

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-535181

(P2017-535181A)

(43) 公表日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4N 19/30 (2014.01)	HO4N 19/30	5C159
HO4N 19/46 (2014.01)	HO4N 19/46	
HO4N 19/105 (2014.01)	HO4N 19/105	
HO4N 19/187 (2014.01)	HO4N 19/187	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 30 頁)

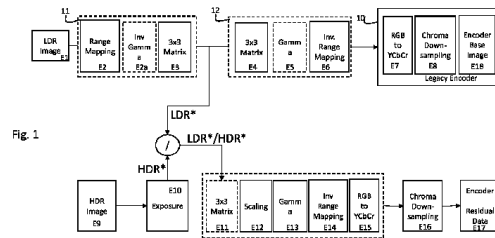
(21) 出願番号 特願2017-519324 (P2017-519324)
 (86) (22) 出願日 平成27年6月16日 (2015.6.16)
 (85) 翻訳文提出日 平成29年6月2日 (2017.6.2)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2015/054544
 (87) 国際公開番号 W02016/055875
 (87) 国際公開日 平成28年4月14日 (2016.4.14)
 (31) 優先権主張番号 62/060,774
 (32) 優先日 平成26年10月7日 (2014.10.7)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 517120943
 マッシミリアーノ・アゴスティネッリ
 Massimiliano AGOSTI
 NELLI
 イタリア、イー00131ローマ、ヴィア
 ・モンテネロ・サビーノ21/チ番
 (74) 代理人 100101454
 弁理士 山田 卓二
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄
 (74) 代理人 100125874
 弁理士 川端 純市
 (72) 発明者 マッシミリアーノ・アゴスティネッリ
 イタリア、イー00131ローマ、ヴィア
 ・モンテネロ・サビーノ21/チ番
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改善されたビデオおよび画像符号化プロセス

(57) 【要約】

画像およびビデオデータを処理するための方法であって、前記方法は、高ダイナミックレンジ画像データ(HDR)および対応する低ダイナミックレンジ画像データ(LDR)を提供することを含む。残余符号データが生成され、かつ復号化フェーズにおいてHDR画像の再構成に必要なデータを含む符号化がされる間に、LDR画像は、レガシー符号ストリームに符号化される。残余符号ストリームを生成するために、LDR画像データは、処理されたLDR*画像を得るために処理され、次いで、HDR画像の成分データおよび処理されたLDR*画像の対応する成分は選択され、選択された成分データの残余データは、HDR画像データの成分により処理されたLDR*画像データの成分を除算により計算する。選択された成分の残余データは、0と1との間に含まれる値の範囲にスケーリングされ、その後、残余符号ストリームに符号化される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像データを処理する方法であって、前記方法は、
 高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) を提供することと、
 高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) を提供することと、
 第 1 の符号ストリームにおける低ダイナミック画像データ (LDR) を符号化する (E 7 - E 1 8) ことと、
 処理された画像 (LDR*) を得るために低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) を処理することと、
 高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の成分および処理された低ダイナミックレンジ画像データ (LDR*) の対応する成分を選択することと、
 処理された低ダイナミックレンジ画像データ (LDR*) の選択された成分の各ピクセル値を、高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の対応する成分の対応する値で除算することにより、選択された成分の残余データを計算することと、
 選択された成分の残余データを、0 と 1 との間に含まれる値の範囲にスケールリングする (E 1 2) ことと、
 残余符号ストリームにおける選択された成分のスケールリングされた残余データを符号化する (E 1 5 - E 1 7) こととを含む方法。

10

【請求項 2】

選択された成分の残余データの範囲 [0 , 1] でのスケールリングは、残余データから選択された成分の最小値を減算した後、選択された成分の最大値と最小値との間の差で、減算した結果を除算することによって得られる請求項 1 の方法。

20

【請求項 3】

残余符号ストリームにおける符号化前のスケールリングされた残余データをガンマ補正する (E 1 3) ステップは、残余データをガンマ補正するステップが、スケールリングされた残余データを、 hdr_gamma が HDR 画像の値に依存する $1 / hdr_gamma$ のべき乗にスケールリングされた入力の各成分に累乗することをさらに含む請求項 1 または 2 の方法。

【請求項 4】

hdr_gamma は以下の式に従って計算され、

30

【数 1】

$$hdr_gamma = \frac{\log(\min_value)}{\log(0,5)}$$

ここで、

【数 2】

$$\min_value = \frac{1}{\max_HDR}$$

40

ここで、 \max_HDR は、入力 HDR 画像の最大ピクセル値である請求項 3 の方法。

【請求項 5】

残余符号ストリームにおける符号化前に、選択された成分のガンマ補正された残余データを、N が、選択された成分を符号化するために使用されるビット数である、 $2^N - 1$ により乗算するステップ (E 1 4) をさらに含む請求項 1 または 2 または 3 の方法。

【請求項 6】

低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) は、低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) のピクセルの値を 0 から 1 の値の範囲にマッピングすることを含む請求項 1 から 5 のうちのいずれか 1 つの方法。

【請求項 7】

50

低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) は、8ビットの正確な成分を有し、ピクセルの値をマッピングすることが、255により低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) のピクセルの値を除算することを含む請求項6の方法。

【請求項8】

低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) は、高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) をトーンマッピングし、トーンマッピングされた画像データにガンマ曲線を適用することにより得られ、ここで、低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) の処理は、高ダイナミック画像データ (HDR) から低ダイナミック画像データ (LDR) を得るために使用されるガンマ曲線の逆数であるガンマ曲線を用いて低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) を修正する (E2) ことを含む請求項1から7のうちのいずれか1つの方法。

10

【請求項9】

低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) および高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) は、異なる色空間で表現され、ここで、低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) の処理 (11) は、低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) を高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の色空間に変換する (E3) ことを含む請求項2から8のうちのいずれか1つの方法。

【請求項10】

残余データは、スケールされかつガンマ補正される前に低ダイナミックレンジ画像データ (E11) の色空間に変換される請求項9の方法。

20

【請求項11】

低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) は、符号化された (10) 低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) を符号化する (13) ことを含む請求項1から8のうちのいずれか1つの方法。

【請求項12】

残余データを計算する前に高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) を露光する (E10) ステップをさらに含み、残余データを計算するために露光された高ダイナミックレンジ画像データを使用する請求項1から11のうちのいずれか1つの方法。

【請求項13】

高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) を露光する (E10) ことは、以下の式により計算される“露光”のスカラー値により高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) を乗算することを含み、

30

【数3】

$$\text{exposure} = \frac{\text{scale_factor}}{\text{out_average}}$$

ここで、out_average は、入力高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の全てのピクセルの平均値であり、scale_factor は、高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の最大値および最小値に依存するスカラー値である請求項2の方法。

40

【請求項14】

scale_factor は、以下の式に従って計算され、

【数4】

$$\text{scale_factor} = \log_{10} \frac{\text{HDR_max}}{(\text{HDR_min} + 10^{-6})}$$

ここで、HDR_max および HDR_min は、高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の最大値および最小値である請求項13の方法。

【請求項15】

符号化された残余データと高ダイナミックレンジ画像データの再構成のステップにおい

50

て復号化された低ダイナミック画像とに付加するために、第 1 の符号ストリームにおいて、 10^{-5} より低いおよび好ましくは 10^{-7} に等しいパラメータ“ ”を符号化するステップをさらに含む請求項 1 から 14 のうちのいずれか 1 つの方法。

【請求項 16】

残余データは、対応する低ダイナミックレンジ画像データ (LDR*) がゼロに等しい場合、または対応する高ダイナミックレンジ画像データ (HDR*) がゼロに等しいかあるいはより小さい場合、1 に設定される請求項 1 から 15 のうちのいずれか 1 つの方法。

【請求項 17】

低ダイナミックレンジ (LDR) 画像データおよび修正された残余データの符号化は、同一の符号化手順を用いて実施される請求項 1 から 16 のうちのいずれか 1 つの方法。

10

【請求項 18】

入力が高ダイナミックレンジ (HDR) 画像データを受信するのに適し、かつ画像データ (HDR) の低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) を計算するよう構成され、第 1 の符号ストリームおよび残余符号ストリームを出力するために請求項 1 から 17 のいずれかの方法を実施するように構成されるエンコーダ (601)。

【請求項 19】

画像データを処理するための方法であって、前記方法は、

低ダイナミックレンジ画像データ (LDR) を含む第 1 の符号ストリームを受信することと、

高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の再構成のために残余データを含む残余符号ストリーム、第 1 の符号ストリームと同じ成分の数を含む残余符号ストリームを受信することと、

20

低ダイナミックレンジ画像データを復号化することと、

復号化された低ダイナミックレンジ画像データを範囲 [0, 1] にレンジマッピングする (D4a) ことと、

残余符号ストリームを復号化し、かつ残余データを抽出することと、

復号化された残余データを範囲 [0, 1] にレンジマッピングする (D9) ことと、

第 1 の符号ストリームにおいて含まれたパラメータにより定義されたガンマ曲線を使用して、レンジマッピングされ復号された残余データに、ガンマ修正 (D10) を適用することと、

30

\min_c および \max_c が第 1 の符号ストリームにおいて含まれる成分に依存するパラメータであって、ガンマ修正され復号化された残余データの各成分を \max_c と \min_c との差により乗算すること、またさらに、 \min_c をシフト加算することにより、ガンマ修正され復号化された残余データの各成分を範囲 [\min_c, \max_c] にスケールリングする (D11) ことと、

レンジマッピングされた低ダイナミックレンジ画像データおよびスケールリングされた残余データを使用して高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) を再構成する (D13) こととを含む方法。

【請求項 20】

高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の再構成は、レンジマッピングされた低ダイナミックレンジ画像データを、スケールリングされた残余データと第 1 の符号ストリームで提供されたパラメータとの和により除算することにより得られる請求項 19 の方法。

40

【請求項 21】

高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の再構成は、

第 1 の符号ストリームからパラメータを読み取ることと、

スケールリングされた残余データおよびパラメータの合計の第 1 の対数を計算することと、

レンジマッピングされた低ダイナミックレンジ画像データおよびパラメータの合計の第 2 の対数を計算することと、

第 2 の対数から第 1 の対数を減算することと、

第 2 の対数から第 1 の対数の減算の指数を計算することを含む請求項 19 の方法。

50

【請求項 22】

復号化された低ダイナミックレンジ画像データを線形化するためにガンマ曲線を適用することによって、レンジマッピングされた低ダイナミックレンジ画像データをガンマ修正する(D4b)ステップをさらに含む請求項19または20または21の方法。

【請求項 23】

高ダイナミックレンジ画像データの再構成の前に、レンジマッピングされガンマ変換された低ダイナミックレンジ画像データを空間変換する(D4c)ステップをさらに含む請求項22の方法。

【請求項 24】

パラメータ“ ”は 10^{-5} より小さく、好ましくは 10^{-7} に等しい請求項19から23のうちのいずれか1つの方法。

10

【請求項 25】

再構成された高ダイナミックレンジ画像データを第1の符号ストリームに含まれる露光パラメータにより除算する(D14)ステップをさらに含む請求項19から24のうちのいずれか1つの方法。

【請求項 26】

再構成された高ダイナミックレンジ画像データを第1の符号ストリームに含まれる露光パラメータにより乗算される(D14)ステップをさらに含む請求項19から24のうちのいずれか1つの方法。

【請求項 27】

入力で第1の符号ストリームおよび残余符号ストリームを受信するため、および請求項19から26のうちのいずれか1つにかかる方法に従った高ダイナミックレンジ画像データを再構成するために適用されるデコーダ(605)。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ビデオおよび画像のための符号化および復号化方法を改善する方法に関する。

特に、本発明は、高ダイナミックレンジビデオおよび画像データを符号化および復号化するための方法、コンピュータプログラム、および装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

ハードドライブ、フラッシュドライブ、CD、DVD、BLU-RAY(登録商標)などのようなコンピュータ記憶装置上にビデオおよび画像を格納するための様々な方法が存在する。特に、より多くのデータを含む傾向のある、高精細または高解像度の場合、特定のビデオセグメントまたは1つまたは複数の写真あるいはそれらグラフィック画像を格納するためにあまりにも多くの記憶スペースを使用することを避けるために、格納する前にビデオまたは画像を構成するデータを圧縮することは、通常好ましい。

【0003】

特許文献1は、HDR画像をクランプすることによって低ダイナミックレンジ(LDR)画像を生成する、高ダイナミックレンジ(HDR)画像を処理する方法を開示している。特許文献1の“第5の方法”として開示されている方法は、また、オリジナルのHDR画像のそれぞれのRGB成分で、LDR画像の各RGB成分を除算することによって、LDR画像の部分色表現(FCフレームと呼ばれる)を生成している。LDR画像とFCフレームの両方は、別々に圧縮される。このようにして、LDR画像およびFCフレームを送るデータファイルは、(LDR画像のみを復号する)レガシーデコーダによって、また、FCフレームを使用して、HDR画像を再構成可能な新しいデコーダによって、復号化することができる。特許文献1は、またFCフレームを修正するためのスケーリングおよび/またはガンマを開示している。これらのスケーリングおよびガンマ補正の詳細は、与えられていない。例えば、特許文献1は、スケーリングが、定義されていない“f”

40

50

係数を乗じて得られることを開示している。

【 0 0 0 4 】

実際上ではあるが、特許文献 1 から知られる方法は、LDR 画像が HDR 画像をクランプすることによって得られる場合のみうまく動作する。別の方法で LDR 画像が得られる場合、その方法は正しく動作しない。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 米国特許 8,462,194 号明細書

【 非特許文献 】

10

【 0 0 0 6 】

【 非特許文献 1 】 F. Drago, K. Myszkowski, T. Annen, and N. Chiba, "Adaptive Logarithmic Mapping For Displaying High Contrast Scenes," Computer Graphics Forum, vol. 22, no. 3, pp. 419-426, Sept. 2003.

【 非特許文献 2 】 E. Reinhard, M. Stark, P. Shirley, and J. Ferwerda, "Photographic tone reproduction for digital images," ACM Trans. on Graph., vol. 21, no. 3, p. 267, July 2002.

【 非特許文献 3 】 Z. Mai, H. Mansour, R. Mantiuk, P. Nasiopoulos, R. Ward, and W. Heidrich, "Optimizing a tone curve for backward-compatible high dynamic range image and video compression," IEEE Trans. Image Processing, vol. 20, no. 6, pp. 1558-1571, June 2011.

20

【 非特許文献 4 】 R. Mantiuk, K. Myszkowski, and H. Seidel, "A perceptual framework for contrast processing of high dynamic range images," ACM Trans. Applied Perception, vol. 3, no. 3, pp. 286-308, July 2006.

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記の従来 of 符号化方法および復号化方法の問題点を解決するためになされたものである。

【 0 0 0 8 】

30

本発明は、圧縮および記憶を可能にするビデオおよび画像を符号化するための方法を提供する。本発明は、また JPEG, PNG, MPEG, HEVC, H264 などに限定されるものではないが、既存のまたはレガシーのデコーダを使用して、格納されたビデオまたは画像を再現する復号化のための方法を提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本発明は、高ダイナミックレンジ (HDR) ビデオまたは画像を、符号化、格納および復号化するための方法の一実施形態では、HDR ビデオまたは画像およびその低ダイナミックレンジバージョン (LDR) を提供すること、ビデオまたは画像データをベースレイヤおよび HDR 残余レイヤに分離すること、ベースレイヤおよび HDR 残余レイヤをエンコードで符号化することを含む。復号化処理も含まれている。

40

【 0 0 1 0 】

一実施形態では、本発明は、高ダイナミックレンジビデオまたは画像データ (HDR) および高ダイナミックレンジ画像データ (HDR) の低ダイナミックレンジビデオまたは画像データ (LDR) を提供することを含む、ビデオまたは画像データを処理するための方法を提供する。低ダイナミックレンジ画像データは、好ましくは、JPEG または MPEG のようなレガシーのビデオまたは画像エンコードを用いて、第 1 の符号ストリームに符号化される。その方法は、また画像データの成分および低ダイナミックレンジ画像データの対応する成分を選択し、低ダイナミックレンジデータの成分を高ダイナミックレンジ画像データの成分で除算することによって選択された成分の残余データを計算することを提

50

供する。その後、残余データは、0と1との間に含まれる値の範囲でスケーリングされ、残余符号ストリームに符号化される。

【0011】

符号化の前に0 - 1の範囲に残余データをスケーリングすることは、HDR画像からLDR画像を得るため使用される方法から独立して適切に動作する符号化方法を可能にする。LDR画像は、HDR画像をクランプするか、またはそれをトーンマッピングすることによって得ることができる。両方の方法において、スケーリングの提供は、復号化フェーズにおける適切なHDR再構成のための残余データのよりよい符号化を可能にする。

【0012】

一実施形態では、低ダイナミックレンジ画像データ(LDR)は、高ダイナミックレンジ画像データ(HDR)をトーンマッピングすることによって、また、LDRディスプレイ上での視覚化の準備ができていて適切な下位互換性LDR画像データを得るために、トーンマップ画像データにガンマ曲線を適用することによって得られる。本実施形態では、残余データを計算するために、低ダイナミックレンジ画像データは、線形化される。これは、トーンマップ画像データに適用されたガンマ曲線の逆数で補正されることを意味する。

10

【0013】

この解決策は、線形空間で表現される2つのビデオフレームまたは画像を処理することによって、残余データの計算を可能にする。

【0014】

好ましくは、符号化方法は、余りにもゼロに近い残余データを増加させるさらなるガンマ曲線、例えば、べき乗関数を適用することによって、スケーリングされた残余データを補正することも提供する。

20

【0015】

この解決法は、残余データの大部分がダイナミックレンジ(ゼロに近い値)のダークサイドに落ち、HDR画像を正しく再構成することが困難になるのでなければ、符号化を改善する。

【0016】

他の実施形態では、低ダイナミックレンジ画像データ(LDR)および高ダイナミックレンジ画像データ(HDR)は、異なる色空間で表される。本実施形態では、さらに、本方法は、高ダイナミックレンジ画像データの色空間における低ダイナミックレンジ画像データを変換し、高ダイナミックレンジ画像データの成分により変換された低ダイナミックレンジ画像データの成分を除算することにより選択された成分の残余データを計算することを提供する。

30

【0017】

空間変換が残余データを計算するために実施された場合、残余データは、スケーリングされてガンマ補正される前に低ダイナミックレンジ画像データの色空間で変換されてもよいし、変換されなくてもよい。

【0018】

一実施形態では、さらに、本方法は、残余データを計算する前に、高ダイナミックレンジ画像データを露光し、残余データの計算のために露光された高ダイナミックレンジ画像データを使用することを提供する。

40

【0019】

高ダイナミックレンジ画像データを露光することにより、そのダイナミックレンジの低い部分における残余データの符号化は、改善される。

【0020】

本発明は、また、上述し、かつ以下の説明によりよく開示された方法に従い、レガシー符号ストリームおよび残余符号ストリームにそれぞれLDRおよびHDR画像を符号化するエンコーダを含む。

【0021】

50

本発明は、また、レガシー符号ストリームおよび残余符号ストリームからHDR画像を再構成するのに適した復号化方法およびデコーダを含む。

【0022】

本発明のさらなる特徴および利点は、添付の図面と併せて、その好ましい実施形態の以下の詳細な説明を検討することから明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の符号化処理の概略図である。

【図2】図1の代わりに符号化処理の概略図である。

【図3】ブロックE4を省略した、図1の符号化処理の概略図である。

【図4】本発明の復号化処理の他の実施形態の概略図である。

【図5】図1の代わりに符号化処理の概略図である。

【図6】画像を処理するシステムを示す。

【発明を実施するための形態】

【0024】

本発明は、様々な変更および代替形態が可能であるが、いくつかの好ましい実施形態が図面に示されており、以下に詳細に説明する。しかしながら、本発明開示された特定の実施形態に限定する意図はなく、逆に、本発明の意図は、請求項に定義される本発明の範囲内に入る全ての修正形態、代替形態、および均等物を含むことを理解すべきである。

【0025】

”例えば”、”例”、”または”、および”のような”の使用は、他に定義されていない限り制限なく非排他的な選択肢を示す。”含む”の使用は、他に定義されていない限り”含む、がこれに限定されない”ことを意味する。

【0026】

高ダイナミックレンジ（略語、HDR）画像という用語は、色チャンネルごとに8ビット以上を使用して成分が表される画像または画像データを識別するために使用される。

【0027】

低ダイナミックレンジ（略語、LDR）画像という用語は、対応するHDR画像と比較して、色チャンネルあたりのビット数を少なくして、成分が表される画像または画像データを識別するために使用される。

【0028】

ここで、図6を参照して、本発明による画像処理システムを説明する。

【0029】

処理システム600は、HDR画像602を符号化するためのエンコーダ601を備える。

【0030】

エンコーダ601は、HDR画像602およびHDR画像602をトーンマッピングまたは露光およびクランプすることによって得られた低ダイナミックレンジ（LDR）画像データ602aを入力として受け取る。

【0031】

一実施形態では、エンコーダ601は、入力としてHDR画像602のみを受け取り、HDR画像602からLDR画像602aを生成するように構成される。

【0032】

エンコーダ601は、HDRおよびHDR画像（602, 602a）を処理し、符号化されたLDR画像（好ましくはLDR画像602aに対応する）を含むレガシー符号ストリーム603、および、符号化されたLDR画像と組み合わせて、HDR画像を再構成するために、使用することができる残余データを含む残余符号ストリーム604を出力する。

【0033】

HDR画像をレガシー符号ストリームおよび残余符号ストリームに処理するために、工

10

20

30

40

50

ンコーダ 601 は、図 1 から 3 および 5 の非限定的な例に関して以下に説明する符号化方法を実施するための電子回路を備える。

【0034】

処理システム 600 は、また、例えば、図 4 を参照して、以下の説明において説明されるような復号処理を実施するように構成されたデコーダ 605 を備える。

【0035】

デコーダ 605 は、レガシー符号ストリーム 603 および残余符号ストリーム 604 を入力として受け取り、オリジナルの HDR 画像 602 に対応する HDR 画像 606 を出力する。

【0036】

符号化

本発明の符号化処理は、HDR 画像をベースレイヤおよび HDR 残余レイヤに分解する。ベースレイヤは、露光されクランプされたバージョンまたはオリジナルの浮動小数点 HDR 画像から導かれたトーンマップバージョンのいずれかである低ダイナミックレンジ (LDR) 画像である。

【0037】

LDR 画像は、符号化された HDR 画像の下位互換性のある部分であり、全てのレガシーデコーダによりアクセス可能となる、レガシー符号ストリームに符号化される。レガシーデコーダは、JPEG, PNG, MPEG, HEVC, H264 などに限定されるものではないが、既存の標準のデコーダ処理である。一例として、レガシーデコーダは、8 ビット拡張またはベースライン、拡張またはプログレッシブハフマンモードをサポートする ISO/IEC 18477-1 でありうる。

【0038】

HDR 残余レイヤは、RGB 空間でチャンネル毎に実行されたオリジナルの HDR 画像 (露光ステップ E10 の後) により除算されたトーンマッピングされた LDR 画像の端数部分を含む。HDR 残余レイヤは、残余データ符号ストリームに符号化される。

【0039】

残余符号ストリームのヘッダーにシグナリングされる成分の数 (N_c) は、レガシー符号ストリームにおける成分の数と同一でなければならない。

【0040】

$N_c = 3$ は、3 つの色成分を有する画像を示し、 $N_c = 1$ は、簡略化のために、文書全体を通じて Y として示される、グレー画像を示す。

【0041】

符号化処理は、図 1 に示される。この処理は、独立した画像 (例えば、ピクチャー) またはビデオのフレームであり得る画像または画像データに適用することができる。

【0042】

図 1 の実施形態では、符号化処理は、線形 HDR 画像 (ブロック E9) およびその LDR 対応物 (ブロック E1) の 2 つの画像を入力とする。

【0043】

一実施形態では、LDR 画像は、HDR 画像のトーンマッピングによって生成される。すなわち、LDR 画像は、本明細書に載せてある非特許文献 1 - 4 に記述されてあるような周知のトーンマッピングアルゴリズム適用することによって得られる。あるいは、LDR 画像は、他の方法 (例えば、HDR 画像を露光しクランプすることによって、またはカラーグレーディングおよびトーン調整処理によって) で HDR 画像から得ることができ、LDR 画像のダイナミックレンジが HDR 画像のダイナミックレンジより低いことが提供される。

【0044】

図 1 の実施形態では、LDR 画像が入力として取られるが、一実施形態では、LDR 画像の生成 (トーンマッピングまたはクランプまたは他の方法による) は、符号化方法のステップでありうる。したがって、LDR 画像の生成は、ただの HDR 画像から始まり、そ

10

20

30

40

50

の後、入力HDR画像から関係のあるLDR画像を生成する。

【0045】

符号化処理は、デコーダによりHDR画像の再構成に必要となるLDR画像および残余データを符号化するために提供される。

【0046】

図1では、E1からE18のブロックを備える上側のパスは、LDR画像の符号化処理である。

【0047】

以下でよりよく説明するように、1つの好ましい実施形態では、(ブロックE2, E2a, およびE3を備える)処理ブロック11および(ブロックE4, E5, およびE6を備える)処理ブロック12は、逆動作を実行するので、LDR画像を符号化する唯一の目的のために、図2を省略することができ、LDR画像は、レガシーエンコーダ10に直接入力として渡される。処理ブロック11は、残余データを計算する目的で、図2に残される。

10

【0048】

レガシーエンコーダ10は、JPEG, PNG, MPEG, HEVC, H246または他のタイプのレガシーエンコーダであってもよい。図1の例では、レガシーエンコーダ10は、入力RGB画像がRGBからYCbCrへの色空間変換を受け、次いでクロマダウンサンプリングを受ける処理を備える。この処理の後、LDR画像は、例えば、JPEG, PNG, MPEG, HEVC, H246または他のコーデックなどのレガシーコーデック(ブロックE18)に入力として渡される。入力画像およびレガシーコーデックのタイプに基づいて、レガシーデコーダ内の前処理ステップが異なる可能性がある。

20

【0049】

以下の例示的な実施形態では、LDR画像は、Nc = 3の場合、

【数1】

$$\text{ldr_RGB} = \begin{bmatrix} \text{ldr_R} \\ \text{ldr_G} \\ \text{ldr_B} \end{bmatrix}$$

または、

グレースケール画像(Nc = 1)の場合に、I dr __ Yとして、表示される。

30

したがって、I dr __ RGBは、I dr __ R(赤), I dr __ G(緑), およびI dr __ B(青)の3つの色成分を備える。

【0050】

図1に戻ると、LDR画像は、圧縮されていない画像であり、例えば、8ビットチャンネルで表される、例えば、. png, . ppmまたは. bmp画像であり、各成分(例えば、赤、緑および青または輝度成分Y)が0から255の範囲の値で表すことができることを意味する。

【0051】

ブロックE2は、RGBトーンマッピング画像I dr __ RGB(または、Nc = 1の場合、I dr __ Y)を[0, 1]にフロートするために変換する。これは、各成分を255で除算することを意味する。したがって、ブロックE2の出力は、

40

Nc = 3の場合、

【数2】

$$\text{base_ldr_RGB} = \begin{bmatrix} \text{base_R} \\ \text{base_G} \\ \text{base_B} \end{bmatrix} = \frac{1}{255} \cdot \begin{bmatrix} \text{ldr_R} \\ \text{ldr_G} \\ \text{ldr_B} \end{bmatrix}$$

(1a)

または、

Nc = 1の場合、

【数 3】

$$\text{base_Y} = \frac{1}{255} \cdot \text{ldr_Y}$$

(1 b)

である。

これは以下のコードで得られる。

【 0 0 5 2 】

【表 1】

```
if (Nc == 1) {
```

```
    base_Y = ldr_Y / 255.0;
```

```
} else if (Nc == 3) {
```

```
    base_R = ldr_R / 255.0;
```

```
    base_G = ldr_G / 255.0;
```

```
    base_B = ldr_B / 255.0;
```

```
}
```

10

20

他のレンジマッピング方法を用いることができる。

【 0 0 5 3 】

ブロック E 2 a は、オプションであり、入力 L D R 画像が線形でない場合に用いられる。この場合、L D R 画像信号を線形化する必要がある。これは、例えば、これに限定されるものではないが、単純なべき乗関数または s R G B ガンマまたはルックアップテーブルを使用して、ガンマ演算で実行される。ガンマ曲線は、L D R 画像の生成処理中に適用されるガンマ曲線の逆数でなければならない。一例として、L D R 画像が H D R 画像にトーンマッピングアルゴリズムを適用して得られる場合、またトーンマッピングアルゴリズムが非線形ガンマ曲線、例えば、 x が R , G または B 成分および $1 / 2 . 2$ がガンマ補正である $= x^{1/2 \cdot 2}$ を適用する場合、ブロック E 2 a は、各成分に対して逆ガンマ曲線 $^{-1}$ $= x^{2 \cdot 2}$ を適用する。

30

【 0 0 5 4 】

ブロック E 3 は、L D R 画像を H D R 画像の色空間に変換するために使用される。これは、L D R 入力画像のより小さな色空間を H D R 入力画像のより広い色空間に変換する 3×3 行列を含む。

【 0 0 5 5 】

したがって、数学的な観点から、空間変換は次の式で表される。

【 0 0 5 6 】

N c = 3 に対して、

$$\text{wide_ldr_RGB} = H \cdot \text{base_ldr_RGB}$$

40

(2)

ここで、空間変換行列は、

【数 4】

$$H = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{bmatrix}$$

【 0 0 5 7 】

これは、以下のコードで得られる。

【 0 0 5 8 】

【表 2】

```

if (Nc == 1) {
    wide_Y = base_Y;
} else if (Nc == 3) {
    wide_R = a_1 * base_R + a_2 * base_G + a_3 * base_B;
    wide_G = a_4 * base_R + a_5 * base_G + a_6 * base_B;
    wide_B = a_7 * base_R + a_8 * base_G + a_9 * base_B;
}

```

10

【0059】

係数 a_{i} (a_{1} から a_{9}) は、色空間変換のための行列要素である。

【0060】

このステップ E3 は、もし 2 つの入力画像 (LDR および HDR) が 2 つの異なる色空間で、例えば、これに限定されるものではないが、表現されるのであれば、必要とされ、LDR 画像は、sRGB 色空間で表現され、HDR 画像は、XYZ 色空間で表現される。他の色空間は、BT2020, BT709 など、これに限定されるものではないが、HDR 画像を表すために使用することができる。

20

【0061】

両方の画像が同じ色空間で表現される場合、この行列は、同一行列であるか、またはステップ E3 はスキップされる。

【0062】

残余データ (以下、 $Nc = 1$ の場合、行列 res_Y により、または $Nc = 3$ の場合、 res_RGB により表される) は、ブロック E3 (LDR*) の出力をブロック E10 (HDR*) の出力で除算することにより得られる。ブロック E10 の出力 ($Nc = 1$ の場合、 exp_Y 、または $Nc = 3$ の場合、 exp_RGB) は、露光ステップ後の入力 HDR 画像である。

【0063】

したがって、残余データは、HDR および LDR 画像と同じ数の成分を有する残余画像として構成される。残余画像の各成分の値は、LDR 画像成分の値を、対応する HDR 画像成分のそれぞれの値で除算することにより得られる。上記の表記を使用して、次の式が適用される。

30

【0064】

$Nc = 3$ に対して、

$$Res_RGB = wide_Idr_RGB / exp_RGB \quad (3a)$$

【0065】

$Nc = 1$ に対して、

$$Res_Y = wide_Idr_Y / exp_Y \quad (3b)$$

40

【0066】

残余データは、以下のコードにより得られる。

【0067】

【表 3】

```

if ( Nc == 1 ) {
    res_Y = wide_Y/exp_Y;
} else if ( Nc == 3 ) {
    res_R = wide_R/exp_R;
    res_G = wide_G/exp_G;
    res_B = wide_B/exp_B;
}

```

10

【 0 0 6 8 】

入力 HDR 画像に適用される露光は、入力 HDR 画像情報に基づいて計算される。特に、ブロック E 1 0 において、入力 HDR 画像の各成分は、以下の式に従って計算されたスカラー値 " exposure " によって乗算される。

【数 5】

$$\text{exposure} = \frac{\text{scale_factor}}{\text{out_average}}$$

20

(4)

【 0 0 6 9 】

ここで、out__average は、入力 HDR 画像の全ピクセルの平均値であり、scale__factor は、露光の大きさを定義し、以下の式に従って計算される。

【数 6】

$$\text{scale_factor} = \log_{10} \frac{\text{HDR_max}}{(\text{HDR_min} + 10^{-6})}$$

(5)

【 0 0 7 0 】

HDR__max および HDR__min は、入力 HDR 画像の最大値および最小値である。ソフトウェアの観点から、演算 (2) が不確定な値 (例えば、Mathlab 言語の Not - A - Number 値) になった場合、scale__factor は、1 になる。好ましくは、" exposure " の最大値は、8 に設定される。したがって、演算 (4) の値が 8 より大きい値である場合、" exposure " は、8 に設定される。

30

【 0 0 7 1 】

一実施形態では、さらに本方法は、LDR * 画像のピクセル値がゼロまたは HDR * 画像の値が 0 以下である場合に、残余データの値を 1 に設定することを提供する。

【 0 0 7 2 】

入力 HDR 画像のカラーピクセルの負の値は、全ての HDR 画像ピクセル値、または HDR 画像を取得するカメラにリンクされている他の現象を正しく表現できない色空間が原因である可能性がある。いずれにしても、残余を 1 にすることは、復号化フェーズにおける HDR 画像のより良好な再構成を可能にする。

40

【 0 0 7 3 】

他の実施形態では、HDR 画像が 0 以下の色値を有するピクセルを含む場合、この方法は、HDR 画像が全て 0 より大きいか等しい値を有する、より大きな色空間への HDR 画像のさらなる空間変換を提供する。

【 0 0 7 4 】

2 つの入力画像 (LDR および HDR) が 2 つの異なる色空間で表される場合、一実施形態では、残余データは、LDR 画像の色空間で計算される。

50

【 0 0 7 5 】

図 1 を参照すると、ブロック E 3 は、H D R 画像の色空間で L D R 画像を変換するために使用されているので、残余データは、H D R 画像の色空間で計算される。ゆえに、ブロック E 1 1 は、L D R 画像およびレガシーエンコーダ 1 0 の色空間へ残余データを変換するために使用される。

【 0 0 7 6 】

したがって、ブロック E 1 1 の出力は、
N c = 3 に対して、

【 数 7 】

$$\text{res_RGB}' = \text{res_RGB} \cdot H^{-1}$$

(6 a)

N c = 1 に対して、

【 数 8 】

$$\text{res_Y}' = \text{res_Y}$$

(6 b)

【 0 0 7 7 】

このブロックのオプションの使用は、圧縮処理の品質性能にわずかに影響する。

【 0 0 7 8 】

ブロック E 1 1 は、以下のコードにより実施することができる。

【 0 0 7 9 】

【 表 4 】

```
if (Nc == 1) {
```

```
    res_Y' = res_Y;
```

```
} else if (Nc == 3) {
```

```
    res_R' = inva_1 * res_R + inva_2 * res_G + inva_3 * res_B;
```

```
    res_G' = inva_4 * res_R + inva_5 * res_G + inva_6 * res_B;
```

```
    res_B' = inva_7 * res_R + inva_8 * res_G + inva_9 * res_B;
```

```
}
```

【 0 0 8 0 】

ここで、係数 $i n v a _ i$ は、ブロック E 3 で使用される行列 H の逆行列である行列要素 H^{-1} である。このブロックを使用しない場合、同一の 3×3 行列が使用されるが、このステップはスキップされる。後者の場合、ブロック E 1 1 への入力は、N c = 3 の場合、 $r e s _ _ R G B$ であり、N c = 1 の場合、 $r e s _ _ Y$ である。

【 0 0 8 1 】

ブロック E 1 1 の出力は、ブロック E 1 2 を介して範囲 [0 , 1] の間にスケーリングされる。したがって、ブロック E 1 2 の出力は、0 から 1 の範囲の値を有する残余データ (N c = 3 に対して、 $r e s _ _ R G B$ にスケーリングされ、N c = 1 に対して、 $r e s _ _ Y$ にスケーリングされる) である。

【 0 0 8 2 】

範囲 [0 , 1] の間の残余データのスケールリングは、各成分からその成分の最小値を減算し、減算の結果を、成分の最大値と最小値との差で除算することにより得られる。例えば、次の通りである。

$$s c a l e d _ _ Y = (r e s _ _ Y ' - m i n Y ') / (m a x Y ' - m i n Y ') \quad (7)$$

【 0 0 8 3 】

10

20

30

40

50

スケーリングの例は、以下のコードにより実施できる。

【 0 0 8 4 】

【 表 5 】

```
if (Nc == 1){
    scaled_Y = (res_Y' - minY')/(maxY' - minY');
}
else if (Nc == 3) {
    scaled_R = (res_R' - minR')/(maxR' - minR');
    scaled_G = (res_G' - minG')/(maxG' - minG');
    scaled_B = (res_B' - minB')/(maxB' - minB');
}
```

10

【 0 0 8 5 】

ここで、scaled__R, scaled__G, および scaled__B は、scaled__res__RGB の成分であり、scaled__Y は、scaled__res__Y の成分であり、maxRGB' および minRGB' は、res__RGB' 画像の最大値および最小値 R, G, および B の値である。Nc = 1 の場合、maxY' および minY' は、res__Y' 画像の最大値および最小値である。他のタイプのスケーリングも使用できる。

20

【 0 0 8 6 】

残余データがブロック E 1 2 でスケーリングされた後、次のブロック E 1 3 においてガンマ補正が適用される。

【 0 0 8 7 】

ブロック E 1 3 は、0 と 1 との間で残余データをより良く分配し、また符号化中にゼロに近い小さな値が、ゼロに量子化されないようにガンマ演算を記述する。

【 0 0 8 8 】

一実施形態では、ブロック E 1 3 では、入力スケーリングされた残余データの各成分は、以下の式に従ってべき乗によって乗算される。

30

【 数 9 】

$$\text{gamma_res}_i = (\text{scaled}_i)^{\frac{1}{\text{hdr_gamma}}}$$

(8)

【 0 0 8 9 】

ここで、gamma__res_i は、残余データ画像 gamma__res__Y (Nc = 1 の場合)、または gamma__res__RGB (Nc = 3 の場合) の出力成分である。ここで、scaled_i は、ブロック E 1 2 によりスケーリングされた残余データの成分を示し、ここで、hdr__gamma は、好ましくは、1 より大きい。そのため、値

40

【 数 1 0 】

$$\text{scaled}_B^{\text{hdr_gamma}}$$

を計算する際に、より低い値が増加する。

【 0 0 9 0 】

一実施形態では、hdr__gamma は、以下の式に従って計算される。

【 数 1 1 】

$$\text{hdr_gamma} = \frac{\log(\text{min_value})}{\log(0,5)}$$

50

(9)

ここで、

【数 1 2】

$$\text{min_value} = \frac{1}{\text{max_HDR}}$$

(1 0)

【 0 0 9 1 】

ここで、max_HDR は、入力 HDR 画像の最大ピクセル値である。

【 0 0 9 2 】

10

ブロック E 1 3 の出力 (Nc = 1 に対する、gamma_res_Y、Nc = 3 に対する、gamma_res_RGB) は、以下のコードにより得られる。

【 0 0 9 3 】

【表 6】

```
if (Nc == 1) {
```

```
    gamma_Y = power(scaled_Y, 1.0/hdr_gamma);
```

```
} else if (Nc == 3) {
```

20

```
    gamma_R = power(scaled_R, 1.0/ hdr_gamma);
```

```
    gamma_G = power(scaled_G, 1.0/ hdr_gamma);
```

```
    gamma_B = power(scaled_B, 1.0/ hdr_gamma);
```

```
}
```

【 0 0 9 4 】

ここで、gamma_R、gamma_G、gamma_B は、gamma_res_RGB の成分である。gamma_Y は、gamma_res_Y の成分である。power(x, y) は、x^y の値を出力する関数であり、hdr_gamma は、例えば、式 (1 0) に従って、入力 HDR 画像に含まれる情報に基づいて計算される。

30

【 0 0 9 5 】

ブロック E 1 4 は、例えば、浮動小数点を 2 5 5 で乗算した後整数に丸めることにより、フロート [0 , 1] 残余データを [0 , 2 5 5] に変換する。これはまさにブロック E 2 の逆であり以下のコードにより得られる。

【 0 0 9 6 】

【表 7】

```
if (Nc==1) {
```

```
    int_Y=gamma_Y * 255.0;
```

40

```
} else if (Nc==3) {
```

```
    int_R=gamma_R * 255.0;
```

```
    int_G=gamma_G * 255.0;
```

```
    int_B=gamma_B * 255.0;
```

```
}
```

ここで、int_B、int_G、int_R、int_Y は、整数を含む。

【 0 0 9 7 】

この場合にも、異なる逆レンジマッピングが使用できる。好ましくは、ブロック E 1 4

50

の逆レンジマッピングは、ブロック E 2 に適用されたレンジマッピングの逆である。

【 0 0 9 8 】

ブロック E 1 4 の後、残余データは、ブロック E 1 5 および E 1 6 で処理され、データは、レガシーエンコーダ、例えば、J P E G コーデック、または非レガシーコーデックのいずれかでありうる、エンコーダブロック E 1 7 により要求されるフォーマットに整えられる。

【 0 0 9 9 】

図 1 の例では、ブロック E 1 7 で使用されるコーデックは、メモリを節約し符号化処理を単純化するためにブロック E 1 8 で使用されるコーデックと同じである。以下では、ブロック E 1 7 の出力は、H D R 画像を再構成するのに必要な残余データ（または“残余画像”）を含むことを示すために“残余符号ストリーム”と名付けられる。

10

【 0 1 0 0 】

ブロック E 1 5 は、残余データの色空間からレガシーエンコーダに特定された Y C b C r への色空間変換を実行する。その出力は、N c = 1 の場合は、r c _ Y の 1 つの値、N c = 3 の場合は、r c _ R , r c _ G , r c _ B の 3 つの値のいずれかである。

【 0 1 0 1 】

ブロック E 1 6 は、N c = 1 の場合、データ r c _ Y、N c = 3 の場合、データ r c _ R r c _ G r c _ B に、レガシーエンコーダ E 1 7 で特定されるようにクロマダウンサンプリングを実行する。その出力は、N c = 1 の場合、1 つの値 r d _ Y、または N c = 3 の場合、r d _ R , r d _ G , r d _ B 3 つの値のいずれかである。最後に、ブロック E 1 6 の出力は、ブロック E 1 7 のコーデックを使用して圧縮され、残余符号化データを出力に与える。

20

【 0 1 0 2 】

上記のように、L D R ベース画像は、レガシーエンコーダ 1 0 を使用して符号化される。

【 0 1 0 3 】

図 1 の実施形態では、ブロック処理ブロック 1 1 において L D R 画像が処理されているので、レガシー符号ストリームを出力するために、L D R * から L D R に戻る必要がある。したがって、符号化されたトーンマッピングされた後方互換性のある画像 L D R は、ブロック E 4 からブロック E 1 8 へ設計されたステップに従って L D R * から得られる。

30

【 0 1 0 4 】

ブロック E 3 が存在する場合、ブロック E 4 は存在する。その範囲は、これに限定されるものではないが、L D R * が X Y Z 色空間であり L D R が R G B である場合、E 3 が X Y Z から R G B へ変換するように、トーンマッピングされた (L D R) 画像をそのオリジナルの色空間へ再変換することである。ブロック E 4 は、図 3 の方式が使用される場合、ブロック E 4 はスキップすることができる。この場合、図 3 に示すように、ブロック E 2 および E 2 a の後に、ブロック E 5 の入力として、トーンマッピングされた (L D R) 入力画像を直接与える。

【 0 1 0 5 】

したがって、ブロック E 4 の出力は、以下の画像である。

40

N c = 3 の場合、l i n b a s e _ R G B = L D R * H ⁻¹、または

N c = 1 の場合、l i n b a s e _ Y = L D R *、または

ここで、H ⁻¹ は、ブロック E 3 で使用される色空間変換行列 H の逆行列である。

【 0 1 0 6 】

l i n b a s e _ R G B または l i n b a s e _ Y 画像は、以下のコードにより得られる。

【 0 1 0 7 】

【表 8】

```

if (Nc == 1) {
    linbase_Y = wide_Y;
} else if (Nc == 3) {
    linbase_R = inva_1 * wide_R + inva_2 * wide_G + inva_3 * wide_B;
    linbase_G = inva_4 * wide_R + inva_5 * wide_G + inva_6 * wide_B;
    linbase_B = inva_7 * wide_R + inva_8 * wide_G + inva_9 * wide_B;
}

```

10

3 × 3 行列は、係数 $inva_i$ を有するブロック E 1 1 で使用される逆行列 H^{-1} が使用される。

【0108】

ブロック E 5 は、LDR 画像に対してガンマ演算を実行する。この動作は、LDR 画像信号の視覚化の目的のためのみである。好ましい実施形態では、ブロック E 5 は、ブロック E 2 a の逆動作を実行する。ブロック E 5 の出力は、その後、フロート [0 , 1] から整数 [0 , 255] に変換される。この動作 (ブロック E 6) は、ブロック E 2 の逆である。

20

【0109】

ブロック E 7 および E 8 の最終ステップは、ブロック E 1 5 および E 1 6 のものと同一であるが、ブロック E 6 の出力に適用される。最後に、ブロック E 8 の出力は、ブロック E 1 8 でレガシーコーデックにより符号化され、符号化された後方互換性のある LDR 画像 (トーンマッピングされた) を出力に与える。

【0110】

本発明の一実施形態によれば、HDR 画像の正しい再構成を可能にするために、レガシー符号ストリームは、以下のメタデータを含む。

- ・ブロック E 1 3 の残余データのガンマ補正のために使用された hdr_gamma 値およびガンマ曲線のタイプ

30

- ・残余データのスケーリングのために使用された $minRGB$ および $maxRGB$ (または、 $Nc = 1$ の場合の $minY$ および $maxY$)

- ・符号化に使用される空間変換を表すデータ (すなわち、ブロック E 3 および E 1 1 が使用される場合、表すデータ)

- ・露光パラメータ " $param_expval$ "

- ・HDR 画像の再構成のために使用されるパラメータ " " 。このパラメータは、好ましくは、 10^{-7} に設定される。

- ・ hdr_gamma 値およびブロック E 2 a で画像 LDR ガンマ補正のために使用されるガンマ曲線のタイプ

40

【0111】

復号化

復号化処理は、HDR 画像を復元するために、レガシー符号ストリーム (ベース画像、LDR を含む) および残余符号ストリームのデータを組み合わせる。このマージ処理の詳細は、ビデオまたは単純なピクチャーのフレームであり得る画像の復号化を参照して以下に概説される。

【0112】

図 4 では、ブロック D 1 , D 2 , D 3 を含む上側の経路は、レガシー符号ストリームを入力として受け取り、特定の色空間、すなわち、図 4 の実施形態である sRGB 色空間で、後方互換性のある LDR 画像を出力するレガシーデコーダの標準的なフローである。

【0113】

50

次に、データは、ブロック D 4 により処理され、続いてフロートにマッピング（ブロック D 4 a）が、逆ガンマ動作（ブロック D 4 b）および場合によって空間変換（ブロック D 4 c）により実行される。したがって、ブロック D 4 は、ベース画像を線形浮動小数点空間にマッピングし、線形 R r e R G B 値を出力する。

【 0 1 1 4 】

残余画像の成分数 N_c は、レガシー画像においてシグナリングされた成分の数と等しくなければならない。

【 0 1 1 5 】

ブロック E 2 について説明したのと同じ方法で、L D R 画像の各ピクセル値を 2 5 5 で除算することによって、フロート [0 , 1] へのレンジマッピングは得られる。これは、

10

【 0 1 1 6 】

【表 9】

If ($N_c == 1$) {

$linbase_Y = Y / 255.0;$

} else if ($N_c == 3$) {

$linbase_R = R / 255.0;$

20

$linbase_G = G / 255.0;$

$linbase_B = B / 255.0;$

}

他のタイプのスケールリングも使用できる。

【 0 1 1 7 】

ブロック D 4 a により出力された浮動小数点画像を線形化するために、ブロック D 4 a において逆ガンマ補正は、ブロック D 4 a の出力に適用される。ブロック D 4 a において適用される逆ガンマ補正は、ブロック E 5 の逆である。ブロック D 4 b の出力は、 $N_c =$

30

$= 1$ の場合、1 つの値 LP_Y 、または $N_c = 3$ の場合、3 つの値 LP_R , LP_G , LP_B のいずれかを提供する。

【 0 1 1 8 】

ブロック E 3 が符号化に存在する場合、ブロック D 1 3 で処理される前の L D R ストリームは、色空間変換を記述する 3×3 行列（ブロック D 4 c）により乗算される。この行列の係数は、符号化ステップ E 3 において使用されるものと同一である。したがって、ブロック D 4 c を実施するためのコードは、以下ようになる。

【 0 1 1 9 】

【表 10】

If ($N_c == 1$) {

40

$LP_Y' = LP_Y;$

} else if ($N_c == 3$) {

$LP_R' = a_1 * LP_R + a_2 * LP_G + a_3 * LP_B;$

$LP_G' = a_4 * LP_R + a_5 * LP_G + a_6 * LP_B;$

$LP_B' = a_7 * LP_R + a_8 * LP_G + a_9 * LP_B;$

{

50

【 0 1 2 0 】

ブロック E 3 が符号化において存在しない場合、この 3×3 行列は、単位行列であるか、または、このステップは、復号化において省略される。

【 0 1 2 1 】

図 4 では、D 6 から始まる下側の経路は、残余データの処理に関連する。ブロック D 6 では、ブロック E 1 7 により生成された残余符号ストリームのデータは、それらを復号する標準コーデック（例えば、MPEG または JPEG または H 2 4 6 など）により処理される。復号化された後、残余データは、ブロック D 7 におけるクロマアップサンプリングを受ける。クロマアップサンプリングは、レガシーデコーダ（ブロック D 2）において実行されるアップサンプリング処理同じである。

10

【 0 1 2 2 】

ブロック D 8 は、その後、レガシーデコーダ（ブロック D 3）において特定される残余データの色空間へ YCbCr 変換を実行する。図 4 の実施形態では、残余データは、RGB へ変換される。その出力は、 $Nc == 1$ の場合、1 つの値 rc_Y 、または、 $Nc == 3$ の場合、3 つの値 rc_R 、 rc_G 、 rc_B のいずれかを提供する。

【 0 1 2 3 】

ブロック D 9 は、ブロック D 8 の RGB 出力を、浮動小数点 $[0, 1]$ にマッピングする。ブロック D 9 によって実行される動作は、ブロック D 4 において実行されるレンジマッピング動作に相当する。ブロック D 9 の出力は、 $Nc == 1$ の場合、1 つの値 rs_Y 、または、 $Nc == 3$ の場合、3 つの値 rs_R 、 rs_G 、 rs_B のいずれかを提供する。

20

【 0 1 2 4 】

ブロック D 9 の出力は、ブロック D 1 0 における逆ガンマ関数を受ける。ブロック D 1 0 は、ブロック D 9 の出力に、符号化中ブロック E 1 3 において使用されるガンマ関数の逆であるガンマ関数を適用する。

【 0 1 2 5 】

ブロック E 1 3 のべき乗ガンマ関数を参照すると、逆ガンマ関数は、ブロック D 9 により実行される逆ガンマ関数が以下のコードにより実施される。

【 0 1 2 6 】

【表 1 1】

30

```

if (Nc == 1) {
    rcig_Y = power(rs_Y, param_hdr_gamma);
} else if (Nc == 3) {
    rcig_R = power(rs_R, param_hdr_gamma);
    rcig_G = power(rs_G, param_hdr_gamma);
    rcig_B = power(rs_B, param_hdr_gamma);
}

```

40

パラメータ `param_hdr_gamma` は、符号化に使用され、残余符号ストリームのメタデータ (`hdr_gamma`) に格納されているものと同じである。

【 0 1 2 7 】

ブロック D 1 1 の目的は、オリジナルの残余画像を復元するためにあたいを再拡大することである。したがって、ブロック D 1 1 は、ブロック E 1 2 の逆関数を実行する。

【 0 1 2 8 】

ブロック D 1 1 により実行される関数は、以下のコードにより実施することができる。

【 0 1 2 9 】

50

【表 1 2】

```

if (Nc == 1){
    scaled_Y = rcig_Y * (maxY- minY) +minY;
}
else if (Nc == 3) {
    scaled_R = rcig_R * (maxR- minR) +minR;
    scaled_G = rcig_G * (maxG- minG) +minG;
    scaled_B = rcif_B * (maxB- minB) +minB;
}

```

10

ここで、 $minRGB$ および $maxRGB$ (または、 $Nc = 1$ の場合、 $minY$ および $maxY$) は、メタデータに格納され、ブロック E 1 2 の符号化において使用されるものと同じパラメータである。スケーリングの他のタイプが使用することができる。

【0 1 3 0】

ブロック D 1 2 は、オプションであり、符号化におけるブロック E 1 1 が実行された場合のみ実行される。ここで、残余データに対しても広い色域をサポートするために、色行列変換は適用される。この動作が符号化で行われていない場合、それはスキップされる。この行列は、符号化処理の標準色空間を HDR 入力画像のオリジナルの色空間へ変換する。

20

【0 1 3 1】

上記の符号化の例を参照すると、空間変換は空間変換行列 H^{-1} を使用してブロック E 1 1 で実行される。ブロック D 1 2 の出力で線形残余画像は、

$Nc = 3$ に対して、

$$LR_RGB = scaled_RGB \cdot H$$

$Nc = 1$ に対して、

$$LR_Y = scaled_Y$$

30

【0 1 3 2】

一実施形態によれば、ブロック D 1 2 は、以下のコードにより実施することができる。

【0 1 3 3】

【表 1 3】

```

if (Nc == 1) {
    LR_Y = scaled_Y;
}
else if (Nc == 3) {
    LR_R = a_1 * scaled_R + a_2 * scaled_G + a_3 * scaled_B;
    LR_G = a_4 * scaled_R + a_5 * scaled_G + a_6 * scaled_B;
    LR_B = a_7 * scaled_R + a_8 * scaled_G + a_9 * scaled_B;
}

```

40

【0 1 3 4】

ブロック D 1 2 の 3×3 行列は、ブロック E 1 1 における符号化処理において使用される一つ (H^{-1}) の逆行列である。

50

【 0 1 3 5 】

LDRベース画像および残余画像がブロックD4 - D12により処理された後、HDR再構成はブロックD13およびD14において実行される。D13とD14の両方は、除算である。

【 0 1 3 6 】

ブロックD13は、線形PreRGBを引き、それを浮動小数点でオリジナルHDRを与える線形残余RGBにより除算する。好ましい実施形態によれば、小さな値は、ゼロをによる除算を回避するために母数に加えられる。

【 0 1 3 7 】

ブロックD14は、オリジナルの露光に値を再構成するためにブロックD13の出力に逆露光を実行する。

【 0 1 3 8 】

一実施形態によれば、ブロックD13は、以下のコードにより実施される。

【 0 1 3 9 】

【表14】

```
//Block D13
```

```
if (Nc == 1) {
```

```
    preExp_Y = LP_Y' / (LR_Y + ε);
```

```
}else if (Nc == 3) {
```

```
    preExp_R = LP_R' / (LR_R + ε);
```

```
    preExp_G = LP_G' / (LR_G + ε);
```

```
    preExp_B = LP_B' / (LR_B + ε);
```

```
}
```

の値は、残余符号ストリームメタデータから引かれる。

【 0 1 4 0 】

一実施形態によれば、ブロックD14は、以下のコードにより実施される。

【 0 1 4 1 】

【表15】

```
//Block D14:
```

```
if (Nc == 1) {
```

```
    HDR_Y = preExp_Y / param_expval;
```

```
}else if (Nc == 3) {
```

```
    HDR_R = preExp_R / param_expval;
```

```
    HDR_G = preExp_G / param_expval;
```

```
    HDR_B = preExp_B / param_expval;
```

```
}
```

ここで、param_expvalは、符号化ステップE10において使用され残余符号ストリームのメタデータに含まれる露光値である。

【 0 1 4 2 】

ブロックD13の除算は、ブロックD4およびD12の出力が対数スケールで表現され

る場合、指数演算により続く減算であることができる。この場合、対応するコードは、以下に示すことができる。

【 0 1 4 3 】

【 表 1 6 】

```

if (Nc == 1) {
    preExp_Y = exponential(log(LP_Y'+ ε) - log(LR_Y + ε));
} else if (Nc == 3) {
    preExp_R = exponential(log(LP_R'+ ε) - log(LR_R + ε));
    preExp_G = exponential(log(LP_G'+ ε) - log(LR_G + ε));
    preExp_B = exponential(log(LP_B'+ ε) - log(LR_B + ε));
}

```

10

値 は、0 の対数演算を回避するために加えられる。

【 0 1 4 4 】

ブロック D 1 4 の機能は、符号化処理のブロック E 1 0 において適用される露光要素を除去することである。したがって、ブロック D 1 3 の出力は、符号化において用いられる " e x p o s u r e " 要素により除算する。ブロック D 1 4 の機能は、露光値が残余符号ストリームのメタデータ (p a r a m _ e x p v a l) に格納される露光値が " e x p o s u r e " の逆数に等しい場合、すなわち、 p a r a m _ e x p v a l が 1 . 0 / 露光に等しい場合、乗算できることである。この場合、ブロック D 1 4 の機能は、以下のコードにより実施することができる。

20

【 0 1 4 5 】

【 表 1 7 】

```

if (Nc == 1) {
    HDR_Y = preExp_Y * param_expval;
} else if (Nc == 3) {
    HDR_R = preExp_R * param_expval;
    HDR_G = preExp_G * param_expval;
    HDR_B = preExp_B * param_expval;
}

```

30

ここで、 e x p o s u r e は、符号化において計算され、ブロック E 1 0 に対して使用される露光値である。 p a r a m _ e x p v a l は、常にゼロより大きい。

40

ブロック D 1 4 の出力は、最終的な H D R 浮動小数点出力である。

【 0 1 4 6 】

代替的な実施形態

本発明は、H D R 画像およびビデオの効率的な符号化および復号化を可能にすることであり、上記好ましいが限定されるものではない実施形態から明らかになる。

【 0 1 4 7 】

本発明は、いくつかの有利な特徴を提供する。それは、高い計算上の複雑さを必要とせずに、レガシーエンコーダとの下位互換性を提供する H D R 画像の符号化を可能にする。H D R 画像は、H D R の一方から後方互換性の L D R 画像を得るために使用されるトーンマッピングのタイプに依存せず正しく再構成できる。

50

【 0 1 4 8 】

本発明は、ある特定の実施形態を参照して説明したが、説明は限定的に解釈されるべきではない。説明した実施形態のいくつかの変更、ならびに代替的な実施形態は、本説明を読んだ当業者によって実施できる。アイデアと開示された特定の実施形態が、わずかに変更または修正あるいは他の構造を設計するための基礎として使用することができるが、当業者によって理解されるべきである。論理ブロックが異なるグループ化または構成することができるように、論理ブロックへの分割は、限定して解釈されるべきでない。

【 0 1 4 9 】

代替的な解決策の例は、残余データの計算に使用される線形化 L D R 画像 (L D R *) を求める方法であってもよい。一例として、図 5 に、処理ブロック 1 1 の入力は、図 1 - 3 のように、ブロック E 1 から直接得られない。入力 L D R 画像 (ブロック E 1) は、図 2 を参照して上記したようにレガシーエンコーダ 1 0 において符号化され、その後、処理ブロック 1 1 の入力を得るためにレガシーデコーダ 1 3 において復号化される。

10

【 0 1 5 0 】

この解決策は、符号化された L D R 画像の復号化 (ブロック 1 3) のための追加の計算コストを必要とするが、この解決策は、残余データが符号化された L D R 画像から開始して計算されるために、符号化性能を向上させることができる。

【 0 1 5 1 】

加えて、ブロック E 1 4 において上記実施例で残余データが R G B ストリームに変換されるので、フロート [0 , 1] から [0 , 2 2 5] ピクセル値をマッピングする逆レンジマッピング動作があることに留意すべきである。それにもかかわらず、残余データは、例えば、12 ビット J P E G または J P E G ロスレスエンコーダのような非レガシーエンコーダを用いて符号化することができる。したがって、より一般的には、ブロック E 1 4 は、N が各色成分を符号化するために使用されるビット数であることを用いて、[0 , 1] から [0 , 2^N - 1] のピクセル値をマッピングすべきである。

20

【 0 1 5 2 】

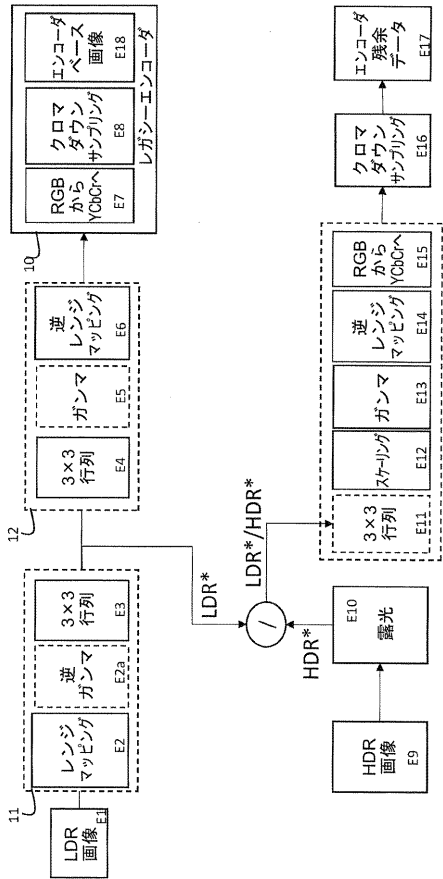
上記実施形態では、レガシーエンコーダ 1 0 は、入力として R G B 画像 / ビデオを必要とし、したがって、ブロック E 6 において入力ピクセル値が 2 5 5 により乗算される。レガシーエンコーダ 1 0 が 1 0 ビット M P E G エンコーダである場合、ブロック E 6 においてピクセル値は、N が各色成分を符号化するために使用されるビット数であることを用いて、2^N - 1 により乗算されるべきである。

30

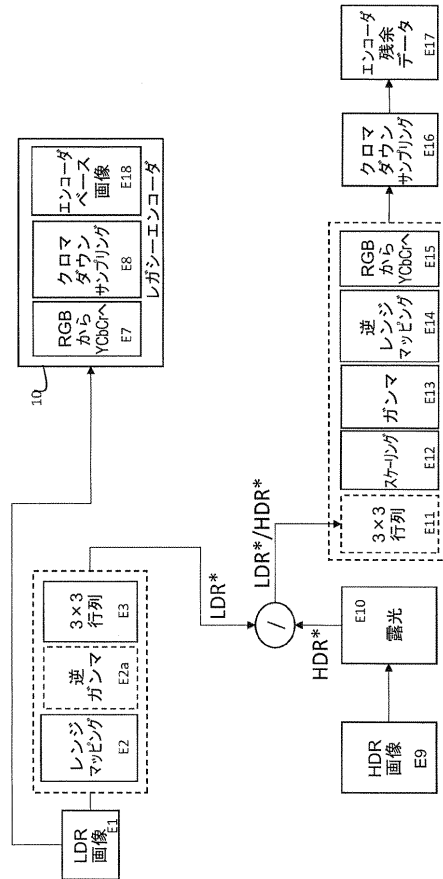
【 0 1 5 3 】

[0 , 2^N - 1] から [0 , 1] への逆マッピングは、第 1 および残余符号ストリームがそれぞれ復号化されるブロック D 4 a および D 9 に適用される。

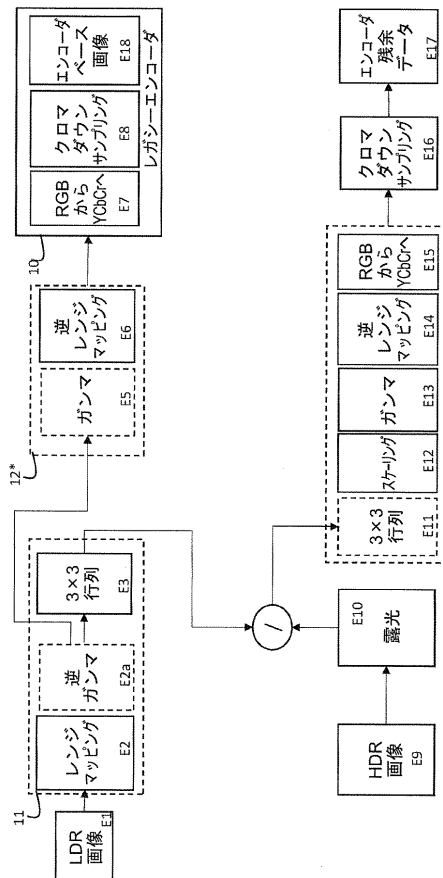
【図 1】



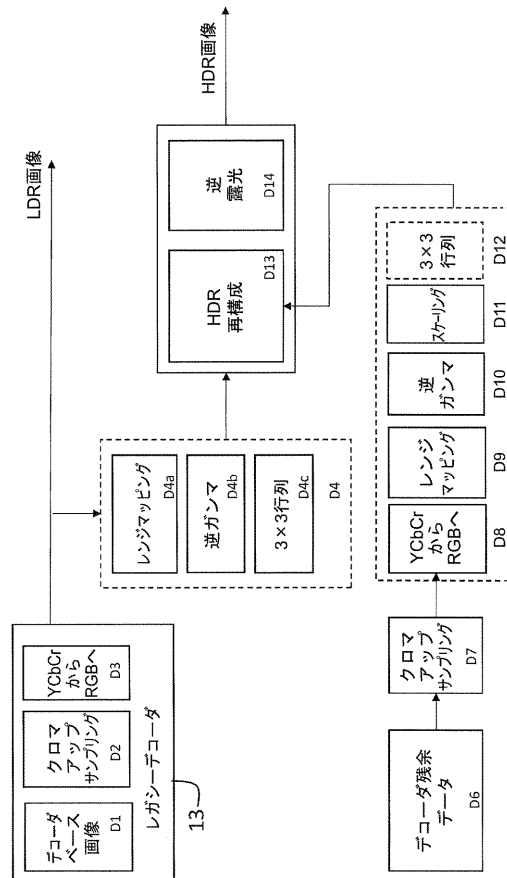
【図 2】



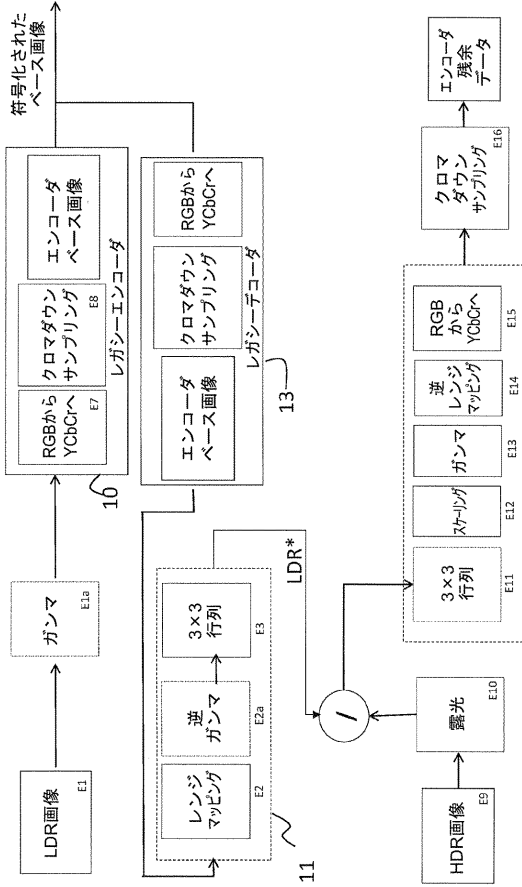
【図 3】



【図 4】



【 図 5 】



【 図 6 】

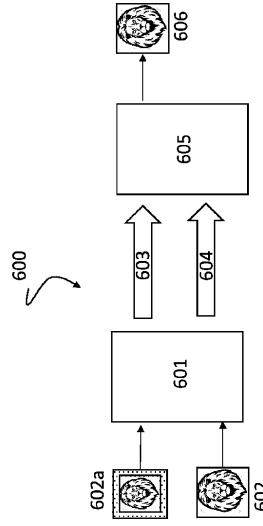


Fig. 6

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/IB2015/054544

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H04N19/117 H04N19/186 H04N19/187 H04N19/33 H04N19/85 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04N		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2009/046207 A1 (SALVUCCI EMANUELE [IT]) 19 February 2009 (2009-02-19) paragraphs [0013], [0084] - [0106]; figures 6-9	1-27
Y	EP 2 613 532 A1 (THOMSON LICENSING [FR]) 10 July 2013 (2013-07-10) paragraphs [0045] - [0049]; figures 5,6 ----- -/--	1-27
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 26 October 2015		Date of mailing of the international search report 06/11/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Lombardi, Giancarlo

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/IB2015/054544

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	F. DRAGO ET AL: "Adaptive Logarithmic Mapping For Displaying High Contrast Scenes", COMPUTER GRAPHICS FORUM, vol. 22, no. 3, 1 September 2003 (2003-09-01), pages 419-426, XP055099276, ISSN: 0167-7055, DOI: 10.1111/1467-8659.00689 cited in the application page 420, paragraph 2 page 421, paragraph 3.2	1-27
A	----- YASIR SALIH ET AL: "Tone mapping of HDR images: A review", INTELLIGENT AND ADVANCED SYSTEMS (ICIAS), 2012 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 12 June 2012 (2012-06-12), pages 368-373, XP032238666, DOI: 10.1109/ICIAS.2012.6306220 ISBN: 978-1-4577-1968-4 pages 369-370, paragraph III.B	1-27
A	----- GARBAS J ET AL: "Inter-layer prediction for backwards compatible high dynamic range video coding with SVC", 2012 PICTURE CODING SYMPOSIUM (PCS 2012) : KRAKOW, POLAND, 7 - 9 MAY 2012 ; [PROCEEDINGS], IEEE, PISCATAWAY, NJ, 7 May 2012 (2012-05-07), pages 285-288, XP032449889, DOI: 10.1109/PCS.2012.6213348 ISBN: 978-1-4577-2047-5 pages 285-286, paragraphs I,II; figure 1	1-27
A	----- US 2009/175338 A1 (SEGALL CHRISTOPHER A [US]) 9 July 2009 (2009-07-09) the whole document -----	1-27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2015/054544

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009046207 A1	19-02-2009	US 2009046207 A1	19-02-2009
		US 2012300841 A1	29-11-2012
		US 2013287308 A1	31-10-2013
		US 2015172671 A1	18-06-2015
		US 2015189286 A1	02-07-2015

EP 2613532 A1	10-07-2013	AU 2012364389 A1	03-07-2014
		CN 104041046 A	10-09-2014
		EP 2613532 A1	10-07-2013
		EP 2801191 A1	12-11-2014
		JP 2015506623 A	02-03-2015
		KR 20140111270 A	18-09-2014
		US 2014369410 A1	18-12-2014
		WO 2013102560 A1	11-07-2013

US 2009175338 A1	09-07-2009	JP 2011509536 A	24-03-2011
		US 2009175338 A1	09-07-2009
		WO 2009087952 A1	16-07-2009

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

Fターム(参考) 5C159 LA00 LA02 PP14 UA02