

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6568078号
(P6568078)

(45) 発行日 令和1年8月28日 (2019.8.28)

(24) 登録日 令和1年8月9日 (2019.8.9)

(51) Int. Cl. F I
HO 4 N 19/102 (2014.01) HO 4 N 19/102
HO 4 N 19/176 (2014.01) HO 4 N 19/176
HO 4 N 19/19 (2014.01) HO 4 N 19/19
HO 4 N 19/59 (2014.01) HO 4 N 19/59

請求項の数 17 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2016-546017 (P2016-546017)
 (86) (22) 出願日 平成27年1月8日 (2015.1.8)
 (65) 公表番号 特表2017-508354 (P2017-508354A)
 (43) 公表日 平成29年3月23日 (2017.3.23)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2015/050228
 (87) 国際公開番号 W02015/104316
 (87) 国際公開日 平成27年7月16日 (2015.7.16)
 審査請求日 平成29年12月1日 (2017.12.1)
 (31) 優先権主張番号 14305042.5
 (32) 優先日 平成26年1月10日 (2014.1.10)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 欧州特許庁 (EP)

前置審査

(73) 特許権者 501263810
 トムソン ライセンシング
 Thomson Licensing
 フランス国 セゾン-セヴィニエ 355
 10, 975 アベニュー デ シャン プ
 ラン シーエス 17616
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (74) 代理人 100117189
 弁理士 江口 昭彦
 (74) 代理人 100134120
 弁理士 内藤 和彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像データを符号化するための方法および装置ならびに画像データを復号するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

輝度成分および色差メトリックを有するハイダイナミックレンジの知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を符号化する方法であって、

ローダイナミックレンジ (LDR) 画像に適用可能な符号化処理を使用して前記画像の前記一部のセグメントを符号化し、前記符号化処理において少なくとも1つのコーディングパラメータを適用することと、

前記符号化されたセグメントをハイダイナミックレンジの前記知覚空間内で再構築することと、

ハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記符号化されたセグメントについてレート歪みコストを評価することと、

前記セグメントの前記符号化処理のための前記少なくとも1つのコーディングパラメータを前記評価されたレート歪みコストに基づいて調整することと、

を含む、前記方法。

【請求項 2】

前記少なくとも1つのコーディングパラメータは、符号化される前記画像のセグメントに前記画像を区分することを定義し、符号化される各セグメントは、ハイダイナミックレンジの対応する知覚空間を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記少なくとも1つのコーディングパラメータは、コーディング 4 分木パラメータを含

10

20

む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記セグメントについて、共通の代表的な輝度成分値を、前記セグメントの対応する画像サンプルの輝度値に基づいて得ることをさらに含む、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記レート歪みコストを評価することは、前記共通の代表的な輝度成分値の符号化に関連付けられたレートを評価することを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記符号化処理は、H E V C 圧縮技法による符号化処理であり、前記画像の前記少なくとも一部の前記セグメントは、コーディングユニット、予測ユニット、または変換ユニットに対応する、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 7】

前記セグメントを符号化する前に、前記セグメントを共通の代表的な輝度成分値に基づいて局所的な知覚空間内で表すことをさらに含む、請求項 2 ～ 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記セグメントについて、局所的な L D R 領域内の局所的な残差輝度成分を得ることであって、前記局所的な残差輝度成分は、元の画像の対応する輝度成分と前記セグメントの前記共通の代表的な輝度値との差に対応する、前記得ることを含む、請求項 7 に記載の方法。

20

【請求項 9】

前記セグメントについて、前記局所的な知覚空間内の少なくとも 1 つの対応する画像部分を得ることであって、前記少なくとも 1 つの画像部分は、前記セグメントの前記共通の代表的な輝度値に従って正規化された前記セグメントの前記局所的な残差輝度成分または色成分に対応する、前記得ることをさらに含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記レート歪みコストを評価することは、前記少なくとも 1 つの画像部分の符号化に関連付けられたレートを評価することを含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

30

前記レート歪みコストを評価することは、ハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記符号化されたセグメントの再構築に関連付けられた歪みを評価することを含む、請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

コーディングパラメータセット p についてのレート歪みコスト D^{HDR} は、以下の式に基づいて評価され、

$$D^{HDR}(CU, p) + (R_{LDR}(CU, p) + R(L_{lf}, p))$$

上式で、

$R_{LDR}(CU, p)$ は、残差画像部分の符号化に関連付けられたレートであり、

$R(L_{lf}, p)$ は、共通の代表的な輝度成分値の符号化に関連付けられたレートであり

40

$D^{HDR}(CU, p)$ は、ハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記符号化されたセグメントの再構築に関連付けられた歪みであり、

は、ラグランジュパラメータである、請求項 1 ～ 11 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

局所的な前記知覚空間内で再構築された残差画像部分のサンプルと、元のテクスチャのサンプルと、前記画像の対応するサンプルとの間で仮想ロスレスリファインメントを実施することをさらに含む、請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

輝度成分および色差メトリックを有するハイダイナミックレンジの知覚空間内で定義さ

50

れるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を符号化する符号化デバイスであって、

ローダイナミックレンジ（LDR）画像に適用可能な符号化処理を使用して前記画像の前記少なくとも一部のセグメントを符号化し、前記符号化処理において少なくとも1つのコーディングパラメータを適用する符号化器と、

前記符号化されたセグメントをハイダイナミックレンジの前記知覚空間内で再構築する再構築モジュールと、

ハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記符号化されたセグメントについてレート歪みコストを決定するレート歪みモジュールと、

前記セグメントの前記符号化処理のための前記少なくとも1つのコーディングパラメータを評価された前記レート歪みコストに基づいて調整する符号化器管理モジュールと、
を備える、前記符号化デバイス。

【請求項15】

輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を表すビットストリームを復号する方法であって、

前記画像を符号化するために使用される少なくとも1つのコーディングパラメータを表すコーディングデータにアクセスすることと、

ローダイナミックレンジ（LDR）画像に適用可能な復号処理を使用して前記画像の前記少なくとも一部のセグメントを、前記少なくとも1つのコーディングパラメータにそれぞれ対応する少なくとも1つの復号パラメータを適用することによって復号することと、
を含み、

前記コーディングパラメータは、LDR画像に適用可能な符号化処理およびハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記セグメントの再構築によって、前記セグメントの符号化後、前記セグメントについて評価されたレート歪みコストに基づいて事前に決定される、前記方法。

【請求項16】

輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を表すビットストリームを復号する復号デバイスであって、

前記画像を符号化するために使用される少なくとも1つのコーディングパラメータを表すコーディングデータにアクセスするインターフェースと、

ローダイナミックレンジ（LDR）画像に適用可能な復号処理を使用して前記画像の前記少なくとも一部のセグメントを、前記少なくとも1つのコーディングパラメータにそれぞれ対応する少なくとも1つの復号パラメータを適用することによって復号する復号器と、
を備え、

前記少なくとも1つのコーディングパラメータは、LDR画像に適用可能な符号化処理およびハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記セグメントの再構築によって、前記セグメントの符号化後、前記セグメントについて評価されたレート歪みコストに基づいて事前に決定される、前記復号デバイス。

【請求項17】

プログラマブル装置のためのコンピュータプログラムであって、前記プログラマブル装置内にロードされ、前記プログラマブル装置によって実行されたとき、請求項1～13または15のいずれか一項に記載の方法を実装するための命令のシーケンスを含む、前記コンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像データを符号化するための方法および装置、および画像データを復号するための方法および装置に関する。詳細には、限定しないが、本発明は、ハイダイナミックレンジ（HDR）アプリケーションのためのビデオデータの符号化および復号に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

撮像デバイスによって取り込まれるシーン内の光の変動は大きく変わり得る。たとえば、シーンの影の中に位置する物体は、直射日光によって照明された物体に比べて非常に暗く見える可能性がある。従来のローダイナミックレンジ（LDR）画像によって提供される限られたダイナミックレンジおよび色域は、そのようなシーン内の輝度および色の变化を正確に再現するための十分な範囲を提供しない。典型的には、画像の画素の輝度または色を表すLDR画像の成分の値は、限られた数のビット（典型的には8、10、または12ビット）によって表される。そのような表現によって提供される輝度の限られた範囲は、特に輝度の明るい範囲および暗い範囲において、小さな信号変動が効果的に再現されることを可能にしない。

10

【0003】

ハイダイナミックレンジ画像（HDRまたはHDR Iとも呼ばれる）は、従来のLDR画像に比べてシーンの明るいエリアと暗いエリアの間で輝度のより大きなダイナミックレンジを可能にする。これは、範囲全体にわたって高い信号精度を提供するために、HDR画像において、信号表現をより広いダイナミックレンジに拡張することによって達成される。HDR画像では、画素の成分値は、通常、浮動小数点フォーマット（たとえば、各成分について32ビットまたは16ビット、すなわちfloatまたはhalf-float）において含むより多くの数のビット（たとえば、16ビットから64ビット）で表され、最も一般的なフォーマットは、openEXR半精度浮動小数点フォーマット（RGB成分当たり16ビット、すなわち画素当たり48ビット）であり、またはlong表現、典型的には少なくとも16ビットを有する整数である。そのような範囲は、人の視覚系の自然の感度に対応する。このようにして、HDR画像は、現実のシーンにおいて見出される輝度の広い範囲をより正確に表し、それによりシーンのより現実的な表現を提供する。

20

【0004】

しかし、提供される値のより大きな範囲のために、HDR画像は大量の記憶空間および帯域幅を消費し、HDR画像およびビデオの記憶および伝送を問題の多いものにする。したがって、データをより小さい、より管理可能なデータサイズに圧縮するために、効率的なコード化技法が必要とされている。正確なレンダリングのために輝度のダイナミックレンジを保存しながらHDRデータを効果的に圧縮するための適切なコード化／復号技法を見出すことは、困難であることが判明している。

30

【0005】

HDR画像を符号化するための典型的な手法は、LDR画像を符号化するために使用される従来の符号化方式により画像を符号化するために、画像のダイナミックレンジを低減することである。

【0006】

たとえば、1つのそのような技法では、トーンマッピングオペレータが入力HDR画像に適用され、次いで、トーンマッピングされた画像は、ビデオのためのJPEG/JPEG 200またはMPEG-2、H.264/AVCなど従来の8～10ビット深度の符号化方式により符号化される（Karsten Suhring、H.264/AVC Reference Software、<http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/>、the book of I.E. Richardson titled "H.264 and MPEG-4 video compression" published in J. Wiley & Sons in September 2003）。次いで、逆トーンマッピング演算子が復号された画像に適用され、入力画像と、復号され逆トーンマッピングされた画像との間で残差が計算される。最後に、その残差が、第2の従来の8～10ビット深度の符号化方式により符号化される。

40

【0007】

50

この第1の手法の主な欠点は、2つの符号化方式の使用、および入力画像のダイナミックレンジを従来の符号化方式のダイナミックレンジの2倍(16~20ビット)に制限することである。別の手法によると、たとえばHEVCなど、従来の8~10または拡張された12、14、もしくは16ビット深度の符号化方式(B. Bros s、W. J. Han、G. J. Sullivan、J. R. Ohm、T. Wiegand JCTVC-K1003、"High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification draft 9," Oct 2012)およびその高いビット深度拡張と適合するダイナミックレンジに値が属する色空間内の画像画素の視覚的にロスレスな表現を得るために、入力HDR画像が変換される。従来のコーデックが高い画素(ビット)深度を操作することができる場合でさえ、一般に、そのようなビット深度で、画像にわたって均一に符号化することは困難である。なぜなら、得られる圧縮比が伝送アプリケーションにとって低すぎるからである。

10

【0008】

LDR画像に適用可能なコード化技法を使用する他の手法は、復号された画像内にアーチファクトを引き起こす。本発明は、前述を念頭に置いて工夫された。

【発明の概要】

【0009】

本発明の第1の態様によると、輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を符号化する方法が提供され、この方法は、

20

ローダイナミックレンジ(LDR)画像に適用可能な符号化処理を使用して上記画像の上記少なくとも一部のセグメントを符号化し、上記符号化処理において少なくとも1つの符号化パラメータを適用するステップと、

上記符号化されたセグメントをハイダイナミックレンジの上記知覚空間内で再構築するステップと、

ハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記符号化されたセグメントについてレート歪みコストを評価するステップと、

上記セグメントの上記符号化処理のための前記少なくとも1つの符号化パラメータを上記評価されたレート歪みコストに基づいて調整するステップと、を含む。

【0010】

30

画像のセグメントは、画像のブロックを指してもよい。ブロックは、たとえば、予測ユニット(PU)、コード化ユニット(CU)、または変換ユニット(TU)であり得る。

【0011】

一実施形態では、上記少なくとも1つの符号化パラメータは、符号化されるセグメントに上記画像を区分することを定義し、各セグメントは、HDRの対応する知覚空間を有する。

【0012】

一実施形態では、上記少なくとも1つの符号化パラメータは、コード化4分木パラメータを含む。

【0013】

40

一実施形態では、この方法は、上記セグメントについて、共通の代表的な輝度成分値を、上記セグメントの対応する画像サンプルの輝度値に基づいて得るステップを含む。

【0014】

一実施形態では、上記レート歪みコストを評価するステップは、上記共通の代表的な輝度成分値の符号化に関連付けられたレートの評価するステップを含む。

【0015】

一実施形態では、符号化処理は、HEVCタイプの符号化処理であり、上記画像の上記少なくとも一部の上記セグメントは、コード化ユニット、予測ユニット、または変換ユニットに対応する。

【0016】

50

一実施形態では、この方法は、画像セグメントを符号化する前に、そのセグメントを上記共通の代表的な輝度成分値に基づいて局所的な知覚空間内で表すステップを含む。

【0017】

一実施形態では、この方法は、上記セグメントについて、局所的なLDR領域内の局所的な残差輝度成分を得るステップであって、上記局所的な残差輝度成分は、元の画像の対応する輝度成分と上記セグメントの上記共通の代表的な輝度値との差に対応する、ステップを含む。

【0018】

一実施形態では、この方法は、上記セグメントについて、上記局所的な知覚空間内の少なくとも1つの対応する画像部分を得るステップであって、前記少なくとも1つの画像部分は、上記セグメントの上記共通の代表的な輝度値に従って正規化された上記セグメントの上記局所的な残差輝度成分または色成分に対応する、ステップを含む。

10

【0019】

一実施形態では、上記レート歪みコストを評価するステップは、前記少なくとも1つの画像部分の符号化に関連付けられたレート进行评估するステップを含む。

【0020】

一実施形態では、上記レート歪みコストを評価するステップは、上記局所的な残差輝度成分の符号化に関連付けられたレート进行评估するステップを含む。

【0021】

一実施形態では、上記レート歪みコストを評価するステップは、ハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記符号化されたセグメントの再構築に関連付けられた歪みを評価するステップを含む。

20

【0022】

一実施形態では、符号化パラメータセットpについてのレート歪みコスト D^{HDR} は、以下の式に基づいて評価され、

$$D^{HDR}(CU, p) + (R_{LDR}(CU, p) + R(L_{lf}, p))$$
上式で、

・ $R_{LDR}(CU, p)$ は、残差画像部分の符号化に関連付けられたレートであり、
 $R(L_{lf}, p)$ は、上記共通の代表的な輝度成分値の符号化に関連付けられたレートであり、

30

$D^{HDR}(CU, p)$ は、ハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記符号化されたセグメントの再構築に関連付けられた歪みであり、

は、ラグランジュパラメータである。

【0023】

一実施形態では、この方法は、上記局所的な知覚空間内で再構築された上記残差画像部分のサンプルと、元のテクスチャのサンプルと、前記画像の対応するサンプルとの間で仮想ロスレスリファインメントを実施するステップを含む。

【0024】

本発明の第2の態様によると、輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を符号化するための符号化デバイスが提供され、このデバイスは、

40

ローダイナミックレンジ(LDR)画像に適用可能な符号化処理を使用して上記画像の上記少なくとも一部のセグメントを、符号化処理において少なくとも1つの符号化パラメータを適用することによって符号化するための符号化器(ENC1、ENC2、ENC3)と、

上記符号化されたセグメントをハイダイナミックレンジの上記知覚空間内で再構築する再構築モジュール(REC)と、

ハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記符号化されたセグメントについてレート歪みコストを決定するためのレート歪みモジュール(RATE-DIST)と、

上記セグメントの上記符号化処理のための上記少なくとも1つの符号化パラメータを上

50

記評価されたレート歪みコストに基づいて調整するための符号化器管理モジュール (ENCODER CONTROL) と、を備える。

【0025】

画像のセグメントは、画像のブロックを指してもよい。ブロックは、たとえば、予測ユニット (PU)、コード化ユニット (CU)、または変換ユニット (TU) であり得る。

【0026】

一実施形態では、上記少なくとも1つの符号化パラメータは、符号化されるセグメントに上記画像を区分することを定義し、各セグメントは、HDRの対応する知覚空間を有する。

【0027】

一実施形態では、上記少なくとも1つの符号化パラメータは、コード化4分木パラメータを含む。

【0028】

一実施形態では、符号化デバイスは、前記セグメントについて、共通の代表的な輝度成分値を、前記セグメントの対応する画像サンプルの輝度値に基づいて得るためのモジュールを含む。

【0029】

一実施形態では、レート歪みモジュールは、上記共通の代表的な輝度成分値の符号化に関連付けられたレートを評価するように構成される。

【0030】

一実施形態では、符号化デバイスは、HEVCタイプの符号化処理を実装するように構成され、上記画像の上記少なくとも一部の上記セグメントは、コード化ユニット、予測ユニット、または変換ユニットに対応する。

【0031】

一実施形態では、符号化デバイスは、画像セグメントを符号化する前に、そのセグメントを上記共通の代表的な輝度成分値に基づいて局所的な知覚空間内で表すためのモジュールを備える。

【0032】

一実施形態では、符号化デバイスは、上記セグメントについて、局所的なLDR領域内の局所的な残差輝度成分を得るためのモジュールを備え、前記局所的な残差輝度成分は、元の画像の対応する輝度成分と上記セグメントの上記共通の代表的な輝度値との差に対応する。

【0033】

一実施形態では、符号化デバイスは、上記セグメントについて、上記局所的な知覚空間内の少なくとも1つの対応する画像部分を得るためのモジュールを備え、前記少なくとも1つの画像部分は、上記セグメントの上記共通の代表的な輝度値に従って正規化された上記セグメントの上記局所的な残差輝度成分または色成分に対応する。

【0034】

一実施形態では、レート歪みモジュールは、残差画像部分の符号化に関連付けられたレートを評価するように構成される。

【0035】

一実施形態は、レート歪みモジュールは、ハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記符号化されたセグメントの再構築に関連付けられた歪みを評価するように構成される。

【0036】

一実施形態では、符号化パラメータセット p についてのレート歪みコスト D^{HDR} は、以下の式に基づいて評価され、

$$D^{HDR}(CU, p) + (R_{LDR}(CU, p) + R(L_{lf}, p))$$

上式で、

・ $R_{LDR}(CU, p)$ は、残差画像部分の符号化に関連付けられたレートであり、

10

20

30

40

50

$R(L_{if}, p)$ は、上記共通の代表的な輝度成分値の符号化に関連付けられたレートであり、

$D^{HDR}(CU, p)$ は、ハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記符号化されたセグメントの再構築に関連付けられた歪みであり、

は、ラグランジュパラメータである。

【0037】

一実施形態では、符号化デバイスは、上記局所的な知覚空間内で再構築された上記残差画像部分のサンプルと、元のテクスチャのサンプルと、前記画像の対応するサンプルとの間で仮想ロスレスリファインメントを実施するためのモジュールを備える。

【0038】

本発明の第3の態様によると、輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を表すビットストリームを復号するための復号方法が提供され、この方法は、

少なくとも1つの符号化パラメータを表すコード化データにアクセスするステップと、ローダイナミックレンジ(LDR)画像に適用可能な復号処理を使用して上記画像の上記少なくとも一部のセグメントを、上記少なくとも1つの符号化パラメータに対応する少なくとも1つの復号パラメータを適用することによって復号するステップと、を含み、

上記少なくとも1つの符号化パラメータは、LDR画像に適用可能な符号化処理およびハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記セグメントの再構築によって、上記セグメントの符号化後、上記セグメントについて評価されたレート歪みコストに基づいて決定される。

【0039】

画像のセグメントは、画像のブロックを指してもよい。ブロックは、たとえば、予測ユニット(PU)、コード化ユニット(CU)、または変換ユニット(TU)であり得る。

【0040】

一実施形態では、上記少なくとも1つの復号パラメータは、復号されるセグメントに上記画像を区分することを定義し、各セグメントは、HDRの対応する知覚空間を有する。

【0041】

一実施形態では、上記少なくとも1つの復号パラメータは、復号4分木パラメータを含む。

【0042】

本発明の第4の態様によると、輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を表すビットストリームを復号するための復号デバイスが提供され、このデバイスは、

上記画像を符号化するための少なくとも1つの符号化パラメータを表すコード化データにアクセスするためのインターフェースと、

ローダイナミックレンジ(LDR)画像に適用可能な復号処理を使用して上記画像の上記少なくとも一部のセグメントを、上記少なくとも1つの符号化パラメータに対応する少なくとも1つの復号パラメータを適用することによって復号するための復号器と、を備え、

上記少なくとも1つの符号化パラメータは、LDR画像に適用可能な符号化処理およびハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記セグメントの再構築によって、上記セグメントの符号化後、上記セグメントについて評価されたレート歪みコストに基づいて決定される。

【0043】

画像のセグメントは、画像のブロックを指してもよい。ブロックは、たとえば、予測ユニット(PU)、コード化ユニット(CU)、または変換ユニット(TU)であり得る。

【0044】

一実施形態では、上記少なくとも1つの復号パラメータは、復号されるセグメントに上記画像を区分することを定義し、各セグメントは、HDRの対応する知覚空間を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

一実施形態では、上記少なくとも1つの復号パラメータは、復号4分木パラメータを含む。

【 0 0 4 6 】

本発明の第5の態様によると、輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を表すビットストリームが提供され、このビットストリームは、符号化パラメータセットを表すデータを担持する信号をさらに含み、上記少なくとも1つの符号化パラメータは、LDR画像に適用可能な符号化処理およびハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記セグメントの再構築によって、上記セグメントの符号化後、上記セグメントについて評価されたレート歪みコストに基づいて決定される。

10

【 0 0 4 7 】

第3の態様、第4の態様、および第5の態様の少なくとも1つの符号化パラメータは、本発明の第1の態様および第2の態様の実施形態のいずれかに従って決定される。

【 0 0 4 8 】

本発明の他の態様は、輝度成分および色差メトリックを有するハイダイナミックレンジの知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を符号化する方法を提供し、この方法は、ローダイナミックレンジ(LDR)画像に適用可能な符号化処理を使用して上記画像の上記一部のセグメントを符号化し、上記符号化処理において少なくとも1つの符号化パラメータを適用するステップと、上記セグメントの上記符号化処理のための前記少なくとも1つの符号化パラメータをレート歪みコストに基づいて調整するステップと、を含み、上記レート歪みコストは、ハイダイナミックレンジの上記知覚空間内での上記符号化されたセグメントの再構築後、上記符号化されたセグメントに対して評価される。

20

【 0 0 4 9 】

本発明の他の態様は、輝度成分および色差メトリックを有するハイダイナミックレンジの知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を符号化するための符号化デバイスを提供し、このデバイスは、

ローダイナミックレンジ(LDR)画像に適用可能な符号化処理を使用して上記画像の上記少なくとも一部のセグメントを符号化し、上記符号化処理において少なくとも1つの符号化パラメータを適用するステップと、

30

上記符号化されたセグメントをハイダイナミックレンジの上記知覚空間内で再構築し、ハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記符号化されたセグメントについてレート歪みコストを評価し、

上記セグメントの上記符号化処理のための前記少なくとも1つの符号化パラメータを上記評価されたレート歪みコストに基づいて調整するように構成された1つまたは複数のプロセッサを備える。

【 0 0 5 0 】

本発明の他の態様によると、輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を表すビットストリームを復号するための復号デバイスが提供され、このデバイスは、

40

上記画像を符号化するために使用される少なくとも1つの符号化パラメータを表すコード化データにアクセスし、

ローダイナミックレンジ(LDR)画像に適用可能な復号処理を使用して上記画像の上記少なくとも一部のセグメントを、上記少なくとも1つの符号化パラメータにそれぞれ対応する少なくとも1つの復号パラメータを適用することによって復号するように構成された1つまたは複数のプロセッサを備え、

上記少なくとも1つの符号化パラメータは、LDR画像に適用可能な符号化処理およびハイダイナミックレンジの上記知覚空間内の上記セグメントの再構築によって、上記セグメントの符号化後、上記セグメントについて評価されたレート歪みコストに基づいて事前

50

に決定される。

【 0 0 5 1 】

本発明の実施形態は、改善された視覚体験をもたらす広範なアプリケーション向けのハイダイナミックレンジ画像データのための符号化および復号方法を提供する。

【 0 0 5 2 】

本発明による方法の少なくとも一部は、コンピュータによって実施され得る。したがって、本発明は、完全にハードウェアの実施形態、完全にソフトウェアの実施形態（ファームウェア、常駐ソフトウェア、マイクロコードなどを含む）、またはソフトウェアとハードウェアの態様を組み合わせる実施形態の形態をとることができ、これらはすべて、本明細書において一般に、「回路」「モジュール」または「システム」と呼ばれることがある。さらに、本発明は、コンピュータ使用可能なプログラムコードが媒体内に含まれる任意の有形の表現媒体内に含まれるコンピュータプログラム製品の形態をとることができる。

【 0 0 5 3 】

本発明はソフトウェアで実装することができるので、本発明は、任意の好適なキャリア媒体上でプログラム可能な装置に提供するためにコンピュータ可読コードとして具体化され得る。有形のキャリア媒体は、フロッピディスク、CD-ROM、ハードディスクドライブ、磁気テープデバイス、またはソリッドステートメモリデバイスなど記憶媒体を含むことができる。過渡的なキャリア媒体は、電気信号、電子信号、光信号、音響信号、磁気信号、または電磁信号、たとえばマイクロ波もしくはRF信号などの信号を含むことができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 4 】

次に、本発明の実施形態について、例示のためだけとして、以下の図面を参照して述べる。

【図1】本発明の第1の実施形態による符号化処理のブロック図である。

【図2】HEVCビデオ圧縮標準による、コード化ユニットを予測ユニットと変換ユニットに分解する一例を示す概略図である。

【図3】本発明の一実施形態による符号化処理のブロック図である。

【図4】本発明の他の実施形態による符号化処理のブロック図である。

【図5】本発明の1つまたは複数の実施形態による復号処理のブロック図である。

【図6A】本発明の1つまたは複数の実施形態による符号化デバイスのブロック図である。

【図6B】本発明の1つまたは複数の実施形態による復号デバイスのブロック図である。

【図7】本発明の1つまたは複数の実施形態を実装することができるデータ通信システムの一例のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 5 5 】

図1は、本発明の第1の実施形態による画像Iの少なくとも一部を符号化するための方法のステップを示す概略ブロック図である。図1の方法の符号化ステップは、一般に、LDRタイプの画像に適用可能なHEVC圧縮標準に基づくが、本発明の実施形態は、たとえばH.264/AVC、MPEG2、またはMPEG4など、LDRタイプの画像に適用可能な他の符号化標準に適用されてもよいことを理解されたい。

【 0 0 5 6 】

この方法は、HDR画像データを獲得することから始まる。HDR画像データは、画像のビデオシーケンス、画像、または画像の一部を表してもよい。以下の説明を簡単にするために、獲得される画像データは、HDR画像に対応する。HDR画像データは、ビデオカメラなど撮像デバイスから直接獲得されても、ローカルまたは遠隔に位置する、HDR画像データが記憶されるメモリデバイスから獲得されても、無線または有線伝送ラインを介して受信されてもよい。

【 0 0 5 7 】

本明細書で使用されるとき、「H D R 画像」という用語は、典型的には 16 より大きいビット数によって表される浮動小数点 (float または half - float)、固定小数点、または長い表現の整数のフォーマットにあるハイダイナミックレンジデータを含む任意の H D R 画像を指す。入力 H D R 画像は、任意の色空間または知覚空間内で定義され得る。たとえば、本実施形態では、入力 H D R 画像は、R G B 色空間内で定義される。他の実施形態では、入力 H D R 画像は、Y U V または任意の知覚空間など、別の色空間内で定義されてもよい。

【0058】

一般に、このプロセスの符号化ステップは、画像の画素の輝度を表すデータを含む画像に対して実施される。そのような画像データは、輝度成分 L と、おそらくは少なくとも 1 つの色成分 $C(i)$ とを含み、ここで i は、画像の色成分を識別するインデックスである。画像のこれらの成分は、色空間、通常 3 D 空間を定義し、たとえば、画像は、輝度成分 L とおそらくは 2 つの色成分 C_1 、 C_2 とを含む色知覚空間内で定義されてもよい。

【0059】

しかし、本発明は、色成分を有する H D R 画像に限定されないことを理解されたい。たとえば、H D R 画像は、色成分なしに輝度成分を有する知覚空間内の灰色画像であってもよい。

【0060】

知覚空間は、輝度成分を含む複数の成分から構成され、知覚空間の 2 つの点の視知覚間のそれぞれの差をそれらの値が表し、好ましくはそれらに比例する色差メトリック $d((L, C_1, C_2), (L', C_1', C_2'))$ を有する色空間として定義される。たとえば、色空間は、輝度成分 L と、2 つの色成分 C_1 、 C_2 とを有する。

【0061】

数学的に言えば、色差メトリック $d((L, C_1, C_2), (L', C_1', C_2'))$ は、知覚閾値 E_0 (JND、丁度可知差異とも呼ばれる) が存在するように定義され、知覚閾値未満では、人の眼は、知覚空間内の 2 色間の視覚的な差を知覚することができない。すなわち、

$$d((L, C_1, C_2), (L', C_1', C_2')) < E_0 \quad (1)$$

知覚閾値 E_0 は、知覚空間の 2 つの点 (L, C_1, C_2) および (L', C_1', C_2') とは独立である。したがって、その成分が知覚空間に属する画像を、式 (1) のメトリックが境界 E_0 未満にとどまるように符号化することにより、画像の表示される復号後バージョンが視覚的にロスレスであることが確実化される。

【0062】

獲得された画像 I が、たとえば (R, G, B) など非知覚空間に属する成分を含むとき、知覚空間を定義する輝度成分 L とおそらくは 2 つの色成分 C_1 、 C_2 とを有する H D R 画像 I_p を得るために、ステップ S 101 において、画像変換モジュール IC によって画像データ I に知覚的変換が適用される。実施される知覚的変換は、ディスプレイのライティング条件、および初期色空間によって決まる。たとえば、初期色空間が (R, G, B) 色空間であると仮定すると、画像 I は、最初に周知の線形空間 (X, Y, Z) に変換される。このステップは、適切な場合、逆ガンマ補正を適用し、次いで線形 R G B 空間データを 3×3 変換行列で $X Y Z$ 空間に変換することによってデータの線形化を実施することを含む。このステップの場合、画像の視覚的環境を特徴付けるデータが使用される。たとえば、 (X, Y, Z) 空間内でディスプレイの参照ライティング条件を定義する値 (X_n, Y_n, Z_n) の 3 D ベクトルが使用される。

【0063】

一例として、知覚的変換は、知覚空間 L a b C I E 1976 が選択される場合、以下のように定義される。

【0064】

$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16$$

$$a^* = 500 (f(X/X_n) - f(Y/Y_n))$$

$$b^* = 200 (f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n))$$

上式で、 f は、たとえばいかによって与えられるガンマ補正関数である。

【0065】

$$f(r) = r^{1/3} \quad f > (6/29)^3 \text{ の場合}$$

【0066】

【数1】

$$f(r) = \frac{1}{3} * \left(\frac{29}{6}\right)^2 * r + \frac{4}{29} \quad \text{そうでない場合}$$

【0067】

10

これらの色は、知覚空間 $L a b C I E 1976$ 上で定義された以下の色差メトリックが満たされるとき、参照ライティング条件 (X_n, Y_n, Z_n) で互いに人が区別可能である。

【0068】

$$d((L^*, a^*, b^*), (L^{*'}, a^{*'}, b^{*'}))^2 = (L^*)^2, (a^*)^2, (b^*)^2 < (E_0)^2$$

L^* は、2つの色 (L^*, a^*, b^*) および $(L^{*'}, a^{*'}, b^{*'})$ の輝度成分間の差であり、 a^* (または b^*) は、これらの2色の色成分間の差である。典型的には、 E_0 は、1と2の間の値を有する。

【0069】

20

空間 (X, Y, Z) 内の画像を、場合によっては逆変換し、本例では (R, G, B) 空間など初期空間内の復号された画像の推定を得ることができる。対応する逆知覚的変換は、以下によって与えられる。

【0070】

【数2】

$$\begin{aligned} X &= X_n f^{-1} \left(\frac{1}{116} (L^* + 16) + \frac{1}{500} a^* \right) \\ Y &= Y_n f^{-1} \left(\frac{1}{116} (L^* + 16) \right) \\ Z &= Z_n f^{-1} \left(\frac{1}{116} (L^* + 16) + \frac{1}{200} b^* \right) \end{aligned}$$

30

【0071】

別の例によれば、知覚空間 $L u^* v^*$ が選択されるとき、知覚的変換は、以下のように定義され得る。

【0072】

$$u^* = 13 L (u' - u'_{\text{white}}) \quad \text{および} \quad v^* = 13 L (v' - v'_{\text{white}})$$

上式で、以下が定義される。

【0073】

【数3】

$$u' = \frac{4X}{X+15Y+3Z}, \quad v' = \frac{9Y}{X+15Y+3Z}$$

40

【0074】

および

【0075】

【数4】

$$u'_{\text{white}} = \frac{4X_n}{X_n+15Y_n+3Z_n}, \quad v'_{\text{white}} = \frac{9Y_n}{X_n+15Y_n+3Z_n}$$

【0076】

50

以下のユークリッドメトリックを知覚空間 $L^*u^*v^*$ に対して定義することができる。

【0077】

$$d((L^*, u^*, v^*), (L^{*'}, u^{*'}, v^{*'}))^2 = (L^* - L^{*'})^2 + (u^* - u^{*'})^2 + (v^* - v^{*'})^2$$

L^* は、2つの色 (L^*, u^*, v^*) および $(L^{*'}, u^{*'}, v^{*'})$ の輝度成分間の差であり、 u^* (または v^*) は、これらの2色の色成分間の差である。

【0078】

Luv 空間についての対応する逆知覚的変換は、以下によって与えられる。

【0079】

【数5】

$$X = \frac{9Yu'}{4v'}$$

$$Y = Y_n f^{-1} \left(\frac{1}{116} (L^* + 16) \right)$$

$$Z = \frac{3Y(4 - u')}{4v'} - 5Y$$

【0080】

本発明は知覚空間 $L^*a^*b^*CIE1976$ に限定されず、同じ $L^*a^*b^*$ 空間であるが知覚距離を測定するためのメトリックが異なる $L^*a^*b^*CIE1994$ 、 $L^*a^*b^*CIE2000$ など任意のタイプの知覚空間に、またはたとえば任意の他のユークリッド知覚空間に拡張され得ることを理解されたい。

【0081】

他の例は、 LMS 空間と IPT 空間である。これらの知覚空間上において、メトリックは、好ましくは知覚差に比例するように定義され、その結果、それ未満では人が知覚空間内の2色間の視覚的な差を知覚することができない均一な最大知覚閾値 E_0 が存在することが条件である。

【0082】

ステップ $S102$ では、区分モジュール $PART1$ によって画像が一連の空間ユニットまたはセグメントに空間的に分解される。画像を符号化する際の $HEVC$ ビデオ圧縮技法による空間コード化構造の一例が図2に示されている。 $HEVC$ タイプの符号化器の場合、最も大きな空間ユニットは、コード化ツリーユニット (CTU) と呼ばれる。各空間ユニットは、しばしば4分木と呼ばれる符号化パラメータによって示される分解構成に従ってさらなる要素に分解される。4分木の各葉は、コード化ユニット (CU) と呼ばれ、予測ユニット (PU) および変換ユニット (TU) と呼ばれる1つまたは複数の部分要素にさらに区分される。

【0083】

図1の例のステップ $S102$ では、コード化ユニットは1つまたは複数のセグメントまたはブロック $B1$ に区分され、これらのセグメントまたはブロックは、本例では、符号化器管理モジュール $ENCODER CONTROL$ によって管理される符号化パラメータに従って予測ベースの符号化のための予測ユニット (PU) に対応する。

【0084】

本例では、ステップ $S102$ の出力ブロック $B1$ は PU であるが、 $HEVC$ タイプの技法が適用される本発明の他の実施形態では、ステップ $S102$ の出力は、 CU であっても TU であってもよいことを理解されたい。他の実施形態では、ブロック $B1$ は、符号化される画像の適切な空間領域を指すことになる。

【0085】

本例では、各予測ユニットまたはブロック $B1$ は、それぞれの予測ユニット (イントラまたはインタ) パラメータに関連付けられた方形または矩形の空間領域に対応する。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 6 】

符号化器管理モジュール `ENCODER CONTROL` は、現在の画像の所与のコード化ユニットまたはコード化ユニットの部分要素を符号化するために使用される方策を管理する。それを行うために、符号化器管理モジュールは、候補の符号化パラメータを現在のコード化ユニットまたはコード化ユニット部分要素に割り当てる。これらの符号化パラメータは、以下の符号化パラメータの1つまたは複数を含むことができる。

- ・ 符号化4分木、予測ユニット、および変換ユニットで表されるコード化ツリーユニット組織
- ・ コード化ツリーのコード化ユニットに割り当てられるコード化モード（イントラまたはインタ）
- ・ 考慮されているコード化ツリー内の各イントラコード化ユニットについてのイントラ予測モード（DC、プレーナ、または角度方向）
- ・ インタコード化ユニットの場合のインタ予測パラメータ：動きベクトル、参照ピクチャインデックスなど

本明細書に記載の本発明の実施形態では、候補の符号化パラメータを用いる現在のコード化ユニットの符号化に関連付けられたレート歪みコストが計算され、符号化器管理モジュール `ENCODER CONTROL` は、計算されたレート歪みコストに従って符号化パラメータの少なくとも1つを適合させる。

【 0 0 8 7 】

コード化ユニットのための符号化パラメータの選択は、以下のようにレート歪みコストを最小限に抑えることによって実施される。

【 0 0 8 8 】

【 数 6 】

$$p_{opt} = \underset{p \in P}{\operatorname{Argmin}} \{D(p) + \lambda \cdot R(p)\}$$

【 0 0 8 9 】

上式で、 p は、所与のコード化ユニットのための候補の符号化パラメータのセットを表し、 λ は、ラグランジュパラメータを表し、 $D(p)$ および $R(p)$ は、符号化パラメータの候補のセット p を用いる現在のコード化ユニットの符号化に関連付けられた歪みおよびレートをそれぞれ表す。

【 0 0 9 0 】

本発明の実施形態では、歪み項 $D(p)$ は、符号化される画像の初期のHDR知覚空間内で得られる符号化エラーを表す。一般に、これは、以下で述べるように、符号化パラメータに関連付けられた歪み項 $D(p)$ を計算する前に、元の (L^*, a^*, b^*) 空間に処理して戻されるCUまたはCU部分要素を再構築することを含む。そのような手法は、その元のHDR空間内のコード化ユニットまたは部分要素が考慮されるので、復号された画像内でのアーチファクトの出現を低減する助けとなる。

【 0 0 9 1 】

ステップ `S 1 0 3` では、各予測ユニットまたはブロックは、その予測ユニットまたはブロックを構成するサンプル（サンプルは、1つまたは複数の画素を含むことができる）の輝度値の平均を表す低空間周波数輝度成分 L_{lf} と呼ばれる輝度成分値に帰属する。これは、輝度処理モジュール `LF` によって実施される。低空間周波数輝度成分を計算することは、基本的に、元の画像の輝度成分をダウンサンプリングすることを含む。本発明は、各予測ユニットまたはブロックについて低空間周波数バージョンを計算するための特定の実施形態に限定されないこと、および画像 I_p の輝度成分の任意のローパスフィルタリングまたはダウンサンプリングを使用することができることを理解されたい。ステップ `S 1 0 4` では、低空間周波数輝度成分が量子化ユニット Q によって量子化され、量子化された低空間周波数輝度成分

【 0 0 9 2 】

【数 7】

$$\hat{L}_{lf} = Q(L_{lf})$$

【 0 0 9 3 】

をもたらす。ステップ S 1 1 0 において、エントロピー符号化器 E N C 1 によって、出力ビデオビットストリームのために量子化された低空間周波数輝度成分

【 0 0 9 4 】

【数 8】

$$\hat{L}_{lf}$$

10

【 0 0 9 5 】

に対して、エントロピー符号化が実施される。低空間周波数輝度成分の符号化は、本明細書では、コード化の第 1 のレイヤまたは輝度レイヤと呼ばれることがある。

【 0 0 9 6 】

量子化された低空間周波数輝度成分

【 0 0 9 7 】

【数 9】

$$\hat{L}_{lf}$$

【 0 0 9 8 】

20

のそれぞれの値に基づいて、ステップ S 1 0 5 において、局所的な知覚空間ユニット L P T によって、予測ユニットまたはブロックの輝度および色成分の値が、ステップ S 1 0 1 の知覚空間変換に対応する局所的な知覚空間に変換される。本例におけるこの知覚空間は、知覚空間 L ' a ' b ' である。量子化された低空間周波数輝度成分

【 0 0 9 9 】

【数 1 0】

$$\hat{L}_{lf}$$

【 0 1 0 0 】

は、ディスプレイの参照ライティング条件として使用される。ブロックのこの局所的な知覚空間 L a b の輝度および色成分は、(L^*_{local} , a^*_{local} , b^*_{local}) と記される。実際には、局所的な知覚空間への変換は、局所的な知覚空間内の符号化処理において目標になる量子化された低空間周波数輝度成分

30

【 0 1 0 1 】

【数 1 1】

$$\hat{L}_{lf}$$

【 0 1 0 2 】

および最大エラー閾値 E によって決まる。

【 0 1 0 3 】

40

局所的な知覚空間 (L^*_{local} , a^*_{local} , b^*_{local}) への変換は、以下のステップを含む。輝度信号は、最初に、以下の輝度残差計算を通じて、いわゆる局所的な L D R 表現に変換される。

【 0 1 0 4 】

【数 1 2】

$$L_r = L - \hat{L}_{lf}$$

【 0 1 0 5 】

上式で、 L_r は、計算される残差輝度成分を表し、L は、元の画像内の対応する輝度成分を表し、

50

【 0 1 0 6 】

【数 1 3 】

 \hat{L}_{lf}

【 0 1 0 7 】

は、量子化された低空間周波数輝度成分を表す。

【 0 1 0 8 】

このステップは、本明細書では、LDR局所化ステップと呼ぶことができる。

【 0 1 0 9 】

次いで、残差輝度成分 L_r は、以下のように局所的な知覚空間内で表される。Lab知覚空間モードにおける公称ライティング輝度 Y_n を仮定すると、係数 Y_E によるライティング条件の変化が、知覚空間成分を以下のように変換する。 10

【 0 1 1 0 】

$$(X_n, Y_n, Z_n) \quad (Y_E X_n, Y_E Y_n, Y_E Z_n)$$

これは、以下の知覚閾値 E_0 の変化 E_0 に対応する。

【 0 1 1 1 】

$$E_0 \quad E_0 \cdot Y_E^{(1/3)}$$

したがって、知覚閾値 E_0 は、後処理における最大ライティング変化乗法係数に従ってコード化に適合される。量子化された低空間周波数輝度成分

【 0 1 1 2 】

【数 1 4 】

 \hat{L}_{lf}

【 0 1 1 3 】

の局所的な明るさに関する情報は、 $Y_E = Y_{lf} / Y_n$ をとり、ここで Y_{lf} と

【 0 1 1 4 】

【数 1 5 】

 \hat{L}_{lf}

【 0 1 1 5 】

の関係は、以下によって与えられる。 30

【 0 1 1 6 】

【数 1 6 】

$$\widehat{L}_{lf} = 116 Y_{lf}^{(1/3)} - 16$$

【 0 1 1 7 】

このようにして、知覚空間は、各予測ユニットに関連付けられた低空間周波数輝度成分

【 0 1 1 8 】

【数 1 7 】

 \hat{L}_{lf}

【 0 1 1 9 】

に基づくので局所化される。 40

【 0 1 2 0 】

実際には、Lab CIE 76 知覚空間に対応する実施形態では、知覚空間の局所化は、以下の形態をとる。

【 0 1 2 1 】

【数 18】

$$L_{local}^* = \frac{L_r}{\Delta E} = \frac{L_r}{\Delta E_0(Y_E)^{1/3}} = \frac{L_r \cdot 116}{\hat{L}_{lf} \cdot \Delta E_0}$$

【0122】

色成分 a^* および b^* に関して、LDR 局所化は必要とされない。知覚空間の局所化は、以下の変換を含む。

【0123】

【数 19】

$$a_{local}^* = \frac{a^*}{\Delta E} = \frac{a^*}{\Delta E_0(Y_E)^{1/3}} = \frac{a^* \cdot 116}{\hat{L}_{lf} \cdot \Delta E_0}$$

10

$$b_{local}^* = \frac{b^*}{\Delta E} = \frac{b^*}{\Delta E_0(Y_E)^{1/3}} = \frac{b^* \cdot 116}{\hat{L}_{lf} \cdot \Delta E_0}$$

【0124】

ステップ S106 では、各予測ユニットが、さらなる CU 区分ステップによって 1 つまたは複数の変換ユニット (TU) に分解される。たとえば、イントラコード化ユニットの場合、コード化ユニットの各変換ユニットは、事前にコード化され再構築された隣接する TU から空間予測される。現在の TU に関連付けられた残差テクスチャがステップ S107 で決定される。次いで、残差テクスチャが、ステップ S108 において変換ユニット T によって変換され、ステップ S109 において量子化ユニット Q によって、ステップ S111 におけるエントロピー符号化器 ENC2 によるエントロピー符号化のために量子化される。変換ユニットのために使用される符号化パラメータは、本発明の実施形態のレート歪み計算に基づいて符号化器管理モジュール ENCODER CONTROL によって決定されてもよい。テクスチャ残差の符号化は、本明細書では、コード化の第 2 のレイヤと呼ばれることがある。

20

【0125】

したがって、各予測ユニット内でコード化される残差テクスチャデータが局所的な知覚空間 (L_{local}^* , a_{local}^* , b_{local}^*) 内で表される。符号化される HDR 画像の CTU の 4 分木表現の選択のために局所的な知覚空間に基づいてレート歪みコストが計算された場合、不整合が生じる可能性が高くなる。たとえば、所与の 4 分木レベルでの所与の CU について、符号化器の区分ユニットが 2 つのタイプの予測ユニット、 $2N \times 2N$ と $N \times N$ の間で選択しなければならないと考えると、対応するレート歪みコスト間の比較は、以下のようになる。

30

【0126】

【数 20】

$$D(CU_{level}, 2N \times 2N) + \lambda R(CU_{level}, 2N \times 2N) \leq \sum_{i=1}^4 D(PU_{level}^i, N \times N) + \lambda R(PU_{level}^i, N \times N)$$

40

【0127】

すなわち

【0128】

【数 21】

$$D(CU_{level}, 2N \times 2N) + \lambda R(CU_{level}, 2N \times 2N) \leq \sum_{i=1}^4 D(PU_{level}^i, N \times N) + \lambda \sum_{i=1}^4 R(PU_{level}^i, N \times N)$$

50

【 0 1 2 9 】

右側の項では、異なる色空間内で表された P U について計算された歪みに対して加算が実施されることがわかる。これは、不整合に通じ得る。

【 0 1 3 0 】

そのような問題に対処するために、本発明の実施形態では、画像の空間エンティティに関連付けられたレート歪みコストが、局所的な L D R 知覚空間ではなく元の H D R 知覚空間内で考慮される。このようにして、画像の異なる画像ブロックに対応するレート歪みコストは、同じ知覚空間内で計算されたものであるため比較可能である。したがって、H D R 空間内でコード化ユニットを再構築するステップが図 1 の実施形態の符号化処理に含まれている。H D R 空間内でのコード化ユニットの再構築は、以下のように実施される。

10

【 0 1 3 1 】

コード化ユニットの各 T U は、ステップ S 1 1 2 における逆量子化、ステップ S 1 1 4 における逆変換、およびステップ S 1 1 6 における予測加算を実施することによって再構築される。次いで、再構築された T U は、ステップ S 1 1 8 において元の H D R 空間内で得られる。

【 0 1 3 2 】

本発明の特定の実施形態における局所的な色空間が L a b 7 6 である H D R 空間内で残差 T U を再構築するステップ S 1 1 8 について、以下の式を適用することができる。これらの式は、輝度成分 L およびクロミナンス成分 a、b について H D R 空間内の T U の復号された画素の再構築にそれぞれ対応する。

20

【 0 1 3 3 】

【 数 2 2 】

$$1. L_l^{rec} = (Float) \left(\frac{L_{LDR}^{rec}}{LDRSCALING} \right)$$

$$2. L_{HDR}^{rec} = L_l^{rec} \cdot \frac{\Delta E_0 \cdot \hat{L}_{lf}}{116} + \hat{L}_{lf}$$

$$3. a_l^{rec} = (Float) \left(\frac{a_{LDR}^{rec}}{LDRSCALING} \right)$$

30

$$4. a_{HDR}^{rec} = a_l^{rec} \cdot \frac{\Delta E_0 \cdot \hat{L}_{lf}}{116}$$

$$5. b_l^{rec} = (Float) \left(\frac{b_{LDR}^{rec}}{LDRSCALING} \right)$$

$$6. b_{HDR}^{rec} = b_l^{rec} \cdot \frac{\Delta E_0 \cdot \hat{L}_{lf}}{116}$$

【 0 1 3 4 】

上式で、

40

・ L D R S C A L I N G は、L D R コード化レイヤの入力における所与の画素のダイナミックレンジを固定するための一定の整数を表す。

【 0 1 3 5 】

【 数 2 3 】

$$L_l^{rec}$$

【 0 1 3 6 】

、

【 0 1 3 7 】

50

【数 2 4】

a_l^{rec}

【 0 1 3 8 】

、

【 0 1 3 9 】

【数 2 5】

b_l^{rec}

【 0 1 4 0 】

10

は、サンプルを含む P U に関連付けられた局所的な L a b 空間内で再構築される輝度サンプルおよびクロミナンスサンプルを表す。

・

【 0 1 4 1 】

【数 2 6】

L_{HDR}^{rec}

【 0 1 4 2 】

、

【 0 1 4 3 】

20

【数 2 7】

a_{HDR}^{rec}

【 0 1 4 4 】

、

【 0 1 4 5 】

【数 2 8】

b_{HDR}^{rec}

【 0 1 4 6 】

30

は、圧縮される元の画像 I_p の H D R 知覚空間内で再構築されるサンプルを表す。

・

【 0 1 4 7 】

【数 2 9】

\hat{L}_{lf}

【 0 1 4 8 】

は、逆量子化後、再構築されたバージョンでの、P U に関連付けられた低空間周波数輝度成分を表す。

【 0 1 4 9 】

40

本発明の 1 つまたは複数の実施形態による、符号化パラメータのセットでコード化ユニットを符号化するためにレート歪みコストを計算するためのプロセスは、以下のように開始される。図 1 の実施形態では、レート歪みコストプロセスは、ステップ S 1 2 0 において、レート歪みモジュール R A T E - D I S T によって実施される。

【 0 1 5 0 】

このプロセスは、レート歪みコスト J を 0 にリセットすることによって初期化される：
J = 0

低空間周波数成分 L_{lf} (P U) がステップ S 1 1 0 においてエントロピー符号化された後で、ステップ S 1 2 0 で、エントロピー符号化された低空間周波数成分 L_{lf} (P U) について、関連のレート R (L_{lf}) が決定される。次いで、レート歪みコスト J が、以下に

50

従って更新される。

【 0 1 5 1 】

$J = J + \lambda \cdot R(L_{lf})$

ここで λ はラグランジュパラメータを表す。

【 0 1 5 2 】

関連のレート $R(TU, p)$ が、ステップ S 1 2 0 において、ステップ S 1 1 1 のエントロピー符号化された残差テクスチャについて決定される。

【 0 1 5 3 】

次いで、元の HDR 知覚空間内の再構築された TU についての歪みが、以下のように計算される。

【 0 1 5 4 】

【数 3 0】

$$D^{HDR}(TU, p) = \sum_{i=1}^{n \times n} (TU_{rec}^{HDR}(i) - TU_{orig}^{HDR}(i))^2$$

【 0 1 5 5 】

ここで、

【 0 1 5 6 】

【数 3 1】

$$TU_{orig}^{HDR}(i)$$

【 0 1 5 7 】

は、元の HDR 画像内の TU のサンプルに対応し、

【 0 1 5 8 】

【数 3 2】

$$TU_{rec}^{HDR}(i)$$

【 0 1 5 9 】

は、HDR 知覚空間内の再構築された TU のサンプルに対応する。次いで、CU のレート歪みコスト J が以下のように更新される。

【 0 1 6 0 】

$J = J + D^{HDR}(TU, p) + \lambda \cdot R(TU, p)$

符号化パラメータ p を用いた CU の符号化に関連付けられたレート歪みコストは、以下のように公式化することができる。

【 0 1 6 1 】

$D^{HDR}(CU, p) + (R_{LDR}(CU, p) + R(L_{lf}, p))$

上式で、

・ $R_{LDR}(CU, p)$ は、LDR レイヤ内の考慮されている CU のコード化コストである。

【 0 1 6 2 】

$R(L_{lf}, p)$ は、考慮されている CU に属する PU に関連付けられた低周波数輝度成分のコード化コストである。

【 0 1 6 3 】

ステップ S 1 2 2 では、符号化器管理モジュール ENCODER CONTROL は、HDR 知覚空間内の符号化された TU についてステップ S 1 2 2 で計算されたレート歪みコストに基づいて LDR 符号化処理の符号化パラメータを適合する。

【 0 1 6 4 】

図 3 は、図 1 の符号化ステップが組み込まれる符号化処理の一例を示す概略ブロック図である。追加のモジュールについて、以下のように述べる。ユニット 1 3 0 は、動き推定 (ステップ S 1 3 1)、動き補償 (ステップ S 1 3 2) を含むインタフレーム符号化処理のためにビデオのフレームが記憶されるメモリを表す。再構築された TU に対するイント

10

20

30

40

50

ラ予測は、ステップ S 1 3 3 で実施される。

【 0 1 6 5 】

図 3 に示されているように、符号化器管理モジュール ENCODER CONTROL は、ステップ S 1 2 3 において、現在の画像内で所与のコード化ユニットを符号化するために使用される方策を判断することを担当する。

【 0 1 6 6 】

図 4 は、本発明の他の実施形態による、画像の少なくとも一部を符号化する方法のステップを示す概略ブロック図である。図 4 を参照すると、ステップ S 2 0 1 から S 2 1 4 は、図 1 の対応するステップ S 1 0 1 から S 1 1 4 と同様である。図 4 の実施形態のプロセスは、処理される PU の局所的な知覚空間内で再構築されたテクスチャデータに対してリファインメントが実施される、典型的には疑似ロスレスと呼ばれるリファインメントステップを含む点で図 1 のものと異なる。この符号化は、低空間周波数成分 L_{lf} のエントロピー符号化、残差テクスチャデータのエントロピー符号化、および L_{∞} ノルムエントロピー符号化を含むので、トライレイヤ符号化と呼ばれることがある。符号化処理の追加のリファインメントステップは、元のテクスチャデータと、考慮されている局所的な知覚空間内で構築されたテクスチャデータとの間（ステップ S 2 1 6 から S 2 2 4 ）の L_{∞} ノルムに基づいて歪みを確保する。符号化モジュール ENC 3 は、ステップ S 2 2 1 においてこの符号化レイヤのための符号化を実施する。

【 0 1 6 7 】

レイヤ L_{∞} が存在する場合、符号化器は、2つの異なる動作モードに従って動作することができる。第1の動作モードでは、 L_{∞} ノルムにおける再構築の品質だけが追求される。そのような場合、画像データは、以下に従って、 L_{∞} ノルムにおける品質を確保する最低限のレートで符号化される。

【 0 1 6 8 】

【数 3 3】

$$\begin{cases} \min(R_{lf} + R_{LDR} + R_{L_{\infty}}) \\ \text{s.t. } D_{\infty}(CU^{rec}, CU^{orig}) \leq D_{\infty}^{target} \end{cases}$$

【 0 1 6 9 】

上式で、

【 0 1 7 0 】

【数 3 4】

$$D_{\infty}^{target}$$

【 0 1 7 1 】

は、 L_{∞} ノルムにおける目標歪み（品質レベル）を表し、 $R_{L_{\infty}}$ は、残差レイヤ L_{∞} 内で現在の CU をコード化するために使用されるビットの数を構成する。この動作モードでは、残差レイヤ L_{∞} が、考慮されている局所的な知覚空間内で、元の画素データと再構築されたブロックとの間にあり得る歪みを自動的に補正する。レイヤのセットの符号化のコード化レートは削減され、したがって圧縮の効率が改善される。

【 0 1 7 2 】

トライレイヤ符号化の第2の動作モードでは、 L_{DNR} レイヤ内での再構築の品質と3つのレイヤの合計レートとの間で妥協が探し求められる。レート歪みコストは、以下のように公式化される。

【 0 1 7 3 】

【数 3 5】

$$\min\left(D_2^{HDR}(CU^{rec}, CU^{orig}) + \lambda(R_{lf} + R_{LDR} + R_{L_{\infty}})\right)$$

10

20

30

40

50

【 0 1 7 4 】

【 数 3 6 】

$$D_2^{HDR}(CU^{rec}, CU^{orig})$$

【 0 1 7 5 】

は、LDRレイヤ内で復号され、元の画像のHDR空間内で再構築されたCUの品質に対応する。LDRレイヤの符号化器が L_2 ノルムで動作するので、この品質は、 L_2 ノルムで計算される。さらに、 R_L は、現在のCUについてリファインメントレイヤ L のレートに対応する。

【 0 1 7 6 】

後者の動作モードの利点は、良好な品質の中間LDRレイヤが再構築されることである。

【 0 1 7 7 】

記載の実施形態のそれぞれにおいて、元のHDR画像を表す符号化されたビットストリームが、復号デバイスを備える宛先受信デバイスに送信される。画像データを符号化するために使用された、適合された符号化パラメータに関する情報を復号デバイスに送信し、HDR画像を表すビットストリームを復号し元のHDR画像を再構築することを可能にすることができる。適合された符号化パラメータを表す情報は、送信前に符号化されてもよい。たとえば、図1および図4の実施形態では、適合された符号化パラメータを表すデータが、符号化器管理モジュールによって提供され、符号化器ENC2によってビットストリーム内で符号化される。したがって、これらの例では、これらのパラメータは、コード化の第2のレイヤ(LDRレイヤ)に対応するビットストリーム内で符号化される。

【 0 1 7 8 】

図5は、画像Iを表すビットストリームを復号するための本発明の一実施形態による、復号デバイスによって実装される復号処理の一例を示す概略ブロック図である。復号処理では、復号器DEC1、DEC2、およびDEC3が、それぞれ符号化器ENC1、ENC2、およびENC3によって符号化されたデータを復号するように構成される。

【 0 1 7 9 】

この例では、ビットストリームFは、輝度成分とおそらくは少なくとも1つの色成分とを備えるHDR画像Iを表す。実際、画像Iの成分は、上述の知覚色空間に属する。

【 0 1 8 0 】

ステップ501では、画像Iの輝度成分の低空間周波数バージョンの復号されたバージョン

【 0 1 8 1 】

【 数 3 7 】

$$\widehat{L}_{lf}$$

【 0 1 8 2 】

が、復号器DEC1によりビットストリームFを少なくとも一部復号することによって得られる。

【 0 1 8 3 】

ステップ502では、符号化された残差テクスチャデータの復号されたバージョンが、復号器DEC2によりビットストリームFを少なくとも部分復号することによって得られる。

【 0 1 8 4 】

ステップ505では、残差テクスチャデータの復号されたバージョンおよび画像の輝度成分の低空間周波数バージョンの復号されたバージョン

【 0 1 8 5 】

10

20

30

40

【数 3 8】

\widehat{L}_{lf}

【0 1 8 6】

を互いに関連付け、復号された画像

【0 1 8 7】

【数 3 9】

\hat{f}

【0 1 8 8】

を得る。

【0 1 8 9】

画像データが図 4 のプロセスなどトライレイヤ符号化処理に従って符号化されている本発明のいくつかの実施形態では、復号が復号器ユニット D E C 3 によって実施される復号の第 3 のレイヤが提供される。

【0 1 9 0】

適合された符号化パラメータを表すデータ P が、復号デバイスによって受信され、ステップ 5 3 0 でパラメータ復号器モジュール D E C - P A R によって復号される。符号化パラメータ P は、画像データ I と共にビットストリーム内で送信される。次いで、使用された符号化パラメータに関する情報が復号器 D E C 1、D E C 2、および D E C 3 に提供され、その結果、符号化された画像データを、符号化器の符号化器管理モジュール E N C O D E R C O N T R O L によって決定された符号化パラメータに従って復号パラメータを用いて復号することができる。

【0 1 9 1】

復号器 D E C 2 の復号精度は、表示される画像の復号されたバージョン内の視覚的損失の制御を保証する知覚空間内で定義されるメトリックの上限を定義する知覚閾値 E によって決まる。したがって、復号の精度は、局所的に変化する知覚閾値の関数である。

【0 1 9 2】

前述のように、一実施形態によると、知覚閾値 E は、ディスプレイの参照ライティング条件（符号化するために使用されるものと同じ）、および画像 I の輝度成分の低空間周波数バージョンの復号されたバージョン

【0 1 9 3】

【数 4 0】

\widehat{L}_{lf}

【0 1 9 4】

に従って決定される。

【0 1 9 5】

一実施形態によると、残差画像の各成分は、知覚閾値 E により正規化されており、その残差画像は、一定の精度で復号され、差分画像の復号されたバージョンの各成分は、知覚閾値 E の助けにより再正規化され、ここで、

【0 1 9 6】

【数 4 1】

$$\Delta E = \Delta E_0 \cdot \frac{\widehat{L}_{lf}}{116}$$

【0 1 9 7】

一実施形態によると、再正規化は、知覚閾値 E の関数である値による割り算である。

【0 1 9 8】

符号化器 E N C 1、E N C 2、および / または E N C 3（ならびに復号器 D E C 1、D

10

20

30

40

50

ENC2、および/またはDEC3)は、特定の符号化器(復号器)に限定されないが、エントロピー符号化器(復号器)が必要とされるとき、ハフマンコード、算術コード、またはh264/AVCもしくはHEVCで使用されるCabacのようなコンテキスト適応コードなど、エントロピー符号化器が有利である。

【0199】

符号化器ENC2(および復号器DEC2)は、たとえばJPEG、JPEG2000、MPEG2、h264/AVC、またはHEVCのようなロッキー画像/ビデオコードとすることができる特定の符号化器に限定されない。

【0200】

符号化器ENC3(および復号器DEC3)は、たとえばJPEGロスレス、h264/AVCロスレス、トレリスベースの符号化器、または適応DPCMのような符号化器のような画像コードとすることができる特定のロスレスまたは疑似ロスレス符号化器に限定されない。

【0201】

一変形形態によると、ステップ510で、モジュールIICが、ステップ505の出力である復号された画像

【0202】

【数42】

\hat{f}

【0203】

に逆知覚的変換を提供するように構成される。たとえば、復号された画像

【0204】

【数43】

\hat{f}

【0205】

の推定が周知の空間(X, Y, Z)に変換される。

【0206】

知覚空間LabCIE1976が選択されるとき、逆知覚的変換は、以下によって与えられる。

【0207】

【数44】

$$\begin{aligned} X &= X_n f^{-1} \left(\frac{1}{116} (L^* + 16) + \frac{1}{500} a^* \right) \\ Y &= Y_n f^{-1} \left(\frac{1}{116} (L^* + 16) \right) \\ Z &= Z_n f^{-1} \left(\frac{1}{116} (L^* + 16) + \frac{1}{200} b^* \right) \end{aligned}$$

【0208】

知覚空間Luvが選択されるとき、逆知覚的変換は、以下によって与えられる。

【0209】

10

20

30

40

【数 4 5】

$$X = \frac{9Yu'}{4v'}$$

$$Y = Y_n f^{-1} \left(\frac{1}{116} (L^* + 16) \right)$$

$$Z = \frac{3Y(4 - u')}{4v'} - 5Y$$

【0210】

10

おそらくは、空間（X，Y，Z）内の画像は、（R，G，B）空間など初期空間内の復号された画像の推定を得るために逆変換される。

【0211】

図1および図3から図7では、これらのモジュールは、区別可能な物理ユニットに対応してもしなくてもよい機能ユニットである。たとえば、複数のそのようなモジュールが、一意のコンポーネントまたは回路内で関連付けられても、ソフトウェア機能に対応してもよい。さらに、モジュールは、おそらくは別個の物理エンティティから構成されてもよい。

【0212】

20

本発明の実施形態と適合する装置は、ハードウェアだけによって実装されても、ソフトウェアだけによって実装されても、ハードウェアとソフトウェアの組合せによって実装されてもよい。ハードウェアの点では、たとえば、ASICもしくはFPGAもしくはVLSI、それぞれ<<特定用途向け集積回路>>、<<フィールドプログラマブルゲートアレイ>>、<<超大規模集積>>など、またはデバイス内に埋め込まれたいくつかの集積電子コンポーネントを使用することによって、またはハードウェアコンポーネントとソフトウェアコンポーネントのブレンドから、専用ハードウェアが使用されてもよい。

【0213】

図6Aは、本発明の一実施形態による符号化デバイスの概略ブロック図である。

【0214】

30

符号化デバイス600は、データを受信および送信するためのI/Oインターフェース610と、メモリ620と、メモリコントローラ625と、I/Oインターフェース610から受け取られたデータを処理するための1つまたは複数の処理ユニット（CPU）を備える処理回路640とを備える。CPUは、デジタル信号プロセッサ（DSP）を含むことができる。メモリは、読出し専用メモリ（ROM）およびランダムアクセスメモリ（RAM）を含むことができる。

【0215】

40

1つまたは複数の処理ユニット640は、メモリ620内に記憶された様々なソフトウェアプログラムおよび/または命令のセットを実行し、符号化デバイス600のための様々な機能を実施し、データを処理する。様々なコンポーネントは、データバスを介してリンクされる。本発明の実施形態による方法のアルゴリズムは、メモリ620のROM内にソフトウェアコンポーネントとして記憶される。CPUは、メモリのRAM内のプログラムをアップロードし、対応する命令を実行する。

【0216】

メモリ620内に記憶されたソフトウェアコンポーネントは、ローダイナミックレンジ（LDR）画像に適用可能な符号化処理を使用してその画像の少なくとも一部のセグメントを符号化し、符号化処理において少なくとも1つの符号化パラメータを適用するための符号化器モジュール（または命令のセット）ENCと、符号化されたセグメントをハイダイナミックレンジの知覚空間内で再構築するための再構築モジュールREC（または命令のセット）と、ハイダイナミックレンジの知覚空間内の符号化されたセグメントについてレート歪みコストを決定するためのレート歪みモジュールRATE-DIST（または命

50

令のセット)と、セグメントの符号化処理のための少なくとも1つの符号化パラメータを評価されたレート歪みコストに基づいて調整するための符号化器管理モジュール(ENC CTRL)(または命令のセット)とを含む。

【0217】

一般的なシステムタスク(たとえば、電力管理、メモリ管理)を制御するための、また符号化デバイス600の様々なハードウェアおよびソフトウェアコンポーネント間の通信を容易にするためのオペレーティングシステムモジュールO/S、ならびにI/Oインターフェース610を介した他のデバイスとの通信を制御および管理するためのインターフェースモジュールINTなど、他のモジュールが含まれてもよい。

【0218】

他の実施形態では、符号化デバイスは、ディスプレイライティングの最大環境輝度値 Y_{max} などディスプレイの参照ライティング条件を得るための参照ライティングモジュールをさらに備えることができる。

【0219】

特定の他の実施形態によると、符号化デバイスは、ディスプレイを備えることができ、ディスプレイの参照ライティング条件を得るための参照ライティングモジュールは、ディスプレイのそのような参照ライティング条件を、ディスプレイの特性から、またはモジュールによって取り込まれるディスプレイ周りのライティング条件から決定するように構成される。たとえば、ディスプレイライティングの最大環境輝度値 Y_{max} を得るためのモジュールは、ディスプレイに取り付けられ、環境ライティング条件を測定するセンサを備える。フォトダイオードなどがこの目的に使用されてもよい。

【0220】

図6Bは、本発明の一実施形態による復号デバイスの概略ブロック図である。

【0221】

復号デバイス700は、データを受信および送信するためのI/Oインターフェース710と、メモリ720と、メモリコントローラ725と、I/Oインターフェース710から受け取られたデータを処理するための1つまたは複数の処理ユニット(CPU)を備える処理回路740とを備える。CPUは、デジタル信号プロセッサ(DSP)を含むことができる。メモリは、読み出し専用メモリ(ROM)およびランダムアクセスメモリ(RAM)を含むことができる。

【0222】

1つまたは複数の処理ユニット740は、メモリ720内に記憶された様々なソフトウェアプログラムおよび/または命令のセットを実行し、復号デバイス700のための様々な機能を実施し、データを処理する。様々なコンポーネントは、データバスを介してリンクされる。本発明の実施形態による方法のアルゴリズムは、メモリ720のROM内にソフトウェアコンポーネントとして記憶される。CPUは、メモリのRAM内のプログラムをアップロードし、対応する命令を実行する。

【0223】

メモリ720内に記憶されたソフトウェアコンポーネントは、ローダイナミックレンジ(LDR)画像に適用可能な復号処理を使用して、また復号処理において少なくとも1つの復号パラメータを適用して、画像の少なくとも一部のセグメントを復号するための復号器モジュール(または命令のセット)DECを含む。復号パラメータ

【0224】

一般的なシステムタスク(たとえば、電力管理、メモリ管理)を制御するための、また符号化デバイス600の様々なハードウェアおよびソフトウェアコンポーネント間の通信を容易にするためのオペレーティングシステムモジュールO/S、ならびにI/Oインターフェースを介した他のデバイスとの通信を制御および管理するためのインターフェースモジュールINTなど、他のモジュールが含まれてもよい。

【0225】

図7は、本発明の実施形態を実装することができる通信システムの一例である。この通

10

20

30

40

50

信システムは、通信ネットワーク N E T を介して通信する 2 つの遠隔デバイス A、B を含む。通信ネットワーク N E T は、無線ネットワーク、有線ネットワーク、または無線通信リンクと有線通信リンクの組合せであってもよい。

【 0 2 2 6 】

デバイス A は、本発明の実施形態のいずれかによる H D R 画像を符号化するための方法を実装するように構成された符号化器を備え、デバイス B は、図 5 に関連して述べた H D R 画像を表すビットストリームを復号するための方法を実装するように構成された復号器を備える。また、デバイス B は、復号された H D R 画像を表示するためのディスプレイ 37 を備えることができる。

【 0 2 2 7 】

本発明のいくつかの他の実施形態では、デバイス A、B は、ディスプレイライティングの最大環境輝度値 Y_{-n} などディスプレイの参照ライティング条件に関する情報にアクセスすることができるように構成される。

【 0 2 2 8 】

たとえば、デバイス A、B は、ディスプレイライティングの最大環境輝度値 Y_{-n} などディスプレイの同じ参照ライティング条件を記憶する。

【 0 2 2 9 】

あるいは、デバイス B は、ディスプレイライティングの最大環境輝度値 Y_{-n} などディスプレイの参照ライティング条件を得るように、またそれをデバイス A に送るように構成される。次いで、デバイス A は、ディスプレイライティングの最大輝度値 Y_{-n} など送信されたディスプレイの参照ライティング条件を受信するように構成される。

【 0 2 3 0 】

逆に、デバイス A は、ディスプレイライティングの最大環境輝度値 Y_{-n} などディスプレイの参照ライティング条件を、たとえば記憶メモリから得るように、またそれをデバイス B に送るように構成される。次いで、デバイス B は、ディスプレイライティングの最大環境輝度環境値 Y_{-n} などそのような送信されたディスプレイの参照ライティング条件を受信するように構成される。

【 0 2 3 1 】

本明細書に記載の本発明の実施形態は、たとえば方法もしくはプロセス、装置、ソフトウェアプログラム、データストリーム、または信号で実装され得る。単一の形態の実装の文脈で論じられているにすぎない(たとえば、方法としてのみ論じられている)場合でさえ、論じられている特徴の実装は、他の形態(たとえば、装置またはプログラム)でも実装され得る。装置は、たとえば適切なハードウェア、ソフトウェア、およびファームウェアで実装され得る。方法は、たとえばプロセッサなど装置で実装され得る。プロセッサという用語は、たとえばコンピュータ、マイクロプロセッサ、集積回路、またはプログラマブルロジックデバイスを含めて、処理デバイスを一般に指す。また、プロセッサは、たとえばコンピュータ、タブレット、セル電話、ポータブル/携帯情報端末(PDA)、およびエンドユーザ間の情報の通信を容易にする他のデバイスなど、通信デバイスを含むことができる。

【 0 2 3 2 】

本原理の「one embodiment (一実施形態)」または「an embodiment (一実施形態)」または「one implementation (一実装)」または「an implementation (一実装)」、ならびにそれらの他の変形形態に言及することは、その実施形態に関連して述べられている特定の特徵、構造、特性などが本原理の少なくとも 1 つの実施形態に含まれることを意味する。したがって、本明細書を通して様々な場所に現れる「in one embodiment (一実施形態では)」または「in an embodiment (一実施形態では)」または「in one implementation (一実装では)」または「in an implementation (一実装では)」、ならびに他の変形形態の出現は、必ずしもすべて同じ実施形態を指すとは限らない。

【0233】

さらに、本説明または特許請求の範囲は、様々な情報を「決定すること」を指すことがある。情報を決定することは、たとえば、情報を推定すること、情報を計算すること、情報を予測すること、または情報をメモリから取り出すことのうちの1つまたは複数を含むことができる。

【0234】

さらに、本説明または特許請求の範囲は、様々な情報を「受け取ること」を指すことがある。受け取るとは、「アクセスすること」と同様に、広い用語であることが意図されている。情報を受け取るとは、たとえば、情報にアクセスすること、または情報を（たとえば、メモリから）取り出すことのうちの1つまたは複数を含むことができる。さらに、「受け取ること」は、一般に、たとえば、情報を記憶すること、情報を処理すること、情報を送信すること、情報を移動すること、情報をコピーすること、情報を消去すること、情報を計算すること、情報を決定すること、情報を予測すること、または情報を推定することなど動作中に何らかの形で含まれる。

【0235】

本発明について特定の実施形態を参照して上述したが、本発明は、それらの特定の実施形態に限定されず、本発明の範囲内にある修正形態が当業者には明らかになることを理解されたい。

【0236】

たとえば、前述の例では、H E V Cコード化プロセスに基づく符号化処理について述べたが、本発明は、何らかの特定の符号化処理に限定されないことを理解されたい。L D R画像の符号化に適用可能な他の符号化処理が、本発明の文脈において適用されてもよい。たとえば、符号化処理および相補的な復号処理は、M P E G 2、M P E G 4、A V C、H . 2 6 3など、何らかの符号化方策の最適化ステップを含む他の符号化/復号方法に基づいてもよい。

【0237】

当業者には、例示のためだけに与えられ、添付の特許請求の範囲によってのみ決定される本発明の範囲を限定するものではない前述の例示的な実施形態を参照したとき、多数の他の修正形態および変形形態が自ずと暗示されよう。特に、異なる実施形態からの異なる特徴は、適宜交換され得る。

上記実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

(付記1)

輝度成分および色差メトリックを有するハイダイナミックレンジの知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を符号化する方法であって、

ローダイナミックレンジ(L D R)画像に適用可能な符号化処理を使用して前記画像の前記一部のセグメントを符号化し、前記符号化処理において少なくとも1つの符号化パラメータを適用するステップ(S 1 0 2 ; S 2 0 2、S 1 0 7 ; S 2 0 7、S 1 1 6 ; S 2 1 6)と、

前記符号化されたセグメントをハイダイナミックレンジの前記知覚空間内で再構築するステップ(S 1 1 8、S 2 2 4)と、

ハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記符号化されたセグメントについてレート歪みコストを評価するステップ(S 1 2 0 ; S 2 2 0)と、

前記セグメントの前記符号化処理のための前記少なくとも1つの符号化パラメータを前記評価されたレート歪みコストに基づいて調整するステップ(S 1 2 2 ; S 2 2 2)と、を含む、前記方法。

(付記2)

前記少なくとも1つの符号化パラメータは、符号化される前記画像のセグメントに前記画像を区分することを定義し、符号化される各セグメントは、H D Rの対応する知覚空間を有する、付記1に記載の方法。

10

20

30

40

50

(付記 3)

前記少なくとも 1 つの符号化パラメータは、コード化 4 分木パラメータを含む、付記 2 に記載の方法。

(付記 4)

前記セグメントについて、共通の代表的な輝度成分値を、前記セグメントの対応する画像サンプルの輝度値に基づいて得るステップ (S 1 0 3 、 S 2 0 3) をさらに含む、付記 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の方法。

(付記 5)

前記レート歪みコストを評価するステップ (S 1 2 0) は、前記共通の代表的な輝度成分値の符号化に関連付けられたレートを評価するステップを含む、付記 4 に記載の方法。

(付記 6)

前記符号化処理は、H E V C 圧縮技法による符号化処理であり、前記画像の前記少なくとも一部のセグメントは、コード化ユニット、予測ユニット、または変換ユニットに対応する、付記 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の方法。

(付記 7)

画像セグメントを符号化する前に、前記セグメントを共通の代表的な輝度成分値に基づいて局所的な知覚空間内で表すステップ (S 1 0 5 ; S 2 0 5) をさらに含む、付記 2 ~ 6 のいずれか一項に記載の方法。

(付記 8)

前記セグメントについて、局所的な L D R 領域内の局所的な残差輝度成分を得るステップであって、前記局所的な残差輝度成分は、元の画像の対応する輝度成分と前記セグメントの前記共通の代表的な輝度値との差に対応する、前記ステップを含む、付記 7 に記載の方法。

(付記 9)

前記セグメントについて、前記局所的な知覚空間内の少なくとも 1 つの対応する画像部分を得るステップであって、前記少なくとも 1 つの画像部分は、前記セグメントの前記共通の代表的な輝度値に従って正規化された前記セグメントの前記局所的な残差輝度成分または色成分に対応する、前記ステップをさらに含む、付記 8 に記載の方法。

(付記 1 0)

前記レート歪みコストを評価するステップ (S 1 2 0 ; S 2 2 0) は、前記少なくとも 1 つの画像部分の符号化に関連付けられたレートを評価するステップを含む、付記 9 に記載の方法。

(付記 1 1)

前記レート歪みコストを評価するステップ (S 1 2 0 ; S 2 2 0) は、ハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記符号化されたセグメントの再構築に関連付けられた歪みを評価するステップを含む、付記 1 ~ 1 0 のいずれか一項に記載の方法。

(付記 1 2)

符号化パラメータセット p についてのレート歪みコスト D^{HDR} は、以下の式に基づいて評価され、

$$D^{HDR}(CU, p) + (R_{LDR}(CU, p) + R(L_{lf}, p))$$

上式で、

・ $R_{LDR}(CU, p)$ は、残差画像部分の符号化に関連付けられたレートであり、

$R(L_{lf}, p)$ は、共通の代表的な輝度成分値の符号化に関連付けられたレートであり、

、

$D^{HDR}(CU, p)$ は、ハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記符号化されたセグメントの再構築に関連付けられた歪みであり、

は、ラグランジュパラメータである、付記 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の方法。

(付記 1 3)

局所的な前記知覚空間内で再構築された残差画像部分のサンプルと、元のテクスチャのサンプルと、前記画像の対応するサンプルとの間で仮想ロスレスリファインメントを実施

10

20

30

40

50

するステップ (S 2 1 8) をさらに含む、付記 1 ~ 1 2 のいずれか一項に記載の方法。

(付記 1 4)

輝度成分および色差メトリックを有するハイダイナミックレンジの知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を符号化するための符号化デバイスであって、

ローダイナミックレンジ (L D R) 画像に適用可能な符号化処理を使用して前記画像の前記少なくとも一部のセグメントを符号化し、前記符号化処理において少なくとも 1 つの符号化パラメータを適用するための符号化器 (E N C ; E N C 1、E N C 2、E N C 3) と、

前記符号化されたセグメントをハイダイナミックレンジの前記知覚空間内で再構築するための再構築モジュール (R E C) と、

ハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記符号化されたセグメントについてレート歪みコストを決定するためのレート歪みモジュール (R A T E - D I S T) と、

前記セグメントの前記符号化処理のための前記少なくとも 1 つの符号化パラメータを評価された前記レート歪みコストに基づいて調整するための符号化器管理モジュール (E N C O D E R C O N T R O L ; E N C - C T R L) と、

を備える、前記符号化デバイス。

(付記 1 5)

輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を表すビットストリームを復号するための方法であって、

前記画像を符号化するために使用される少なくとも 1 つの符号化パラメータを表すコード化データにアクセスするステップと、

ローダイナミックレンジ (L D R) 画像に適用可能な復号処理を使用して前記画像の前記少なくとも一部のセグメントを、前記少なくとも 1 つの符号化パラメータにそれぞれ対応する少なくとも 1 つの復号パラメータを適用することによって復号するステップと、を含み、

前記符号化パラメータは、L D R 画像に適用可能な符号化処理およびハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記セグメントの再構築によって、前記セグメントの符号化後、前記セグメントについて評価されたレート歪みコストに基づいて事前に決定される、前記方法。

(付記 1 6)

輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を表すビットストリームを復号するための復号デバイスであって、

前記画像を符号化するために使用される少なくとも 1 つの符号化パラメータを表すコード化データにアクセスするインターフェース (I / O ; 5 3 0) と、

ローダイナミックレンジ (L D R) 画像に適用可能な復号処理を使用して前記画像の前記少なくとも一部のセグメントを、前記少なくとも 1 つの符号化パラメータにそれぞれ対応する少なくとも 1 つの復号パラメータを適用することによって復号するための復号器 (D E C ; 5 0 1、5 0 2 ; 5 2 0) と、を備え、

前記少なくとも 1 つの符号化パラメータは、L D R 画像に適用可能な符号化処理およびハイダイナミックレンジの前記知覚空間内の前記セグメントの再構築によって、前記セグメントの符号化後、前記セグメントについて評価されたレート歪みコストに基づいて事前に決定される、前記復号デバイス。

(付記 1 7)

輝度成分および色差メトリックを有する知覚空間内で定義されるハイダイナミックレンジの画像の少なくとも一部を表すビットストリームと、

前記画像を符号化するために使用される少なくとも 1 つの符号化パラメータを表すコード化データと、を備え、前記少なくとも 1 つの符号化パラメータは、前記画像の符号化されたセグメントについて評価されたレート歪みコストに基づいて事前に決定され、前記符

10

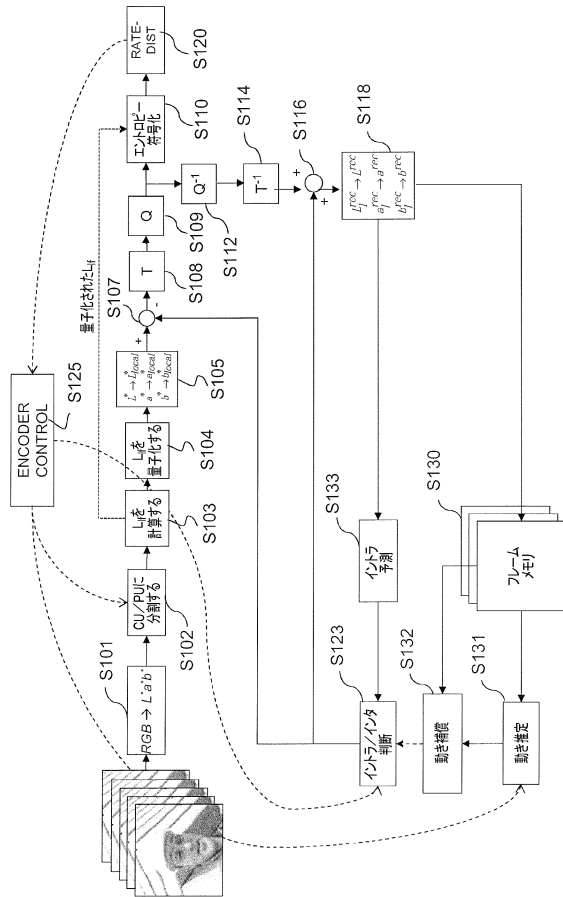
20

30

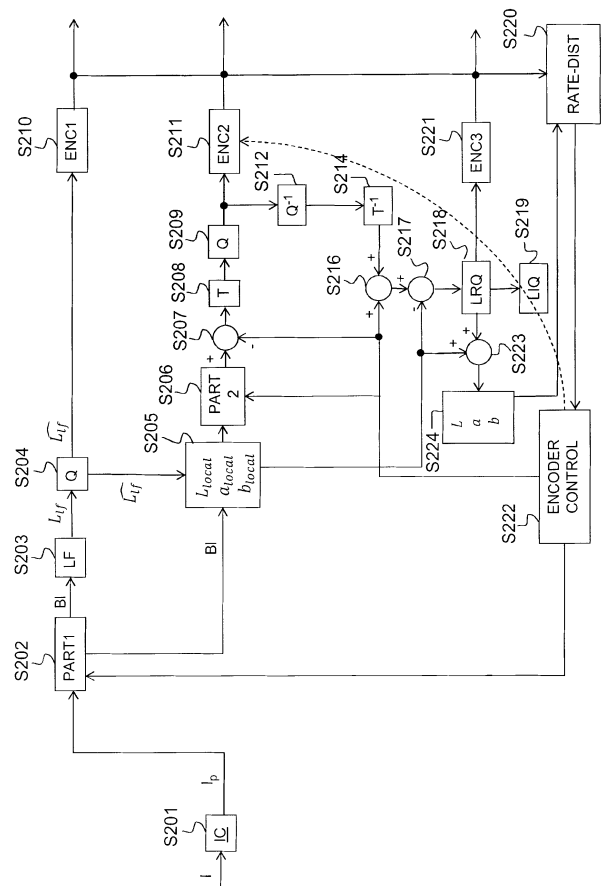
40

50

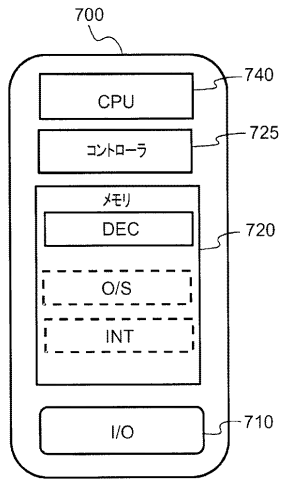
【図 3】



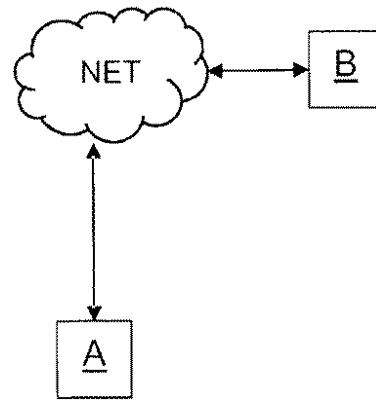
【図 4】



【図 6 B】



【図 7】



フロントページの続き

(74)代理人 100108213

弁理士 阿部 豊隆

(72)発明者 ファブリツェ ル レアンネック

フランス 3 5 5 7 6 セゾン セヴィニエ シーエス 1 7 6 1 6 ゼットエーシー デ シ
ャン ブラン デ シャン ブラン アベニュー 9 7 5 テクニカラー アールアンドディー
フランス内

(72)発明者 セバスチャン ラセール

フランス 3 5 5 7 6 セゾン セヴィニエ シーエス 1 7 6 1 6 ゼットエーシー デ シ
ャン ブラン デ シャン ブラン アベニュー 9 7 5 テクニカラー アールアンドディー
フランス内

(72)発明者 ダヴィッド トウゼ

フランス 3 5 5 7 6 セゾン セヴィニエ シーエス 1 7 6 1 6 ゼットエーシー デ シ
ャン ブラン デ シャン ブラン アベニュー 9 7 5 テクニカラー アールアンドディー
フランス内

審査官 堀井 啓明

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 3 / 0 6 8 1 3 2 (W O , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 0 0 3 5 2 7 (U S , A 1)

特表 2 0 1 3 - 5 3 9 6 1 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 N 1 9 / 0 0 - 1 9 / 9 8