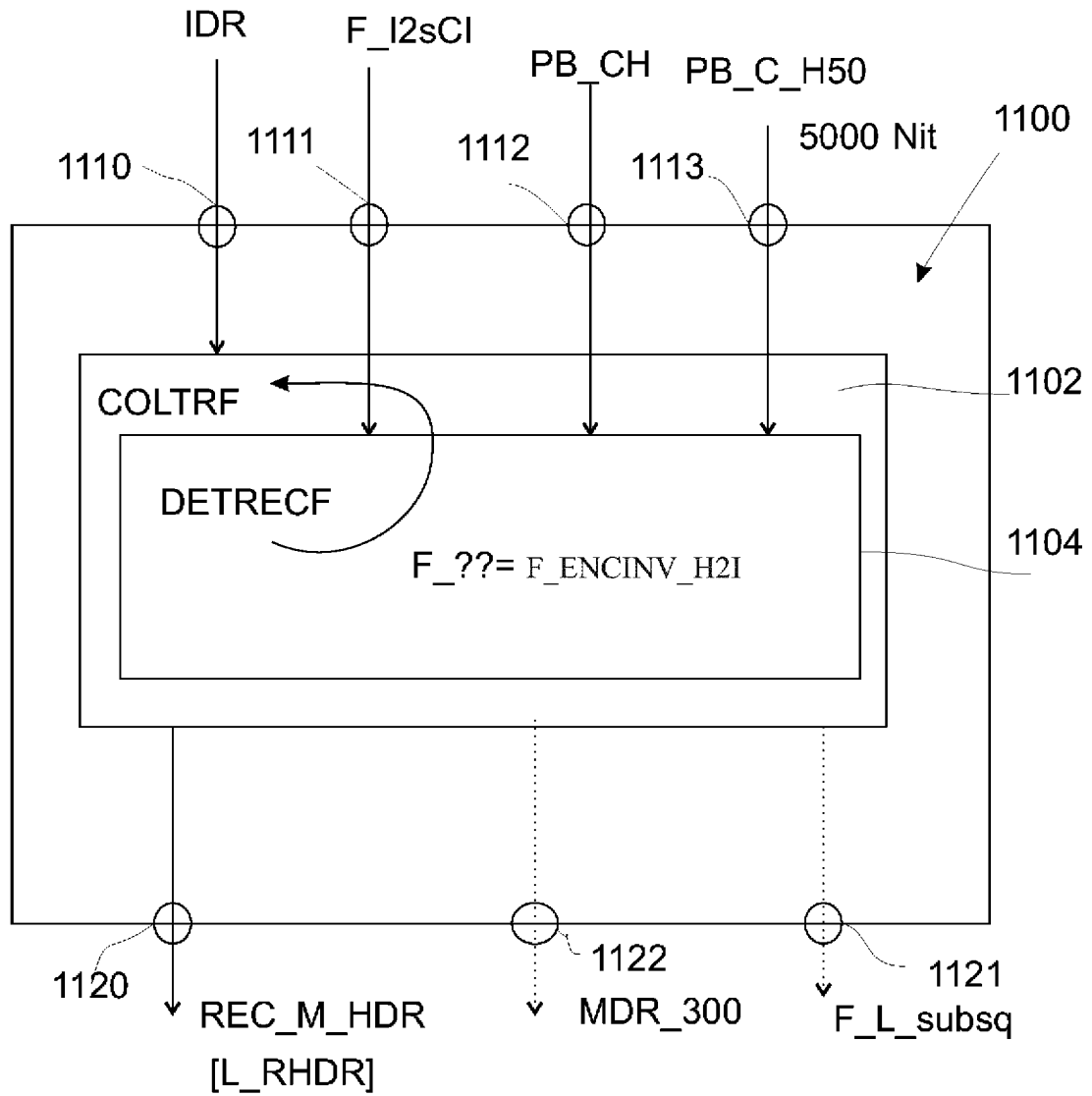


Fig. 11

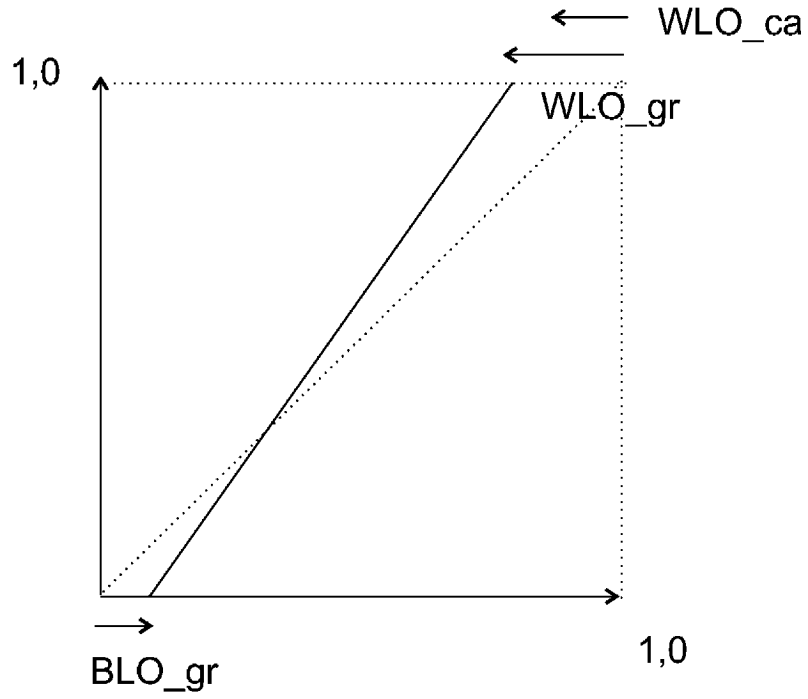


Fig. 12a

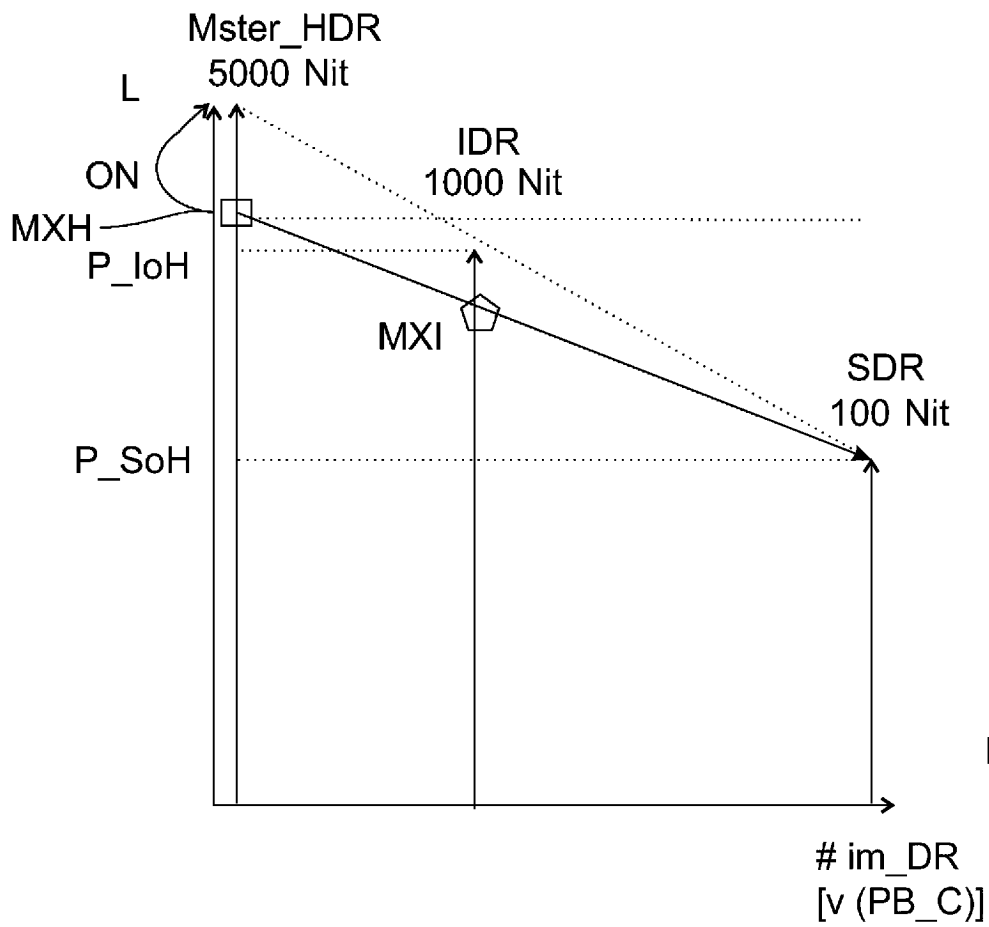


Fig. 12b

Fig. 12

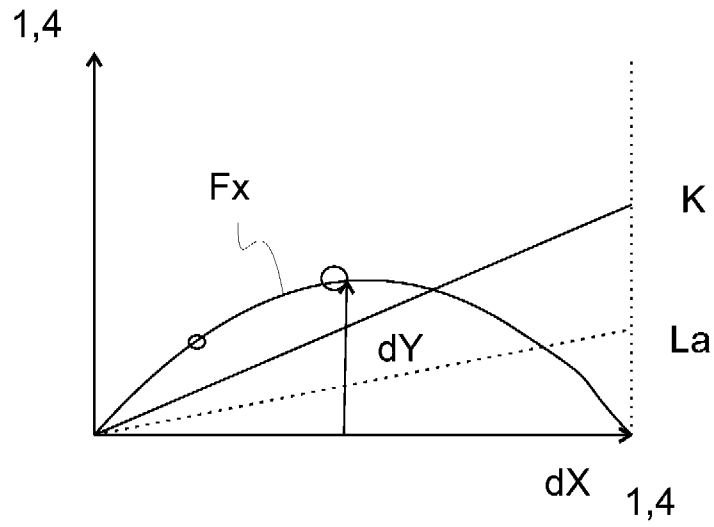


Fig. 13a

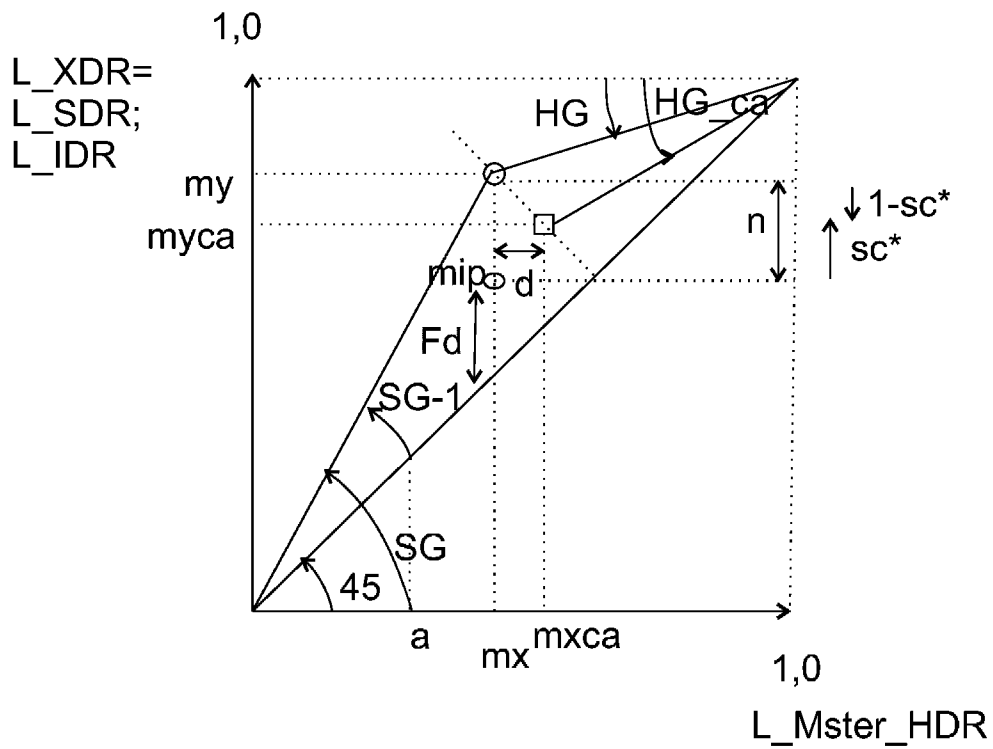


Fig. 13b

Fig. 13

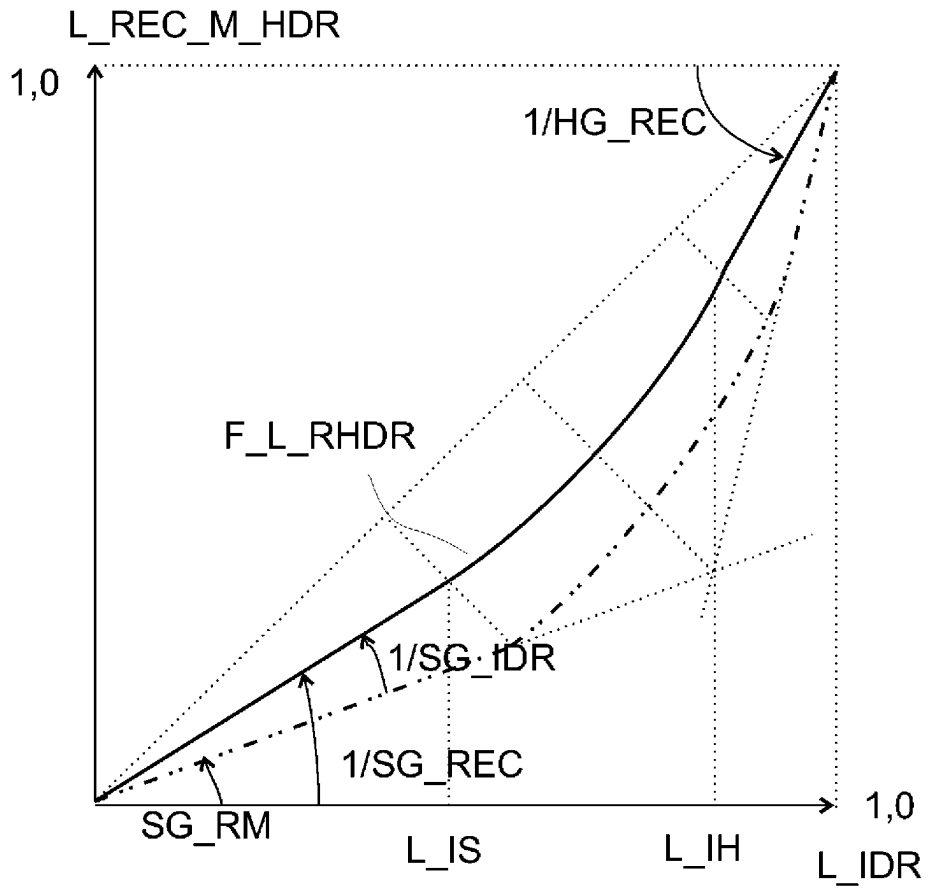


Fig. 14

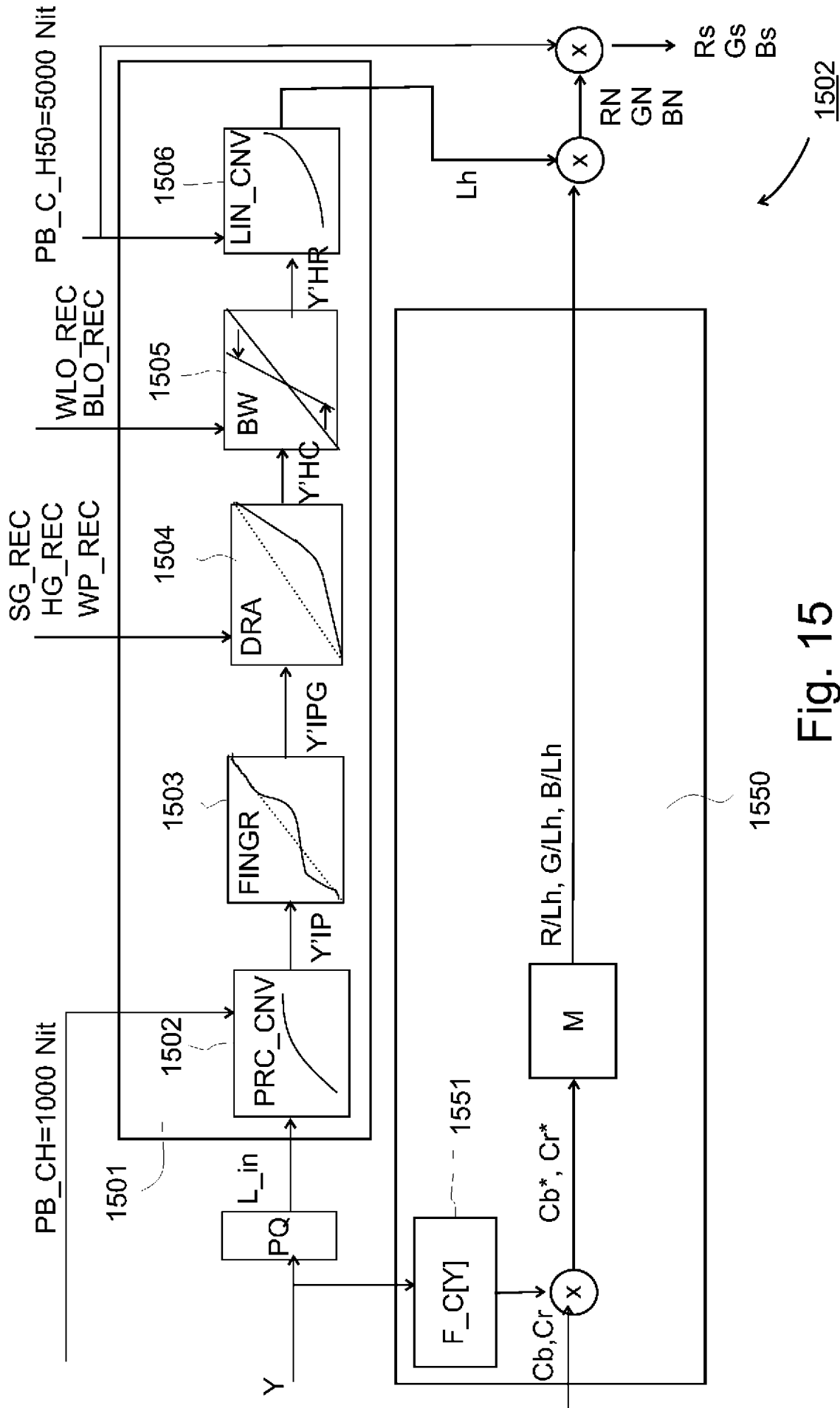


Fig. 15

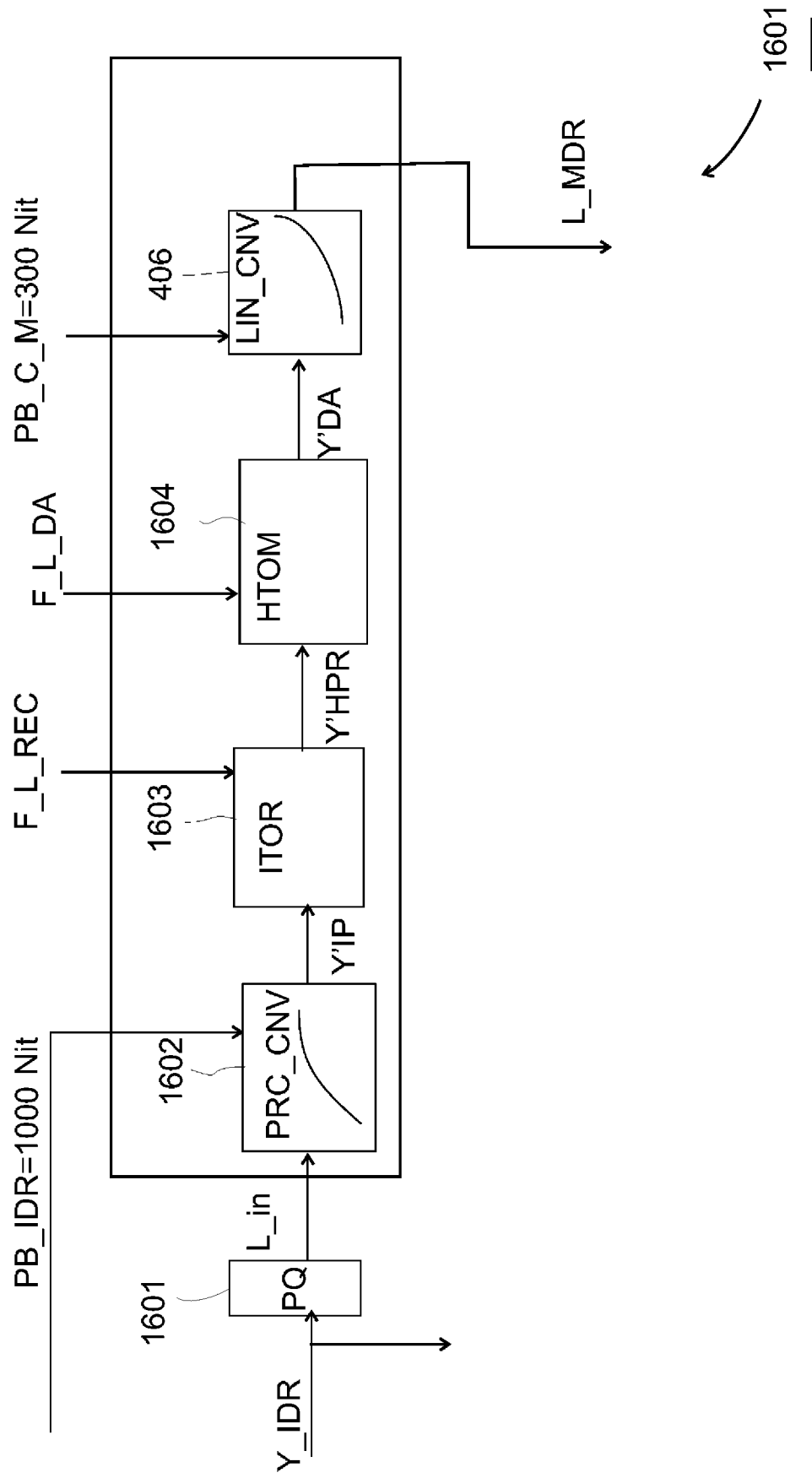


Fig. 16

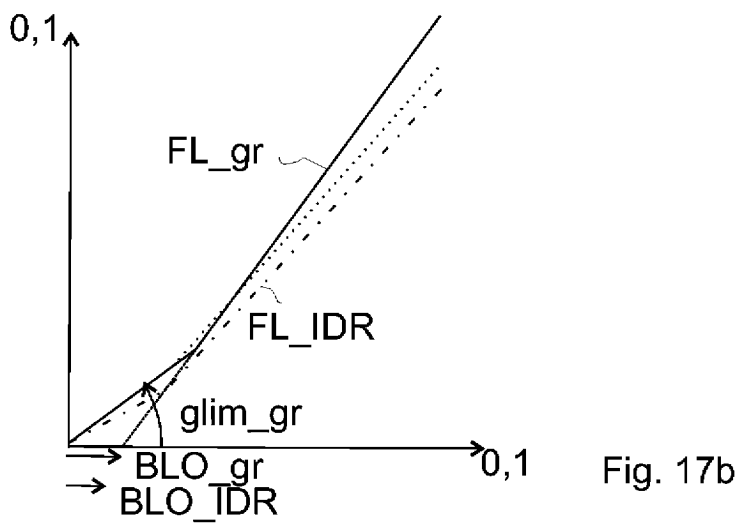
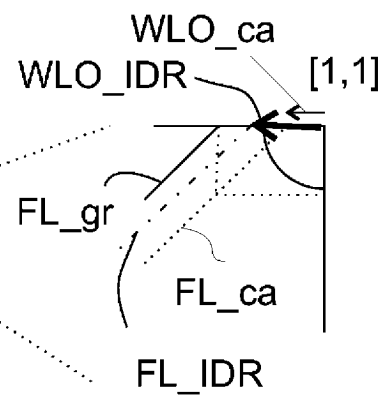
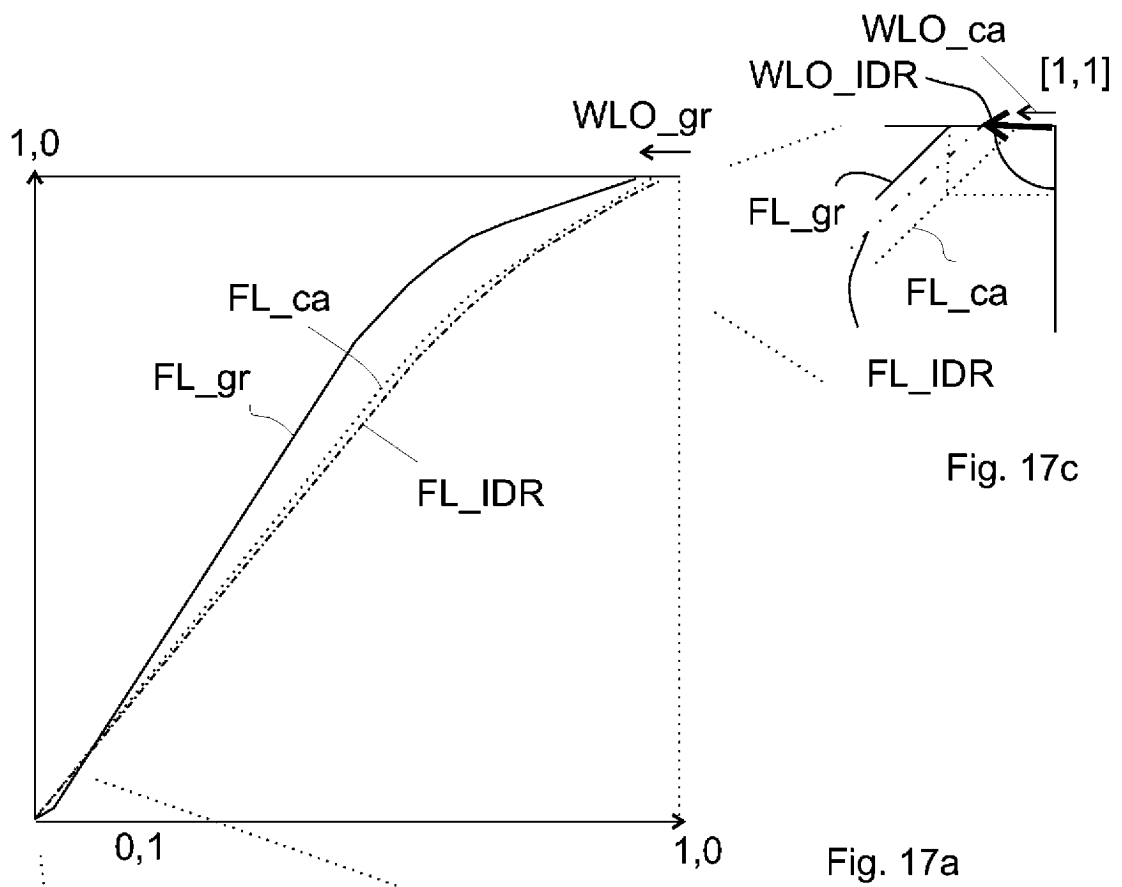


Fig. 17

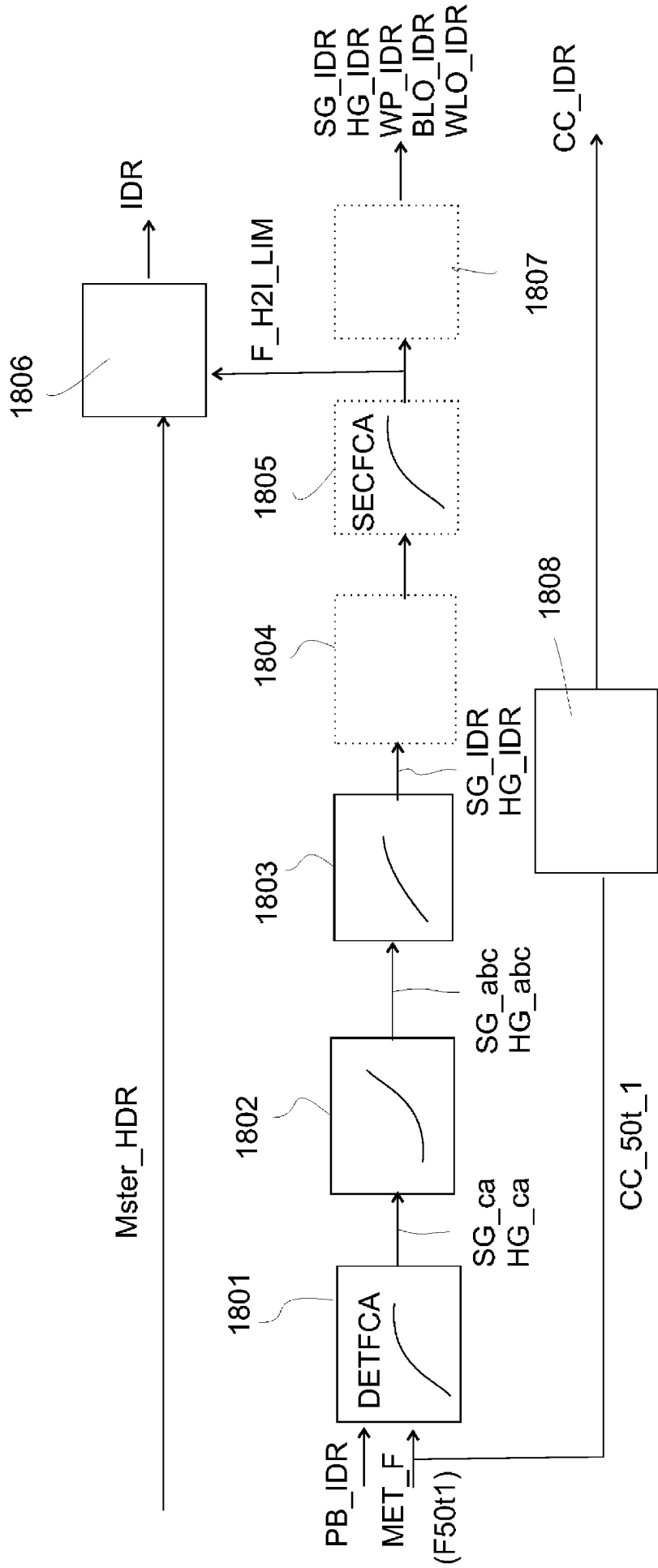


Fig. 18

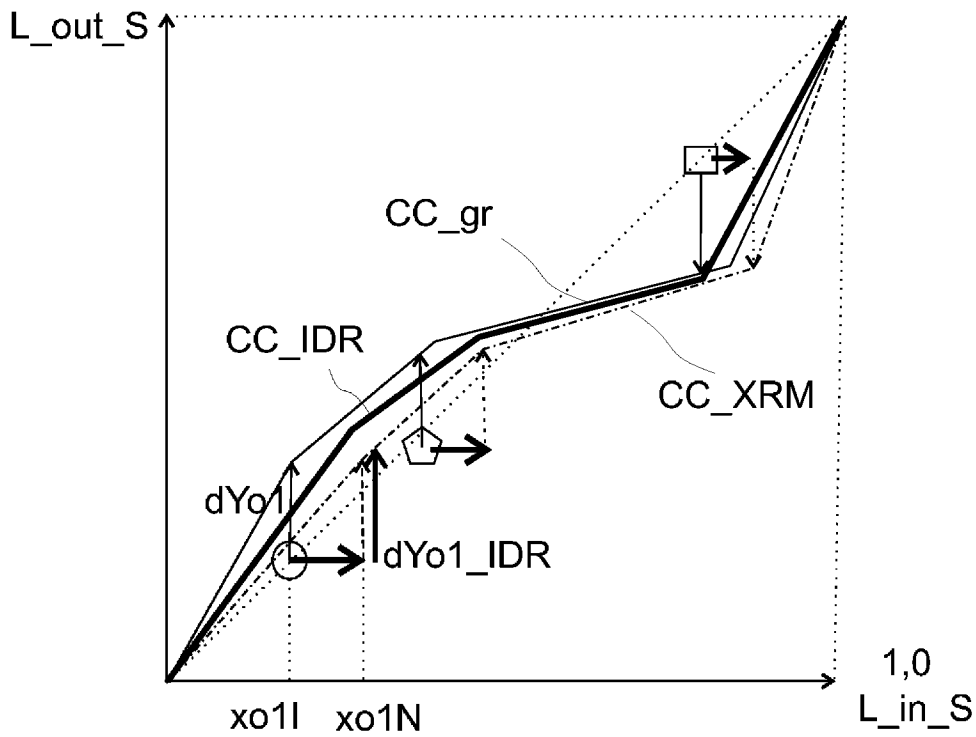


Fig. 19a

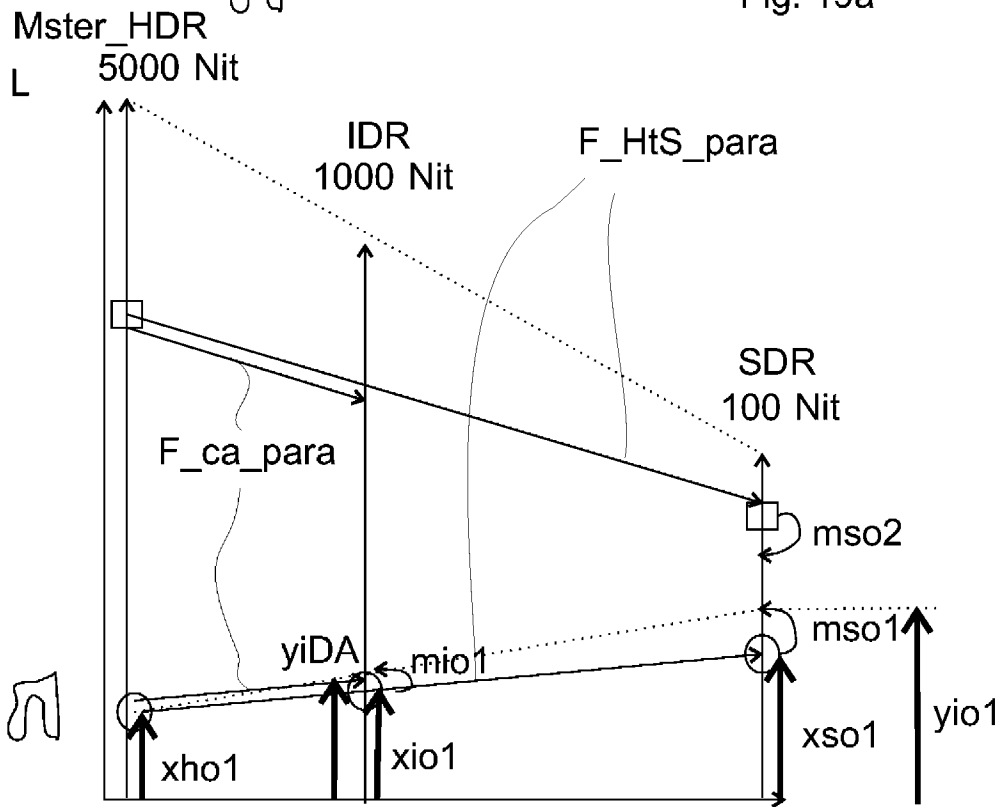


Fig. 19b

Fig. 19

im_DR
[v(PB_C)]

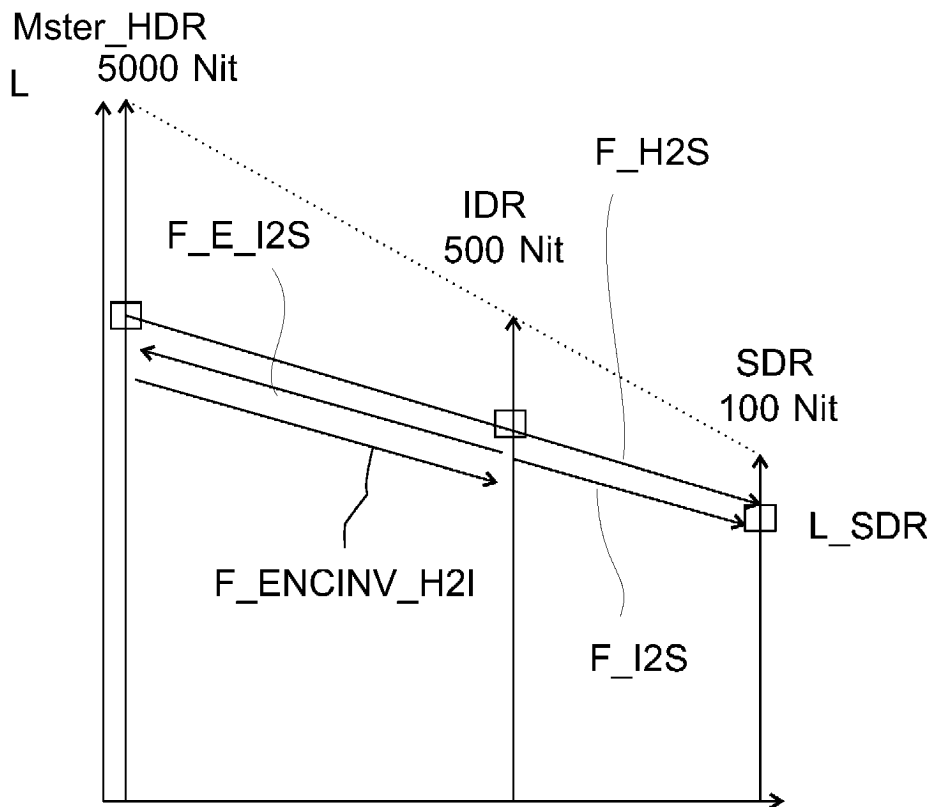


Fig. 20

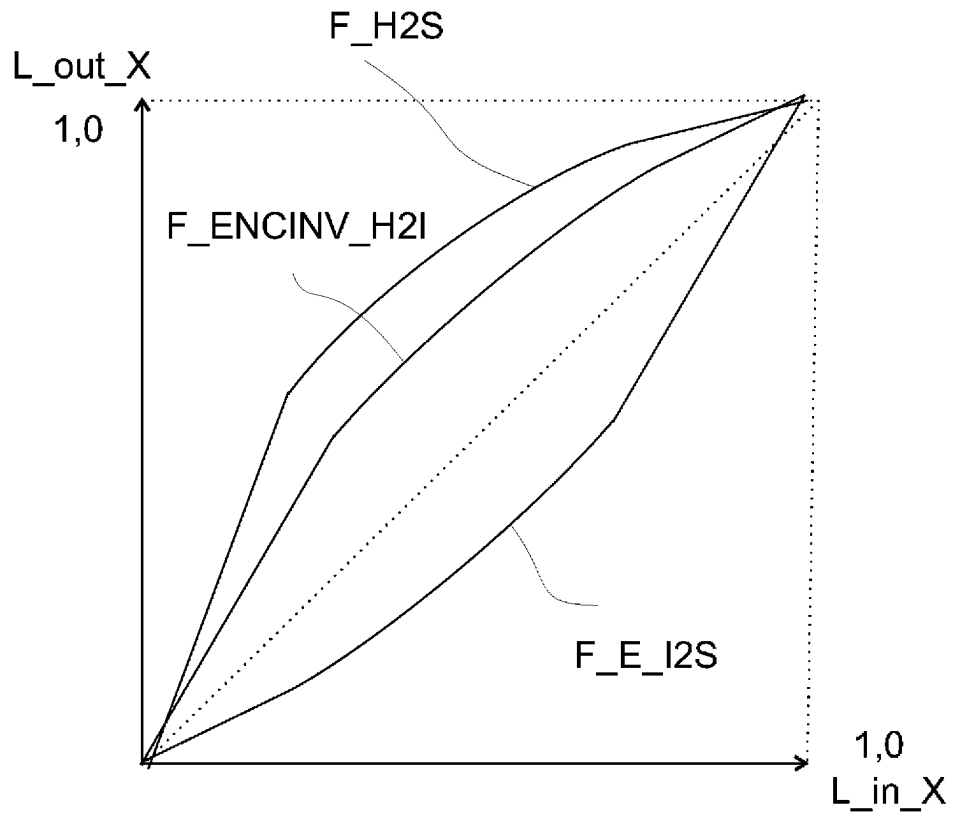


Fig. 21

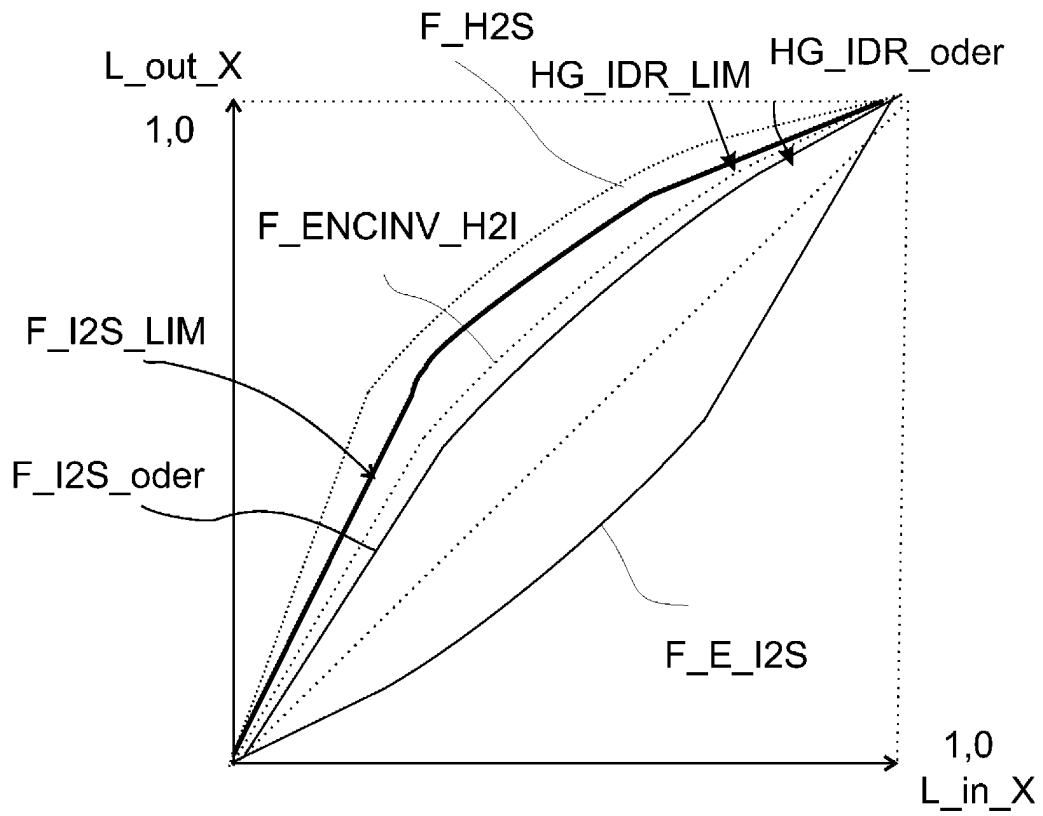


Fig. 22

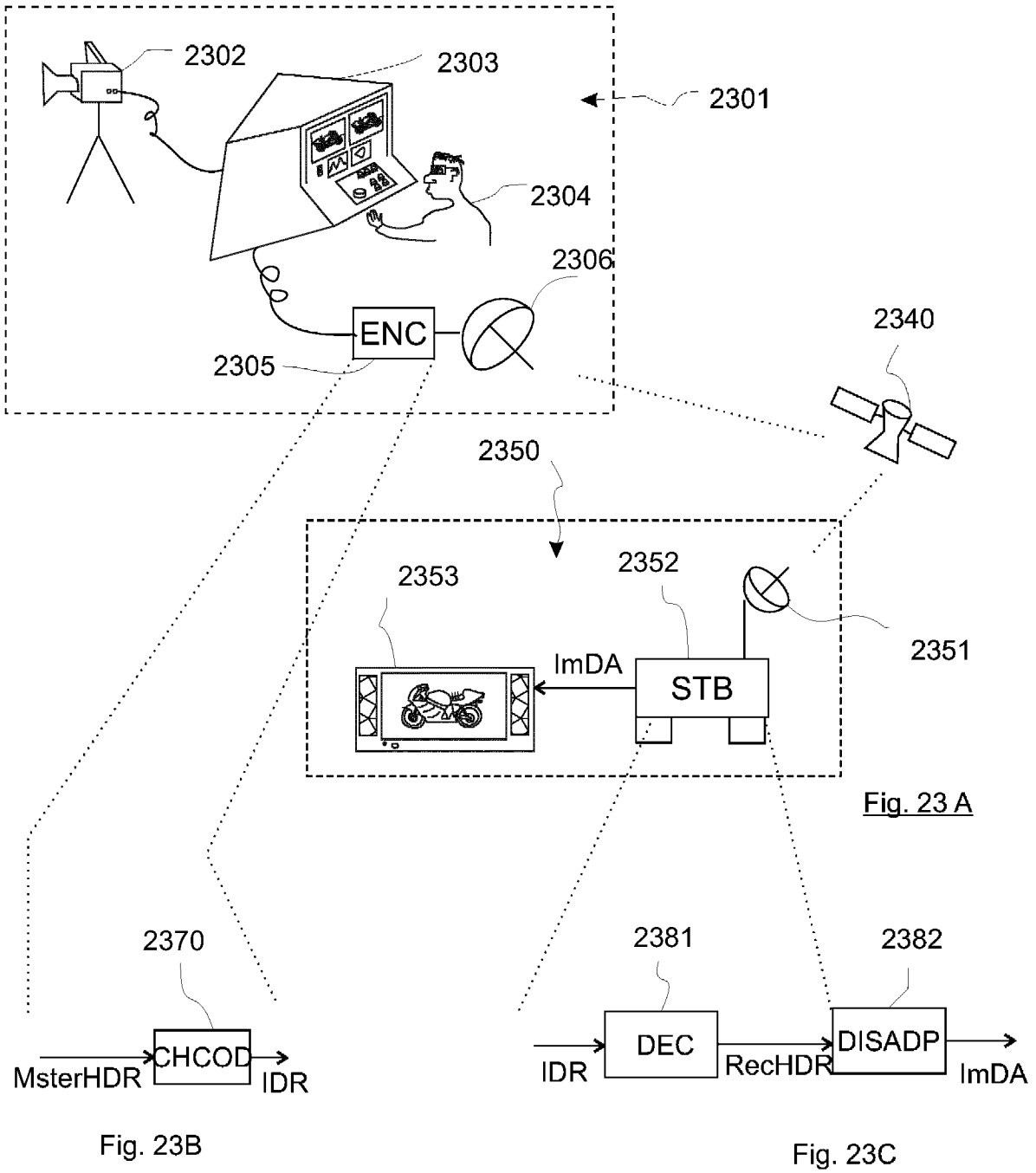


Fig. 23

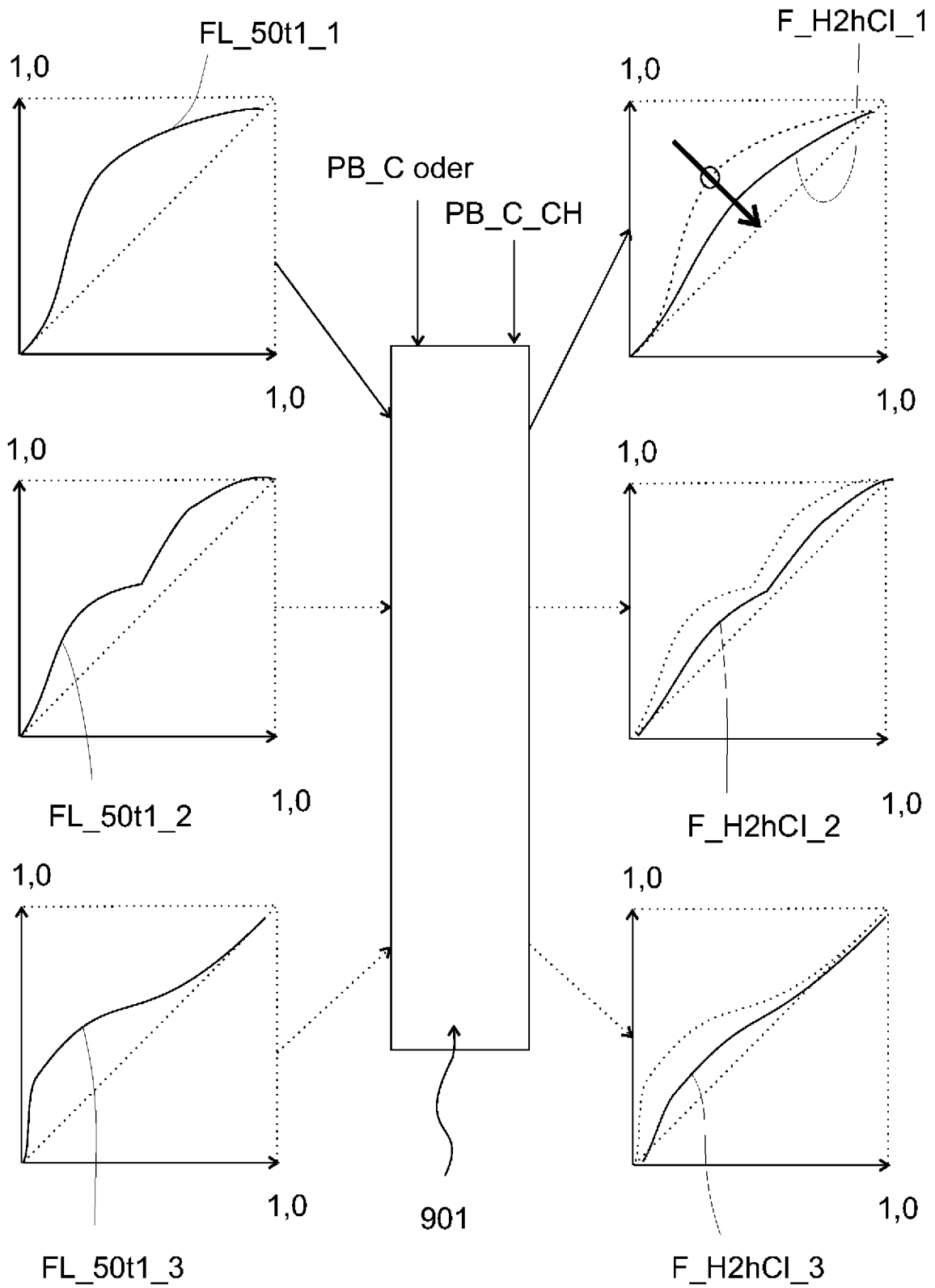


Fig. 24

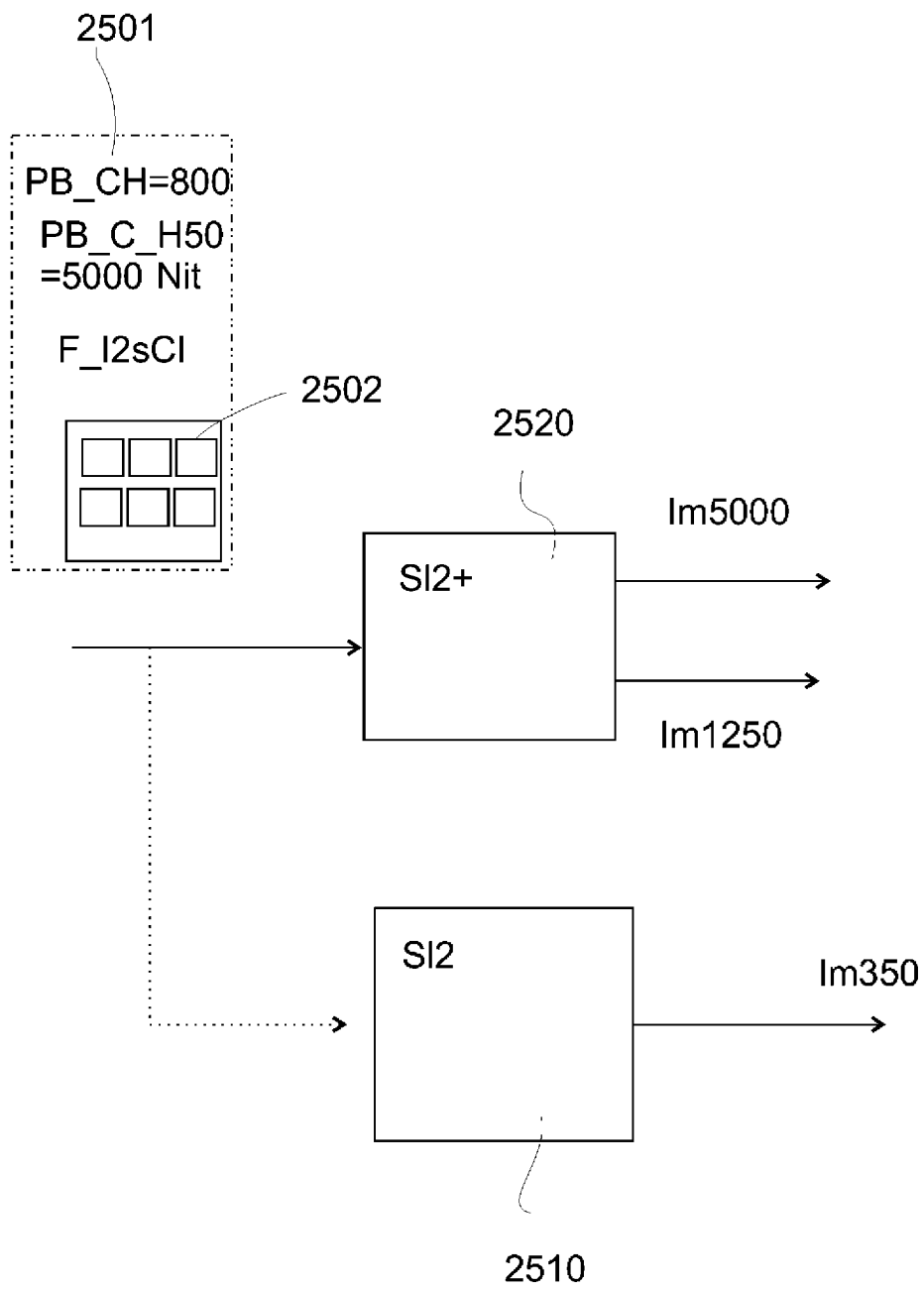


Fig. 25

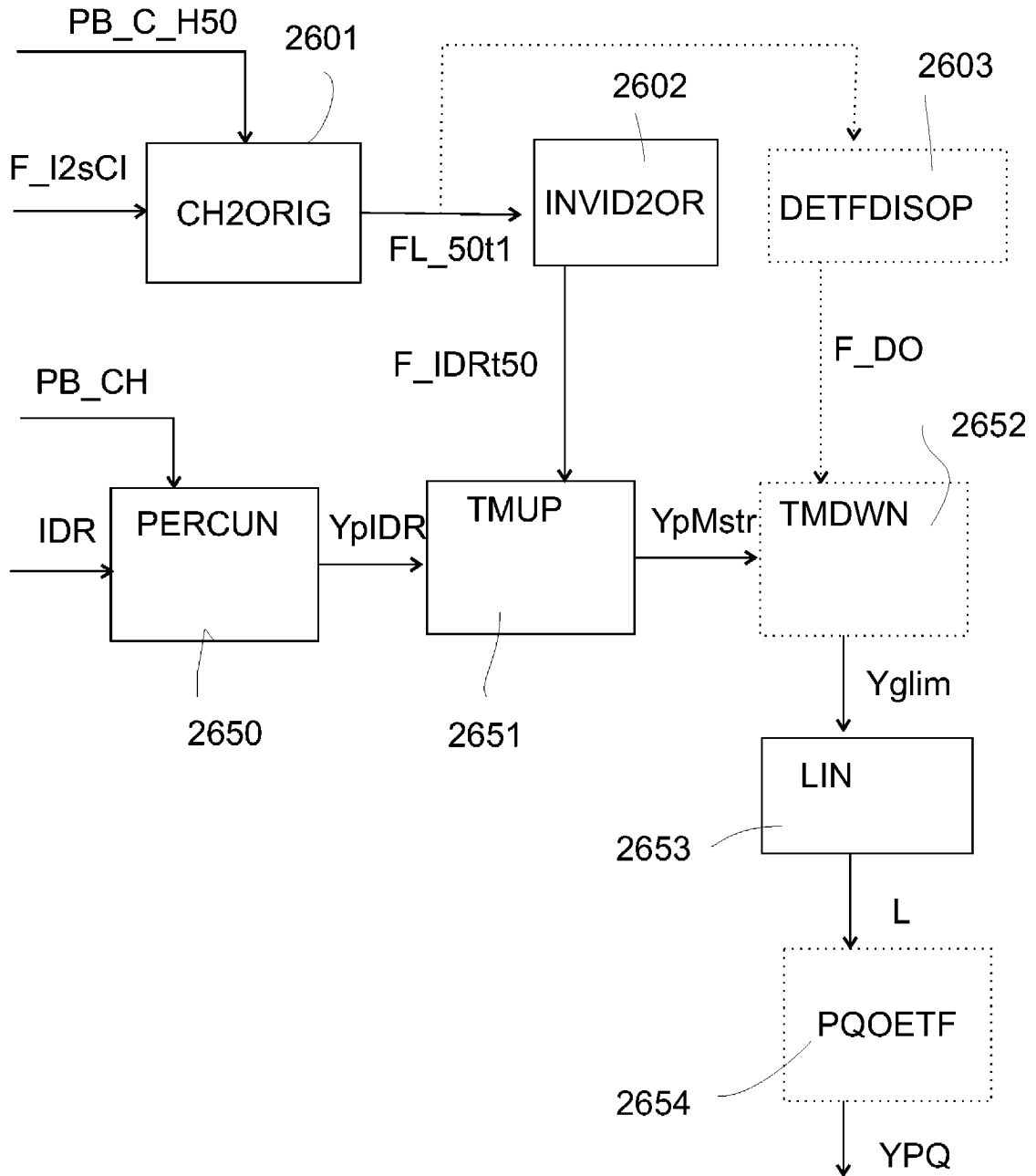


Fig. 26

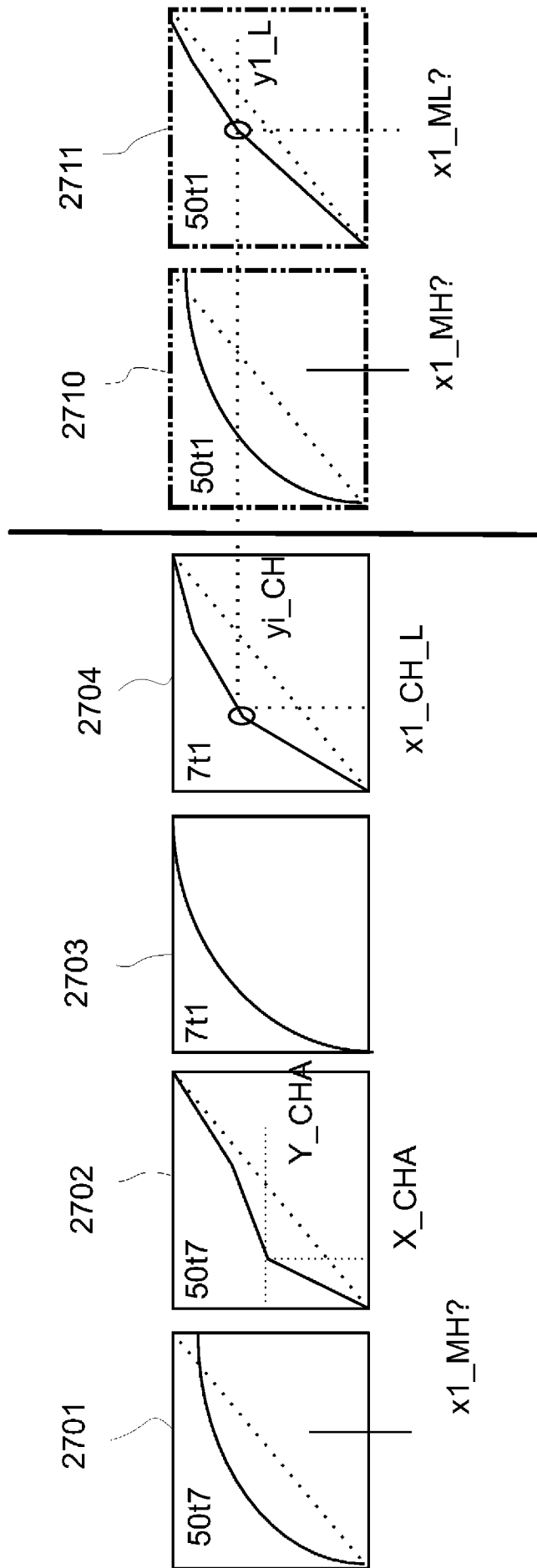


Fig. 27

