

(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2016-500965

(P2016-500965A)

(43) 公表日 平成28年1月14日(2016.1.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04N 11/20 (2006.01)	H04N 11/20	5C057
H04N 19/59 (2014.01)	H04N 19/59	5C159
H04N 19/85 (2014.01)	H04N 19/85	
H04N 19/63 (2014.01)	H04N 19/63	
H04N 19/46 (2014.01)	H04N 19/46	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 70 頁)

(21) 出願番号 特願2015-538079 (P2015-538079)
 (86) (22) 出願日 平成25年10月18日 (2013.10.18)
 (85) 翻訳文提出日 平成27年4月7日 (2015.4.7)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2013/065754
 (87) 国際公開番号 W02014/066182
 (87) 国際公開日 平成26年5月1日 (2014.5.1)
 (31) 優先権主張番号 61/717,097
 (32) 優先日 平成24年10月22日 (2012.10.22)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 14/027,028
 (32) 優先日 平成25年9月13日 (2013.9.13)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 314015767
 マイクロソフト テクノロジー ライセン
 シング, エルエルシー
 アメリカ合衆国 ワシントン州 9805
 2 レッドモンド ワン マイクロソフト
 ウェイ
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレーム・パッキング／アンパッキングのための帯域分離フィルタリング／逆フィルタリング

(57) 【要約】

YUV4:4:4等の高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのビデオ・フレームをYUV4:2:0等の低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームにパックするとき、コンピューティング・デバイスは、高解像度フレームのクロマ成分のサンプル値に対して、ウェーブレット分解（又は、他の帯域分離フィルタリング）を実行して、複数の帯域のサンプル値を生成する。デバイスは、複数の帯域のサンプル値を、低解像度フレームの諸部分に割り当てる。対応するアンパッキング・オペレーション中、コンピューティング・デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームの諸部分を、複数の帯域のサンプル値に割り当てる。デバイスは、複数の帯域のサンプル値に対して、ウェーブレット再構成（又は、他の逆帯域分離フィルタリング）を実行して、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのクロマ成分のサンプル値を生成する。低解像度フレームにパックされるクロマ成分の符号化中に歪みが生成されるとき、帯域分離フィルタリングは、再構築の品質を向上させるのに役立ち得る。

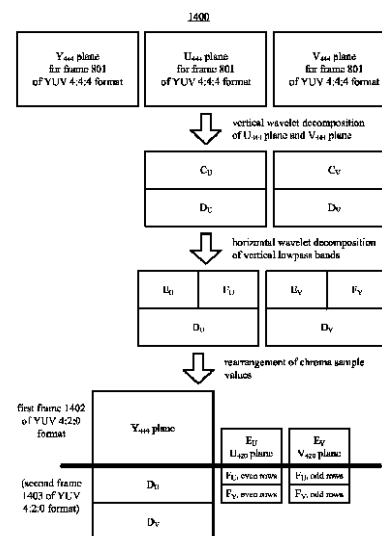


Figure 14

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームを、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームにパックするパッキング・ステップであって、前記パッキング・ステップは、

複数の帯域のサンプル値を生成するために、前記高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームのクロマ成分のサンプル値に対して、帯域分離フィルタリングを実行するステップと、

前記複数の帯域の前記サンプル値を、前記低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームの諸部分に割り当てるステップと、

を含むパッキング・ステップ

を含む、方法。

10

【請求項 2】

前記パッキング・ステップの後に、

前記低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームを符号化するステップ

をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記帯域分離フィルタリングは、3 帯域ウェーブレット分解又は 4 帯域ウェーブレット分解である、請求項 1 記載の方法。

20

【請求項 4】

前記帯域分離フィルタリングは、リフティングを使用する、且つ/あるいは、前記帯域分離フィルタリングは、前記複数の帯域の前記サンプル値の少なくとも一部をクリップすることを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

適用されるフィルタリングのタイプと、適用されるフィルタリングのフィルタリング位相とのうちの 1 以上を示すメタデータをシグナリングするステップ

をさらに含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

方法を実行するよう適合されたコンピューティング・デバイスであって、前記方法は、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームを、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームにアンパックするアンパッキング・ステップであって、前記アンパッキング・ステップは、

30

前記低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームの諸部分を、複数の帯域のサンプル値に割り当てるステップと、

前記高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームのクロマ成分のサンプル値を生成するために、前記複数の帯域の前記サンプル値に対して、逆帯域分離フィルタリングを実行するステップと、

を含むアンパッキング・ステップ

を含む、コンピューティング・デバイス。

40

【請求項 7】

前記方法は、前記アンパッキング・ステップの前に、

前記低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームを復号化するステップ

をさらに含む、請求項 6 記載のコンピューティング・デバイス。

【請求項 8】

前記逆帯域分離フィルタリングは、3 帯域ウェーブレット再構成又は 4 帯域ウェーブレット再構成である、請求項 6 記載のコンピューティング・デバイス。

【請求項 9】

前記方法は、

50

適用されるフィルタリングのタイプと、適用されるフィルタリングのフィルタリング位相とのうちの 1 以上を示すメタデータを受信するステップ

をさらに含む、請求項 6 記載のコンピューティング・デバイス。

【請求項 10】

方法を実行するよう適合されたコンピューティング・デバイスであって、前記方法は、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームを、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームにバックするバックング・ステップであって、前記高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットは、4 : 4 : 4 フォーマット、4 : 2 : 2 フォーマット、又は 4 : 2 : 0 フォーマットであり、前記低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットは、前記高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットよりも低い、4 : 2 : 2 フォーマット、4 : 2 : 0 フォーマット、又は 4 : 0 : 0 フォーマットであり、前記バックング・ステップは、

複数の帯域のサンプル値を生成するために、前記高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームのクロマ成分のサンプル値に対して、ウェーブレット分解を実行するステップと、

前記複数の帯域の前記サンプル値を、前記低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームの諸部分に割り当てるステップと、

を含むバックング・ステップ

を含む、コンピューティング・デバイス。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

エンジニアは、デジタル・ビデオのビット・レートを低減させるために、圧縮（ソース符号化とも呼ばれる）を使用する。圧縮は、ビデオ情報をより低いビット・レート形式に変換することにより、ビデオ情報を記憶して伝送するコストを低減させる。伸張（復号化とも呼ばれる）は、圧縮形式からオリジナル情報のバージョンを再構築する。「コーデック」はエンコーダ/デコーダ・システムである。

【0002】

ここ 20 年の間、ITU-T H.261 規格、H.262 (MPEG-2 又は ISO/IEC 13818-2) 規格、H.263 規格、及び H.264 (MPEG-4 AVC 又は ISO/IEC 14496-10) 規格、並びに、MPEG-1 (ISO/IEC 11172-2) 規格、MPEG-4 Visual (ISO/IEC 14496-2) 規格、及び SMPTE 421M 規格を含む様々なビデオ・コーデック規格が採用されてきた。より最近では、HEVC (ITU-T H.265 又は ISO/IEC 23008-2) 規格を策定中である。例えば、HEVC 規格のドラフト・バージョン「CTVC-I1003 (2012 年 4 月にジュネーブで開催された第 9 回会合の "High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 7", JCTVC-I1003_d5) を参照されたい。ビデオ・コーデック規格は、通常、特定の機能が符号化及び復号化において使用されるとき、符号化ビデオ・ビットストリームのシンタックスのためのオプション、ビットストリームにおける詳細パラメータを定義している。多くの場合、ビデオ・コーデック規格はまた、デコーダが復号化において整合する結果を達成するために実行すべき復号化オペレーションに関する詳細を提供している。コーデック規格とは別に、様々なプロプライエタリ・コーデック・フォーマット (proprietary codec format) が、符号化ビデオ・ビットストリームのシンタックスのための他のオプション及び対応する復号化オペレーションを定義している。

【0003】

カメラ、アニメーション出力、スクリーン・キャプチャ・モジュール等のビデオ・ソースは、通常、YUV 4 : 4 : 4 クロマ・サンプリング・フォーマット等のフォーマットに変換されるビデオを提供する。YUV フォーマットは、おおよその輝度値を表すサンプル値を有するルマ（すなわち、Y）成分と、色差値を表すサンプル値を有する複数のクロマ

10

20

30

40

50

(すなわち、U及びV)成分とを含む。YUV4:4:4フォーマットにおいて、クロマ情報は、ルマ情報と同じ空間解像度で表される。

【0004】

多くの商用利用可能なビデオ・エンコーダ及びビデオ・デコーダは、YUV4:2:0クロマ・サンプリング・フォーマットしかサポートしていない。YUV4:2:0フォーマットは、YUV4:4:4フォーマットと比較すると、クロマ解像度が水平方向及び垂直方向の両方でルマ解像度の半分であるように、クロマ情報をサブサンプリングするフォーマットである。設計原理として、符号化/復号化のためにYUV4:2:0フォーマットを使用する決定は、カメラによりキャプチャされた自然なビデオ・コンテンツの符号化/復号化等のほとんどのユース・ケースにおいて、ビューワがYUV4:2:0フォーマットで符号化/復号化されたビデオとYUV4:4:4フォーマットで符号化/復号化されたビデオとの間の多くの視覚的な差異に通常は気付かないという理解に基づいている。したがって、1フレームにつきより少ないサンプルしか有さないYUV4:2:0フォーマットの圧縮上の利点は注目すべきものである。しかしながら、ビデオがよりリッチな色情報を有するいくつかのユース・ケースが存在し、色に対するより高い忠実性が正しいとされる場合がある。そのようなユース・ケースにおいて、YUV4:4:4クロマ・サンプリング・フォーマットとYUV4:2:0クロマ・サンプリング・フォーマットとの間の差異は、ビューワにより、より容易に認識される。例えば、コンピュータ・スクリーン・テキスト・コンテンツ、人工的な鋭い境界を有するアニメーション化されたビデオ・コンテンツ、又はより一般的にはビデオ・コンテンツの所定のフィーチャ(スクロールするタイトル及び鋭いグラフィックス、又はクロマ・チャンネルに集中した情報を有するビデオ等)の符号化/復号化では、4:4:4フォーマットの方が、4:2:0フォーマットよりも好ましいものであり得る。4:4:4フォーマットの符号化及び復号化をサポートするスクリーン・キャプチャ・コーデックが利用可能であるが、4:4:4フォーマットをサポートするコーデックの幅広いサポートの欠如(特に、ハードウェア・コーデック実装に関して)が、そのようなユース・ケースの障害である。

【発明の概要】

【0005】

要約すると、詳細な説明は、符号化のための低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのビデオ・フレームへの高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのビデオ・フレームのフレーム・パッキング(frame packing)におけるイノベーションを提供する。例えば、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットはYUV4:4:4フォーマットであり、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットはYUV4:2:0フォーマットである。復号化後、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのビデオ・フレームは、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのビデオ・フレームを再構築するために、アンパックされ得る(unpacked)。このように、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットで動作する利用可能なエンコーダ及びデコーダを使用することができるとともに、高解像度クロマ情報を維持することができる。

【0006】

例えば、コンピューティング・デバイスは、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームを、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームにパックする(pack)。パッキング(packing)の一部として、コンピューティング・デバイスは、複数の帯域のサンプル値を生成するために、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分のサンプル値に対して、ウェーブレット分解(wavelet decomposition)(又は、他の帯域分離フィルタリング)を実行する。次いで、コンピューティング・デバイスは、複数の帯域のサンプル値を、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームの諸部分に割り当てる。

【0007】

別の例として、コンピューティング・デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームを、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以

10

20

30

40

50

上のフレームにアンパックする (unpack)。アンパッキング (unpacking) の一部として、コンピューティング・デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームの諸部分を、複数の帯域のサンプル値に割り当てる。次いで、コンピューティング・デバイスは、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームのクロマ成分のサンプル値を生成するために、複数の帯域のサンプル値に対して、ウェーブレット再構成 (wavelet reconstruction) (又は、他の逆帯域分離フィルタリング) を実行する。

【0008】

パッキング又はアンパッキングは、方法の一部として、方法を実行するよう適合されたコンピューティング・デバイスの一部として、又は、コンピューティング・デバイスに方法を実行させるコンピュータ実行可能命令を記憶した有体のコンピュータ読み取り可能媒体の一部として実施され得る。

【0009】

本発明の前述の目的及び他の目的、特徴、並びに利点が、添付の図面を参照しながら進む以下の詳細な説明からより明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】いくつかの説明する実施形態を実装することができる例示的なコンピューティング・システムの図。

【図2a】いくつかの説明する実施形態を実装することができる例示的なネットワーク環境の図。

【図2b】いくつかの説明する実施形態を実装することができる例示的なネットワーク環境の図。

【図3】いくつかの説明する実施形態を実装することができる一般化されたフレーム・パッキング/アンパッキング・システムの図。

【図4】いくつかの説明する実施形態を協働して実装することができる例示的なエンコーダ・システムの図。

【図5】いくつかの説明する実施形態を協働して実装することができる例示的なデコーダ・システムの図。

【図6】いくつかの説明する実施形態を協働して実装することができる例示的なビデオ・エンコーダを示す図。

【図7】いくつかの説明する実施形態を協働して実装することができる例示的なビデオ・デコーダを示す図。

【図8】フレームの空間分割を使用するフレーム・パッキングの例示的な手法を示す図。

【図9】高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのクロマ成分プレーンの行が1行おきにコピーされるフレーム・パッキングの例示的な手法を示す図。

【図10】図9の手法に従ってパックされる例示的なフレームを示す図。

【図11】高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのクロマ成分プレーンの列が1列おきにコピーされるフレーム・パッキングの例示的な手法を示す図。

【図12】高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのフレーム・パッキングのための一般化された技術を示すフローチャート。

【図13】高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのフレーム・アンパッキングのための一般化された技術を示すフローチャート。

【図14】高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのクロマ成分プレーンの3帯域ウェーブレット分解における垂直方向のフィルタリングとそれに続く水平方向のフィルタリングとによるフレーム・パッキングの例示的な手法を示す図。

【図15】高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのクロマ成分プレーンの3帯域ウェーブレット分解における水平方向のフィルタリングとそれに続く垂直方向のフィルタリングとによるフレーム・パッキングの例示的な手法を示す図。

【図16a】高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのクロマ成分プレ

10

20

30

40

50

ーンの4帯域ウェーブレット分解における垂直方向のフィルタリングとそれに続く水平方向のフィルタリングとそれに続く垂直方向のフィルタリングとによるフレーム・パッキングの例示的な手法を示す図。

【図16b】高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのクロマ成分プレーンの4帯域ウェーブレット分解における垂直方向のフィルタリングとそれに続く水平方向のフィルタリングとそれに続く垂直方向のフィルタリングとによるフレーム・パッキングの例示的な手法を示す図。

【図17】高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのフレーム・パッキングのための一般化された技術を示すフローチャート。このフレーム・パッキングは、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングを含む。

【図18】高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのフレーム・アンパッキングのための一般化された技術を示すフローチャート。このフレーム・アンパッキングは、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングを含む。

【発明を実施するための形態】

【0011】

カメラ、アニメーション出力、スクリーン・キャプチャ・モジュール等のビデオ・ソースは、通常、（より一般的に4:4:4フォーマットの一例である）YUV4:4:4クロマ・サンプリング・フォーマット等のフォーマットに変換されるビデオを提供する。YUVフォーマットは、おおよその輝度値を表すサンプル値を有するルマ（すなわち、Y）成分と、色差値を表すサンプル値を有する複数のクロマ（すなわち、U及びV）成分とを含む。色差値（及びYUV色空間からRGB等の別の色空間への変換オペレーションとRGB等の別の色空間からYUV色空間への変換オペレーション）の正確な定義は実装に依存する。一般に、本明細書において使用されるとき、YUVという語は、ルマ（又は、ルミナンス）成分と1以上のクロマ（又は、クロミナンス）成分とを有する任意の色空間を示す。そのような色空間として、Y'UV、YIQ、Y'IQ、及びYDbDrに加えて、YCbCr及びYCoCgがある。使用される成分信号の測定値は、非線形伝送特性関数（一般に、「ガンマ・プレ補正」として知られており、しばしばプライム記号を使用することにより示されるが、印刷上の都合のためプライム記号はしばしば省略される）を適用することにより調整され得る。あるいは、成分信号の測定値は、光振幅（light amplitude）と線形関係にある領域にあり得る。ルマ成分信号及びクロマ成分信号は、人間の視覚系の明るさ及び色の知覚に対してうまく調整され得る、あるいは、ルマ成分信号及びクロマ成分信号は、（例えば、色成分値の計算を単純にする公式が適用されるYCoCg変形例のように、）そのような測定値から少々逸脱し得る。本明細書で説明するYUVフォーマットの例は、ITU-R BT.601、ITU-R BT.709、及びITU-R BT.2020として知られている国際規格において説明されているものを含む。クロマ・サンプル・タイプの例は、H.264/AVC規格の図E-1に示されている。4:4:4フォーマットは、YUV4:4:4フォーマットであってもよいし、RGB又はGBR等の別の色空間のためのフォーマットであってもよい。

【0012】

多くの商用利用可能なビデオ・エンコーダ及びビデオ・デコーダは、（より一般的に4:2:0フォーマットの一例である）YUV4:2:0クロマ・サンプリング・フォーマットしかサポートしていない。YUV4:2:0は、フル解像度のクロマ情報を維持する（すなわち、クロマ情報がルマ情報と同じ解像度で表される）YUV4:4:4フォーマットと比較すると、クロマ情報をサブサンプリングするフォーマットである。設計原理として、符号化/復号化のためにYUV4:2:0フォーマットを使用する決定は、カメラによりキャプチャされた自然なビデオ・コンテンツの符号化/復号化等のほとんどのユース・ケースにおいて、ビューワがYUV4:2:0フォーマットで符号化/復号化されたビデオとYUV4:4:4フォーマットで符号化/復号化されたビデオとの間の多くの視覚的な差異に通常は気付かないという理解に基づいている。したがって、1フレームにつきより少ないサンプルしか有さないYUV4:2:0フォーマットの圧縮上の利点は注目

10

20

30

40

50

すべきものである。

【0013】

しかしながら、2つのフォーマット間の差異が、ビューワにより、より容易に認識されるいくつかのユース・ケースが存在する。例えば、コンピュータ・スクリーン・テキスト・コンテンツ（特に、Clear Type 技術を用いてレンダリングされるテキスト）、人工的な鋭い境界を有するアニメーション化されたビデオ・コンテンツ、又はより一般的にはビデオ・コンテンツの所定のフィーチャ（スクロールするタイトル及び鋭いグラフィックス、又はクロマ・チャンネルに集中した情報を有するビデオ等）では、4:4:4フォーマットの方が、4:2:0フォーマットよりも好ましいものであり得る。4:4:4フォーマットをサポートするビデオ・コーデックの幅広いサポートの欠如（特に、ハードウェア・コーデック実装に関して）が、そのようなユース・ケースの障害である。

10

【0014】

詳細な説明は、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームを低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームにバックするためのウェーブレット分解（又は、他の帯域分離フィルタリング）の様々な手法を提供する。次いで、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームが、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのために設計されたエンコーダを用いて符号化され得る。（低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのために設計されたデコーダを用いた）復号化の後、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームが、さらなる処理及び表示のために出力され得る。あるいは、そのような復号化の後、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームが、出力及び表示のために、ウェーブレット再構成（又は、他の逆帯域分離フィルタリング）を含むフレーム・アンパッキングを介して元に戻され得る。多くの場合、これらの手法は、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームからのクロマ情報を維持することにより、従来手法の欠点を軽減するとともに、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットに適合する商用利用可能なコーデックを利用する。詳細には、専用ハードウェアを有する広く利用可能なコーデックは、YUV 4:2:0 ビデオ・フレームにバックされるYUV 4:4:4 ビデオ・フレームのために、より低い電力消費で、より速い符号化/復号化を提供することができる。

20

【0015】

説明する手法を使用して、符号化/復号化が別のクロマ・サンプリング・フォーマットを使用するときに、1つのクロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのクロマ情報を維持することができる。本明細書で説明するいくつかの例は、YUV 4:2:0 フォーマットに適合するコーデックを用いた符号化/復号化のための、YUV 4:4:4 フォーマットのフレームのフレーム・パッキング/アンパッキングを含む。本明細書で説明する他の例は、YUV 4:2:0 フォーマットに適合するコーデックを用いた符号化/復号化のための、YUV 4:2:2 フォーマットのフレームのフレーム・パッキング/アンパッキングを含む。より一般的に、説明する手法は、他のクロマ・サンプリング・フォーマットのために使用することもできる。例えば、4:4:4、4:2:2、4:2:0、4:1:1、4:0:0等のサンプリング・レシオにおけるY'UV、YIQ、Y'IQ、YdbDr、YCbCr、YCoCg等のYUV色空間の変形に加えて、説明する手法は、クロマ・サンプリング・フォーマットとしての、4:4:4、4:2:2、4:2:0、4:1:1、4:0:0等のサンプリング・レシオにおけるRGB、GBR等の色空間のためにも使用することができる。

30

40

【0016】

例示的な実施例において、本明細書で説明するイノベーションの特定の態様は、以下のことを含むが、それらに限定されるものではない：

- ・1つの4:4:4フレームを2つの4:2:0フレームにバックすること。ここで、このパッキングは、ウェーブレット分解（又は、他の帯域分離フィルタリング）と、4:2:0フォーマットのために設計されたビデオ・エンコーダを用いて2つの4:2:0フレームを符号化することと、を含む。

50

・ 4 : 2 : 0 フォーマットのために設計されたビデオ・デコーダを用いて符号化されたフレームを復号化し、復号化された 4 : 4 : 4 フレームを形成するために、復号化した 2 つの 4 : 2 : 0 フレームをアンパックすること。ここで、このアンパックングは、ウェーブレット再構成（又は、他の逆帯域分離フィルタリング）を含む。

・ 2 つの 4 : 2 : 0 フレームの各々の Y 成分、U 成分、及び V 成分間の幾何学的対応（geometric correspondence）が維持されるように、Y U V フォーマットのための（ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングを含む）パックングを実行すること。

・ 2 つの 4 : 2 : 0 フレームのうちの 1 つ（メイン・ビュー）が、より低い解像度のクロマ成分を有するにもかかわらず、4 : 4 : 4 フレームにより表される完全なシーンを表すとともに、他の 4 : 2 : 0 フレーム（補助ビュー）が、残存するクロマ情報をパックするように、Y U V フォーマットのための（ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングを含む）パックングを実行すること。

・ 付加拡張情報（「S E I」）メッセージを処理するデコーダが、（ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングの後に）4 : 4 : 4 フレーム又はシーンを表す 4 : 2 : 0 フレームを出力することができるように、あるタイプの S E I メッセージ又は他のメタデータにより、2 つの 4 : 2 : 0 フレームのためのフレーム・パックングにおけるウェーブレット分解（又は、他の帯域分離フィルタリング）の使用のインジケーションをシグナリングすること。

・ （2 つの 4 : 2 : 0 フレームからの）1 つの 4 : 2 : 0 フレームのみが最終的な表示のために使用されるとき Y U V フォーマットの最終的に表示されるフレームの品質を向上させることができる（ウェーブレット分解 / 再構成又は他の帯域分離フィルタリング / 逆フィルタリング等の）前処理オペレーション及び後処理オペレーション。そのような前処理オペレーション及び後処理オペレーションと組み合わせると、前処理オペレーション及び後処理オペレーションにおいてクロマ情報の損失を避けるために、2 つの 4 : 2 : 0 フレームは、符号化 / 復号化のためのより高いビット深度を有することができる。

・ 1 つの 4 : 2 : 2 フレームを（2 以下の）4 : 2 : 0 フレームにパックすること。ここで、このパックングは、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングと、4 : 2 : 0 フォーマットのために設計されたビデオ・エンコーダを用いて 4 : 2 : 0 フレームを符号化することと、を含む。

・ 4 : 2 : 0 フォーマットのために設計されたビデオ・デコーダを用いて符号化されたフレームを復号化し、復号化された 4 : 2 : 2 フレームを形成するために、復号化した 4 : 2 : 0 フレームをアンパックすること。ここで、このアンパックングは、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングを含む。

【 0 0 1 7 】

フレーム・パックング構成 S E I メッセージ（frame packing arrangement SEI message）を使用する特定の例示的な実施例において、フレーム・パックング構成 S E I メッセージの定義は、名目上 4 : 2 : 0 ビットストリームにおいて 4 : 4 : 4 コンテンツを表現することをサポートするよう拡張される。いくつかの例において、（例えば、トップ・ボトム・パックング方式又は交互フレーム符号化方式における）1 つの構成フレームは、通常の 4 : 2 : 0 画像として、互換性を有して復号化され得る、あるいは、完全な 4 : 4 : 4 画像表現を形成するために、別の構成フレームからのデータを用いて補足され得る。Y U V 4 : 2 : 0 は、製品において最も広くサポートされているフォーマット（特にハードウェア・コーデック実装に関して）であるので、そのようなデコーダを介して Y U V 4 : 4 : 4 コンテンツを伝達する効果的な方法を有することは、（特にスクリーン・コンテンツ符号化のための）Y U V 4 : 4 : 4 機能の近々の幅広い展開を可能にするという相当の利点を提供し得る。例示的な実施例において、1 つの 4 : 4 : 4 フレームのサンプルは、2 つの 4 : 2 : 0 フレームにパックされ、2 つの 4 : 2 : 0 フレームは、フレーム・パックング構成の構成フレームとして符号化される。フレーム・パックング構成 S E I メッセージを使用する実装では、content_interpretation_type シンタックス要素のセマンティックスが、この使用をシグナリングするよう拡張される。content_interpretation_t

10

20

30

40

50

ypeシンタックス要素は、パッキング構成を用いてパックされるデータをどのように解釈するかをシグナリングし、パッキング構成のフレーム構成が、異なるシンタックス要素を用いてシグナリングされる。本明細書で説明するいくつかの手法は、スクリーン・コンテンツを含むアプリケーションのための高度に実用的な値を有する。また、ネイティブ4:4:4符号化と比較すると、本明細書で説明するいくつかの手法は、復号化製品においてより広くサポートされることが期待される通常の4:2:0復号化プロセスとの互換性という利点を提供し得る。

【0018】

高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのためのフレーム・パッキング及びフレーム・アンパッキングのさらなる革新的な態様も説明される。説明する技術は、ビデオ符号化/復号化以外の静止画像符号化、医用スキャン・コンテンツ符号化、マルチスペクトル画像コンテンツ符号化等のさらなるアプリケーションに適用されてもよい。本明細書で説明するオペレーションは、エンコーダ(例えば、ビデオ・エンコーダ)又はデコーダ(例えば、ビデオ・デコーダ)により実行されるものとして所々で説明されるが、多くの場合、このようなオペレーションは、代替的に、別のタイプのメディア処理ツールにより実行することができる。

【0019】

本明細書で説明するイノベーションのいくつかは、HEVC規格に固有のシンタックス要素及びオペレーションを参照して示される。例えば、HEVC規格のドラフト・バージョンJCTVC-I1003(2012年4月にジュネーブで開催された第9回会合の"High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 7", JCTVC-I1003_d5)を参照する。本明細書で説明するイノベーションはまた、他の規格又はフォーマットのためにも実装することができる。例えば、本明細書で説明するイノベーションは、フレーム・パッキング構成SEIメッセージを用いるH.264/AVC規格のためにも実装することができる。

【0020】

より一般的に、本明細書で説明する例に対する様々な代替例が可能である。例えば、本明細書で説明する方法のいずれも、説明する方法動作の順番を変えることにより、所定の方法動作を分けることにより、所定の方法動作を繰り返すことにより、又は所定の方法動作を省略することにより、変更することができる。開示する技術の様々な態様が、組み合わせることにより、又は別々に使用され得る。様々な実施形態が、説明するイノベーションのうちの1以上を使用する。本明細書で説明するイノベーションのいくつかは、背景技術において記した問題のうちの1以上に対処する。一般的に、所与の技術/ツールが、そのような問題の全てを解決するわけではない。

【0021】

I. 例示的なコンピューティング・システム

図1は、説明するイノベーションのいくつかを実装することができる適切なコンピューティング・システム(100)の一般化された例を示している。コンピューティング・システム(100)は、使用又は機能の範囲に関して限定を示唆するよう意図するものではない。というのは、このイノベーションは、多様な汎用コンピューティング・システム又は専用コンピューティング・システムにおいて実施することができるからである。

【0022】

図1を参照すると、コンピューティング・システム(100)は、1以上の処理装置(110、115)及びメモリ(120、125)を含む。図1において、この最も基本的な構成(130)は破線内に含まれる。処理装置(110、115)はコンピュータ実行可能命令を実行する。処理装置は、汎用中央処理装置(「CPU」)、特定用途向け集積回路におけるプロセッサ、又は任意の他のタイプのプロセッサとすることができる。マルチ処理システムにおいて、複数の処理装置が、処理能力を増大させるために、コンピュータ実行可能命令を実行する。例えば、図1は、中央処理装置(110)に加えて、グラフィックス処理装置又は共処理装置(115)も示している。有体のメモリ(120、12

5) は、1 以上の処理装置によりアクセス可能な、揮発性メモリ（例えば、レジスタ、キャッシュ、RAM）であってもよいし、不揮発性メモリ（例えば、ROM、EEPROM、フラッシュ・メモリ等）であってもよいし、それら2つの何らかの組合せであってもよい。メモリ（120、125）は、1 以上の処理装置による実行に適したコンピュータ実行可能命令の形態で、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのウェーブレット分解（又は、他の帯域分離フィルタリング）によるフレーム・パッキング及び/又はウェーブレット再構成（又は、他の逆帯域分離フィルタリング）によるフレーム・アンパッキングのための1 以上のイノベーションを実装するソフトウェア（180）を記憶する。

【0023】

コンピューティング・システムは追加の特徴を有することができる。例えば、コンピューティング・システム（100）は、ストレージ（140）、1 以上の入力デバイス（150）、1 以上の出力デバイス（160）、及び1 以上の通信コネクション（170）を含む。バス、コントローラ、又はネットワーク等の相互接続機構（図示せず）が、コンピューティング・システム（100）のコンポーネントを相互接続する。通常、オペレーティング・システム・ソフトウェア（図示せず）が、コンピューティング・システム（100）において実行される他のソフトウェアのための動作環境を提供し、コンピューティング・システム（100）のコンポーネントの動作を調整する。

【0024】

有体のストレージ（140）は、取り外し可能であっても取り外し不可能であってもよく、磁気ディスク、磁気テープ若しくは磁気カセット、CD-ROM、DVD、又は、情報を非一時的に記憶するために使用することができ、コンピューティング・システム（100）内でアクセスされ得る任意の他の媒体を含む。ストレージ（140）は、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのウェーブレット分解（又は、他の帯域分離フィルタリング）によるフレーム・パッキング及び/又はウェーブレット再構成（又は、他の逆帯域分離フィルタリング）によるフレーム・アンパッキングのための1 以上のイノベーションを実装するソフトウェア（180）の命令を記憶する。

【0025】

1 以上の入力デバイス（150）は、キーボード、マウス、ペン、若しくはトラックボール等のタッチ入力デバイス、音声入力デバイス、スキャニング・デバイス、又はコンピューティング・システム（100）に入力を提供する別のデバイスとすることができる。ビデオ符号化に関して、1 以上の入力デバイス（150）は、カメラ、ビデオ・カード、TVチューナ・カード、若しくはアナログ形態あるいはデジタル形態でビデオ入力を受信する同様のデバイス、又はビデオ・サンプルをコンピューティング・システム（100）に読み込むCD-ROMあるいはCD-RWとすることができる。1 以上の出力デバイス（160）は、ディスプレイ、プリンタ、スピーカ、CDライター、又はコンピューティング・システム（100）からの出力を提供する別のデバイスとすることができる。

【0026】

1 以上の通信コネクション（170）は、通信媒体を介した別のコンピューティング・エンティティへの通信を可能にする。通信媒体は、変調されたデータ信号により、コンピュータ実行可能命令、オーディオ入力、ビデオ入力、オーディオ出力、ビデオ出力、又は他のデータ等の情報を伝達する。変調されたデータ信号とは、信号内の情報を符号化するように設定又は変更された特性の1 以上を有する信号である。例えば、通信媒体は、電気信号、光信号、RF、又は他のキャリアを使用することができるが、これらに限定されるものではない。

【0027】

イノベーションは、コンピュータ読み取り可能媒体の一般的なコンテキストにおいて説明することができる。コンピュータ読み取り可能媒体は、コンピューティング環境内でアクセスされ得る任意の利用可能な有体の媒体である。例えば、コンピューティング・システム（100）において、コンピュータ読み取り可能媒体は、メモリ（120、125）、ストレージ（140）、及びそれらの組合せを含むが、これらに限定されるものではない。

10

20

30

40

50

い。

【 0 0 2 8 】

イノベーションは、コンピュータ実行可能命令の一般的なコンテキストにおいて説明することができる。コンピュータ実行可能命令は、例えば、プログラム・モジュールに含まれ、コンピューティング・システムにおいて、ターゲット実プロセッサ又は仮想プロセッサ上で実行される。一般に、プログラム・モジュールは、特定のタスクを実行する、あるいは特定の抽象データ型を実装するルーチン、プログラム、ライブラリ、オブジェクト、クラス、コンポーネント、データ構造等を含む。プログラム・モジュールの機能は、様々な実施形態において、必要に応じて、組み合わせられてもよいし、プログラム・モジュール間で分割されてもよい。プログラム・モジュールのコンピュータ実行可能命令は、ローカル・コンピューティング・システム又は分散コンピューティング・システム内で実行され得る。

10

【 0 0 2 9 】

「システム」及び「デバイス」という語は、本明細書において置き換え可能に使用される。文脈が別途明確に示さない限り、これらの語は、コンピューティング・システム又はコンピューティング・デバイスのタイプに関して、いかなる限定も示すものではない。一般に、コンピューティング・システム又はコンピューティング・デバイスは、ローカルであってもよいし、分散されてもよく、専用ハードウェア及び/又は汎用ハードウェアと、本明細書で説明する機能を実装するソフトウェアとの任意の組合せを含み得る。

20

【 0 0 3 0 】

開示する方法は、開示する方法のいずれかを実行するよう構成された専用コンピューティング・ハードウェアを用いて実装することもできる。例えば、開示する方法は、開示する方法のいずれかを実行するよう特別に設計又は構成された集積回路（例えば、特定用途向け集積回路（「ASIC」）（ASICデジタル信号処理装置（「DSP」）、グラフィックス処理装置（「GPU」）、又はフィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ（「FPGA」）等のプログラマブル・ロジック・デバイス（「PLD」）等）により実装することができる。

【 0 0 3 1 】

プレゼンテーションの目的上、詳細な説明では、コンピューティング・システムにおけるコンピュータ・オペレーションを説明するための「決定する」及び「使用する」のような語が使用される。これらの語は、コンピュータにより実行されるオペレーションの高レベル抽象表現であって、人間により実行される動作と混同すべきではない。これらの語に対応する実際のコンピュータ・オペレーションは、実装に応じて変化する。

30

【 0 0 3 2 】

II. 例示的なネットワーク環境

図 2 a 及び図 2 b は、ビデオ・エンコーダ（220）及びビデオ・デコーダ（270）を含む例示的なネットワーク環境（201、202）を示している。エンコーダ（220）及びデコーダ（270）は、適切な通信プロトコルを用いて、ネットワーク（250）を介して接続される。ネットワーク（250）は、インターネット又は別のコンピュータ・ネットワークを含み得る。

40

【 0 0 3 3 】

図 2 a に示されるネットワーク環境（201）において、各リアルタイム通信（「RTC」）ツール（210）は、双方向通信のためのエンコーダ（220）及びデコーダ（270）の両方を含む。所与のエンコーダ（220）は、SMPTE 421M規格、ISO/IEC 14496-10規格（H.264/AVCとしても知られている）、H.265/HEVC規格、別の規格、又はプロプライエタリ・フォーマットに準拠する出力を生成することができる。対応するデコーダ（270）は、エンコーダ（220）から符号化データを受信することができる。双方向通信は、ビデオ会議、ビデオ通話、又は他の2パーティの通信シナリオの一部であり得る。図 2 a のネットワーク環境（201）は、2つのリアルタイム通信ツール（210）を含むが、ネットワーク環境（201）は、マル

50

チパーティ通信に参加する 3 以上のリアルタイム通信ツール (2 1 0) を含んでもよい。

【 0 0 3 4 】

リアルタイム通信ツール (2 1 0) は、エンコーダ (2 2 0) による符号化を管理する。図 4 は、リアルタイム通信ツール (2 1 0) に含まれ得る例示的なエンコーダ・システム (4 0 0) を示している。代替的に、リアルタイム通信ツール (2 1 0) は、別のエンコーダ・システムを使用してもよい。リアルタイム通信ツール (2 1 0) はまた、デコーダ (2 7 0) による復号化も管理する。図 5 は、リアルタイム通信ツール (2 1 0) に含まれ得る例示的なデコーダ・システム (5 0 0) を示している。代替的に、リアルタイム通信ツール (2 1 0) は、別のデコーダ・システムを使用してもよい。

【 0 0 3 5 】

図 2 b に示されるネットワーク環境 (2 0 2) において、符号化ツール (2 1 2) は、デコーダ (2 7 0) を含む複数の再生ツール (2 1 4) に伝送するためのビデオを符号化するエンコーダ (2 2 0) を含む。一方向通信は、ビデオが符号化されて 1 つのロケーションから 1 以上の他のロケーションに送信される、ビデオ監視システム、ウェブ・カメラ・モニタリング・システム、リモート・デスクトップ会議プレゼンテーション、又は他のシナリオのために提供され得る。図 2 b のネットワーク環境 (2 0 2) は、2 つの再生ツール (2 1 4) を含むが、ネットワーク環境 (2 0 2) は、それより多い又はそれより少ない再生ツール (2 1 4) を含んでもよい。一般に、再生ツール (2 1 4) は、再生ツール (2 1 4) が受信するビデオのストリームを判定するために、符号化ツール (2 1 2) と通信する。再生ツール (2 1 4) は、ストリームを受信し、適切な期間の間受信した符号化データをバッファし、復号化及び再生を開始する。

【 0 0 3 6 】

図 4 は、符号化ツール (2 1 2) に含まれ得る例示的なエンコーダ・システム (4 0 0) を示している。代替的に、符号化ツール (2 1 2) は、別のエンコーダ・システムを使用してもよい。符号化ツール (2 1 2) はまた、1 以上の再生ツール (2 1 4) との接続を管理するためのサーバ・サイド・コントローラ・ロジックも含み得る。図 5 は、再生ツール (2 1 4) に含まれ得る例示的なデコーダ・システム (5 0 0) を示している。代替的に、再生ツール (2 1 4) は、別のデコーダ・システムを使用してもよい。再生ツール (2 1 4) はまた、符号化ツール (2 1 2) との接続を管理するためのクライアント・サイド・コントローラ・ロジックも含み得る。

【 0 0 3 7 】

III . 例示的なフレーム・パッキング / アンパッキング・システム

図 3 は、いくつかの説明する実施形態を協働して実装することができる一般化されたフレーム・パッキング / アンパッキング・システム (3 0 0) のブロック図である。

【 0 0 3 8 】

システム (3 0 0) は、4 : 4 : 4 フォーマット等の高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのソース・フレーム (3 1 1) を生成するビデオ・ソース (3 1 0) を含む。ビデオ・ソース (3 1 0) は、カメラ、チューナ・カード、記憶媒体、又は他のデジタル・ビデオ・ソースとすることができる。

【 0 0 3 9 】

フレーム・パッカ (3 1 5) は、4 : 2 : 0 フォーマット等の低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのソース・フレーム (3 1 6) を生成するために、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレーム (3 1 1) を再構成する。(ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングを含む) フレーム・パッキングの例示的な手法については以下で説明する。フレーム・パッカ (3 1 5) は、復号化後のフレーム・アンパッカ (3 8 5) による使用のために、フレーム・パッキングが実行されたかどうか、及びフレーム・パッキングがどのように実行されたかを示すメタデータ (3 1 7) をシグナリングすることができる。フレーム・パッキング構成メタデータのシグナリングの例示的な手法については以下で説明する。

【 0 0 4 0 】

エンコーダ(340)は、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレーム(316)を符号化する。例示的なエンコーダについては図4及び図6を参照して以下で説明する。エンコーダ(340)は、チャンネル(350)を介して符号化データ(341)を出力する。チャンネル(350)は、ストレージ、通信コネクショ、又は出力のための別のチャンネルを表す。

【0041】

デコーダ(360)は、符号化データ(341)を受信し、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレーム(316)を復号化する。例示的なデコーダについては図5及び図7を参照して以下で説明する。デコーダは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの再構築フレーム(381)を出力する。

10

【0042】

フレーム・アンパッカ(385)は、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレーム(386)を再構築するために、任意的に、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの再構築フレーム(381)を再構成する。(ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングを含む)フレーム・アンパッキングの例示的な手法については以下で説明する。フレーム・アンパッカ(385)は、フレーム・パッキングが実行されたかどうか、及びフレーム・パッキングがどのように実行されたかを示すメタデータ(317)を受信することができ、そのようなメタデータ(317)を使用して、アンパッキング・オペレーションをガイドすることができる。フレーム・アンパッカ(385)は、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの再構築フレームを出力先(390)に出力する。

20

【0043】

IV. 例示的なエンコーダ・システム

図4は、いくつかの説明する実施形態を協働して実装することができる例示的なエンコーダ・システム(400)のブロック図である。エンコーダ・システム(400)は、リアルタイム通信のための低レイテンシ符号化モード、トランスコーディング・モード、及びファイル又はストリームからのメディア再生のための通常の符号化モード等の複数の符号化モードのうちいずれかで動作することができる汎用符号化ツールであってもよいし、そのような1つの符号化モードのために適合された専用符号化ツールであってもよい。エンコーダ・システム(400)は、オペレーティング・システム・モジュールとして、アプリケーション・ライブラリの一部として、又はスタンドアロン・アプリケーションとして、実装することができる。概して、エンコーダ・システム(400)は、ビデオ・ソース(410)から、(4:4:4フォーマット等の高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの)一連のソース・ビデオ・フレーム(411)を受信し、4:2:0フォーマット等の低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットへの(ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタを含む)フレーム・パッキングを実行し、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームを符号化し、チャンネル(490)への出力として符号化データを生成する。

30

【0044】

ビデオ・ソース(410)は、カメラ、チューナ・カード、記憶媒体、又は他のデジタル・ビデオ・ソースとすることができる。ビデオ・ソース(410)は、例えば、毎秒30フレームといったフレーム・レートで一連のビデオ・フレームを生成する。本明細書で使用されるとき、「フレーム」という語は、一般に、ソースの符号化された又は再構築された画像データを指す。プログレッシブ・スキャン・ビデオでは、フレームはプログレッシブ・スキャン・ビデオ・フレームである。インタレース・ビデオでは、例示的な実施形態において、インタレース・ビデオ・フレームは、符号化の前にインタレース効果が除かれる(de-interlaced)。代替的に、2つの相補的インタレース・ビデオ・フィールドが、インタレース・ビデオ・フレーム又は別々のフィールドとして符号化されてもよい。プログレッシブ・スキャン・ビデオ・フレームを示すかは別にして、「フレーム」という語は、単一の対でないビデオ・フィールド、相補的な一对のビデオ・フィールド、所与の時

40

50

間におけるビデオ・オブジェクトを表すビデオ・オブジェクト・プレーン、又はより大きなイメージにおける関心領域を示し得る。ビデオ・オブジェクト・プレーン又は領域は、シーンの複数のオブジェクト又は領域を含むより大きなイメージの一部であり得る。キャプチャ・フォーマット（例えば、RGBフォーマット）からの色空間変換後に、ソース・フレーム（411）は、4:4:4フォーマット等の高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットになる。

【0045】

フレーム・パッカ（415）は、4:2:0フォーマット等の低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのソース・フレーム（416）を生成するために、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレーム（411）を再構成する。フレーム・パッキングの例示的な手法については以下で説明する。フレーム・パッカ（415）は、復号化後のフレーム・アンパッカによる使用のために、フレーム・パッキングが実行されたかどうか、及びフレーム・パッキングがどのように実行されたかを示すメタデータ（図示せず）をシグナリングすることができる。フレーム・パッキング構成メタデータのシグナリングの例示的な手法については以下で説明する。フレーム・パッカ（415）は、以下で説明するように、例えば、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタといった前処理オペレーションを実行することができる。

10

【0046】

到着ソース・フレーム（416）は、複数のフレーム・バッファ記憶領域（421、422、...、42n）を含むソース・フレーム一時メモリ記憶領域（420）に記憶される。フレーム・バッファ（421、422等）は、ソース・フレーム記憶領域（420）内で1つのソース・フレームを保持する。ソース・フレーム（416）のうちの1以上がフレーム・バッファ（421、422等）に記憶された後、フレーム・セクタ（430）が、ソース・フレーム記憶領域（420）から個々のソース・フレームを定期的に変換する。エンコーダ（440）への入力のためにフレーム・セクタ（430）によりフレームが選択される順番は、ビデオ・ソース（410）によりフレームが生成される順番とは異なり得る。例えば、一時的に後方予測を容易にするために、選択されるフレームが前の順番になる場合がある。

20

【0047】

フレーム・パッカ（415）及びフレーム記憶領域（420）の順番は逆になってもよい。エンコーダ（440）の前に、エンコーダ・システム（400）は、符号化の前に選択されたフレーム（431）の前処理（例えば、フィルタリング）を実行する別のプリ・プロセッサ（図示せず）を含み得る。

30

【0048】

エンコーダ（440）は、符号化フレーム（441）を生成するために、（低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの）選択されたフレーム（431）を符号化するとともに、メモリ管理制御操作（「MMCO」）信号（442）又は参照ピクチャ・セット（「RPS」）情報を生成する。現フレームが、符号化された最初のフレームではない場合、符号化プロセスを実行するとき、エンコーダ（440）は、復号化フレーム一時メモリ記憶領域（460）に記憶された1以上の以前に符号化/復号化されたフレーム（469）を使用することができる。そのような記憶された復号化フレーム（469）は、現ソース・フレーム（431）のコンテンツのフレーム間予測のための参照フレームとして使用される。一般に、エンコーダ（440）は、動き推定及び動き補償、周波数変換、量子化、並びにエントロピ符号化等の符号化タスクを実行する複数の符号化モジュールを含む。エンコーダ（440）により実行される正確なオペレーションは、圧縮フォーマットに応じて変わり得る。出力される符号化データのフォーマットは、Windows（登録商標）Media Videoフォーマット、VC-1フォーマット、MPEG-xフォーマット（例えば、MPEG-1、MPEG-2、又はMPEG-4）、H.26xフォーマット（例えば、H.261、H.262、H.263、H.264）、HEVCフォーマット、又は他のフォーマットであり得る。一般に、エンコーダ（440）は、低解像度

40

50

クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームを符号化するのに適合されている。

【 0 0 4 9 】

例えば、エンコーダ (4 4 0) において、インター符号化された予測フレームが、参照フレームからの予測の観点で表される。動き推定部が、1以上の参照フレーム (4 6 9) に関して、ソース・フレーム (4 4 1) のサンプルのセットの動きを推定する。サンプルのセットは、(例えば、H. 2 6 4 規格における) マクロブロック、サブマクロブロック、又はサブマクロブロック・パーティションであってもよいし、(例えば、H E V C 規格における) 符号化ツリー・ユニット又は予測ユニットであってもよい。一般に、本明細書で使用されるとき、「ブロック」という語は、サンプルのセットを示し、これは、単一の2次元 (「 2 D 」) アレイであってもよいし、複数の2 D アレイ (例えば、1つのアレイはルマ成分のためのものであり、2つのアレイはクロマ成分のためのものである) であってもよい。複数の参照フレームが使用される場合、複数の参照フレームは、異なる時間的方向からのものであってもよいし、同じ時間的方向からのものであってもよい。動き推定部は、エントロピ符号化される動きベクトル情報等の動き情報を出力する。動き補償部は、動き補償予測値を決定するために、動きベクトルを参照フレームに適用する。エンコーダは、ブロックの動き補償予測値と対応するオリジナルの値との間の差 (あれば) を決定する。このような予測残差値 (すなわち、残差、残余値) が、周波数変換、量子化、及びエントロピ符号化を用いて、さらに符号化される。同様に、イントラ予測では、エンコーダ (4 4 0) は、ブロックに関するイントラ予測値を決定し、予測残差値を決定し、予測残差値を符号化することができる。エンコーダ (4 4 0) のエントロピ符号化部が、量子化された変換係数値に加えて、所定のサイド情報 (例えば、動きベクトル情報、Q P 値、モード決定、パラメータ選択) も圧縮する。一般的なエントロピ符号化技術は、指数ゴロム符号化、算術符号化、差分符号化、ハフマン符号化、ラン・レンジス符号化、「V 2 V (variable-length-to-variable-length)」符号化、「V 2 F (variable-length-to-fixed-length)」符号化、L Z 符号化、辞書符号化、「P I P E (probability interval partitioning entropy)」符号化、及びこれらの組合せを含む。エントロピ符号化部は、様々な種類の情報のための様々な符号化技術を使用することができ、特定の符号化技術における複数の符号テーブルの中から選択することができる。

10

20

【 0 0 5 0 】

符号化フレーム (4 4 1) 及び M M C O / R P S 情報 (4 4 2) が、復号化プロセス・エミュレータ (4 5 0) により処理される。復号化プロセス・エミュレータ (4 5 0) は、例えば、動き推定及び動き補償においてエンコーダ (4 4 0) により使用される参照フレームを再構築する復号化タスク等のデコーダの機能の一部を実装している。復号化プロセス・エミュレータ (4 5 0) は、所与の符号化フレーム (4 4 1) が、符号化される後続フレームのフレーム間予測において参照フレームとして使用するために記憶される必要があるかどうかを判定するために、M M C O / R P S 情報 (4 4 2) を使用する。M M C O / R P S 情報 (4 4 2) により、符号化フレーム (4 4 1) が記憶される必要があると示される場合、復号化プロセス・エミュレータ (4 5 0) は、符号化フレーム (4 4 1) を受信して対応する復号化フレーム (4 5 1) を生成するデコーダにより行われるであろう復号化プロセスを模擬する。そうする場合、エンコーダ (4 4 0) が、復号化フレーム記憶領域 (4 6 0) に記憶された1以上の復号化フレーム (4 6 9) を使用したとき、復号化プロセス・エミュレータ (4 5 0) は、復号化プロセスの一部として、記憶領域 (4 6 0) から1以上の復号化フレーム (4 6 9) を使用する。

30

40

【 0 0 5 1 】

復号化フレーム一時メモリ記憶領域 (4 6 0) は、複数のフレーム・バッファ記憶領域 (4 6 1、4 6 2、...、4 6 n) を含む。復号化プロセス・エミュレータ (4 5 0) は、参照フレームとして使用するためにエンコーダ (4 4 0) によりもはや必要とされなくなったフレームを有する任意のフレーム・バッファ (4 6 1、4 6 2 等) を識別するために、M M C O / R P S 情報 (4 4 2) を使用して、記憶領域 (4 6 0) のコンテンツを管理する。復号化プロセスを模擬した後、復号化プロセス・エミュレータ (4 5 0) は、

50

このように識別されるフレーム・バッファ（４６１、４６２等）に、新たに復号化されたフレーム（４５１）を記憶する。

【００５２】

符号化フレーム（４４１）及びＭＭＣＯ／ＲＰＳ情報（４４２）はまた、一時符号化データ領域（４７０）にバッファされる。符号化データ領域（４７０）に収集される符号化データは、（例えば、（フレーム・パッキング構成ＳＥＩメッセージ等の）１以上のＳＥＩメッセージ又はビデオ・ユーザビリティ情報（「ＶＵＩ」）メッセージにおける１以上のパラメータとして、）符号化ビデオ・データに関連するメディア・メタデータを含み得る。

【００５３】

10

一時符号化データ領域（４７０）からの収集されたデータ（４７１）は、チャンネル・エンコーダ（４８０）により処理される。チャンネル・エンコーダ（４８０）は、（例えば、ＩＳＯ／ＩＥＣ １４４９６－１２等のメディア・コンテナ・フォーマットに従って）メディア・ストリームとして伝送するために、収集されたデータをパケット化することができる。そのような場合、チャンネル・エンコーダ（４８０）は、メディア伝送ストリームのシンタックスの一部として、シンタックス要素を付加することができる。あるいは、チャンネル・エンコーダ（４８０）は、（例えば、ＩＳＯ／ＩＥＣ １４４９６－１２等のメディア・コンテナ・フォーマットに従って）ファイルとして記憶するために、収集されたデータを編成することができる。そのような場合、チャンネル・エンコーダ（４８０）は、メディア記憶ファイルのシンタックスの一部として、シンタックス要素を付加することができる。あるいは、より一般的に、チャンネル・エンコーダ（４８０）は、１以上のメディア・システム多重化プロトコル又は伝送プロトコルを実装することができる。そのような場合、チャンネル・エンコーダ（４８０）は、１以上のプロトコルのシンタックスの一部として、シンタックス要素を付加することができる。メディア伝送ストリーム、メディア記憶ストリーム、多重化プロトコル又は伝送プロトコルのそのようなシンタックス要素は、フレーム・パッキング構成メタデータを含み得る。チャンネル・エンコーダ（４８０）は、チャンネル（４９０）への出力を提供する。チャンネル（４９０）は、ストレージ、通信コネクション、又は出力のための別のチャンネルを表す。

20

【００５４】

V. 例示的なデコーダ・システム

30

図５は、いくつかの説明する実施形態を協働して実装することができる例示的なデコーダ・システム（５００）のブロック図である。デコーダ・システム（５００）は、リアルタイム通信のための低レイテンシ復号化モード及びファイル又はストリームからのメディア再生のための通常の復号化モード等の複数の復号化モードのうちいずれかで動作することができる汎用復号化ツールであってもよいし、そのような１つの符号化モードのために適合された専用復号化ツールであってもよい。デコーダ・システム（５００）は、オペレーティング・システム・モジュールとして、アプリケーション・ライブラリの一部として、又はスタンドアロン・アプリケーションとして、実装することができる。概して、デコーダ・システム（５００）は、チャンネル（５１０）から符号化データを受信し、４：２：０フォーマット等の低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームを復号化し、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットから４：４：４フォーマット等の高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットへの（ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタを含む）フレーム・アンパッキングを任意的に実行し、出力先（５９０）への出力として（高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの）再構築フレームを生成する。

40

【００５５】

デコーダ・システム（５００）は、ストレージ、通信コネクション、又は入力としての符号化データのための別のチャンネルを表し得るチャンネル（５１０）を含む。チャンネル（５１０）は、チャンネル符号化された符号化データを生成する。チャンネル・デコーダ（５２０）は、符号化データを処理することができる。例えば、チャンネル・デコーダ（５２０）は

50

、（例えば、ISO/IEC 14496-12等のメディア・コンテナ・フォーマットに従って）メディア・ストリームとして伝送するために収集されたデータを脱パケット化する。そのような場合、チャンネル・デコーダ（520）は、メディア伝送ストリームのシンタックスの一部として付加されたシンタックス要素を解析することができる。あるいは、チャンネル・デコーダ（520）は、（例えば、ISO/IEC 14496-12等のメディア・コンテナ・フォーマットに従って）ファイルとして記憶するために収集された符号化ビデオ・データを分離する。そのような場合、チャンネル・デコーダ（520）は、メディア記憶ファイルのシンタックスの一部として付加されたシンタックス要素を解析することができる。あるいは、より一般的に、チャンネル・デコーダ（520）は、1以上のメディア・システム逆多重化プロトコル又は伝送プロトコルを実装することができる。そのような場合、チャンネル・デコーダ（520）は、1以上のプロトコルのシンタックスの一部として付加されたシンタックス要素を解析することができる。メディア伝送ストリーム、メディア記憶ストリーム、多重化プロトコル又は伝送プロトコルのそのようなシンタックス要素は、フレーム・パッキング構成メタデータを含み得る。

10

20

30

40

50

【0056】

十分な量のデータが受信されるまで、チャンネル・デコーダ（520）から出力される符号化データ（521）は、一時符号化データ領域（530）に記憶される。符号化データ（521）は、（低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの）符号化フレーム（531）及びMMCO/RPS情報（532）を含む。符号化データ領域（530）内の符号化データ（521）は、（例えば、フレーム・パッキング構成SEIメッセージ等の1以上のSEIメッセージ又はVUIメッセージにおける1以上のパラメータとして、）符号化ビデオ・データに関連するメディア・メタデータを含み得る。一般に、そのような符号化データ（521）がデコーダ（550）により使用されるまで、符号化データ領域（530）は、符号化データ（521）を一時的に記憶する。その時点で、符号化フレーム（531）及びMMCO/RPS情報（532）の符号化データが、符号化データ領域（530）からデコーダ（550）に伝送される。復号化が進むにつれ、新たな符号化データが、符号化データ領域（530）に追加され、符号化データ領域（530）に残っている最も古い符号化データが、デコーダ（550）に伝送される。

【0057】

デコーダ（550）は、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの対応する復号化フレーム（551）を生成するために、符号化フレーム（531）を定期的に復号化する。必要に応じて、復号化プロセスを実行するとき、デコーダ（550）は、フレーム間予測のための参照フレームとして、1以上の以前に復号化されたフレーム（569）を使用することができる。デコーダ（550）は、復号化フレーム一時メモリ記憶領域（560）から、そのような以前に復号化されたフレーム（569）を読み出す。一般に、デコーダ（550）は、エントロピ復号化、逆量子化、逆周波数変換、及び動き補償等の復号化タスクを実行する複数の復号化モジュールを含む。デコーダ（550）により実行される正確なオペレーションは、圧縮フォーマットに応じて変わり得る。一般に、デコーダ（550）は、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームを復号化するのに適合されている。

【0058】

例えば、デコーダ（550）は、圧縮フレーム又は一連のフレームの符号化データを受信し、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの復号化フレーム（551）を含む出力を生成する。デコーダ（550）において、バッファは、圧縮フレームの符号化データを受け入れ、受け入れた符号化データをエントロピ復号化部に利用可能にする。エントロピ復号化部は、通常はエンコーダにおいて実行されたエントロピ符号化の逆を適用することにより、エントロピ符号化された量子化データに加えて、エントロピ符号化されたサイド情報もエントロピ復号化する。動き補償部は、再構築されているフレームのブロック（例えば、マクロブロック、サブマクロブロック、サブマクロブロック・パーティション、符号化ツリー・ユニット、予測ユニット、又はそれらの一部分）の動き補償予測を形成

するために、動き情報を1以上の参照フレームに適用する。イントラ予測モジュールは、隣接する以前に再構築されたサンプル値から、現ブロックのサンプル値を空間的に予測することができる。デコーダ(550)はまた、予測残差を再構築する。逆量子化部は、エントロピ復号化されたデータを逆量子化する。逆周波数変換部は、量子化された周波数領域データを空間領域情報に変換する。予測フレームに関して、デコーダ(550)は、再構築フレームを形成するために、再構築された予測残差を動き補償予測と結合する。デコーダ(550)は、同様に、予測残差を、イントラ予測からの空間予測と結合することができる。ビデオ・デコーダ(550)における動き補償ループは、適応デブロッキング・フィルタを含み、適応デブロッキング・フィルタは、復号化フレーム(551)内のブロック境界ロー及び/又はカラムにわたる不連続さを平滑化する。

10

【0059】

復号化フレーム一時メモリ記憶領域(560)は、複数のフレーム・バッファ記憶領域(561、562、...、56n)を含む。復号化フレーム記憶領域(560)はDPBの一例である。デコーダ(550)は、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの復号化フレーム(551)を記憶することができるフレーム・バッファ(561、562等)を識別するために、MMCO/RPS情報(532)を使用する。デコーダ(550)は、そのフレーム・バッファに復号化フレーム(551)を記憶する。

【0060】

出力シーケンサ(580)は、出力順で生成される次のフレームが復号化フレーム記憶領域(560)内で利用可能になるときを識別するために、MMCO/RPS情報(532)を使用する。出力順で生成される低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの次のフレーム(581)が、復号化フレーム記憶領域(560)内で利用可能になったとき、そのフレームが、出力シーケンサ(580)により読み出され、(a)低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームの表示のための出力先(590)(例えば、ディスプレイ)、又は(b)フレーム・アンパッカ(585)のいずれかに出力される。一般に、復号化フレーム記憶領域(560)から出力シーケンサ(580)によりフレームが出力される順番は、デコーダ(550)によりフレームが復号化される順番とは異なり得る。

20

【0061】

フレーム・アンパッカ(585)は、4:4:4フォーマット等の高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの出力フレーム(586)を生成するために、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレーム(581)を再構成する。フレーム・アンパッキングの例示的な手法については以下で説明する。フレーム・アンパッカ(585)は、フレーム・パッキングが実行されたかどうか、及びフレーム・パッキングがどのように実行されたかを示すメタデータ(図示せず)を使用して、フレーム・アンパッキング・オペレーションをガイドすることができる。フレーム・アンパッカ(585)は、以下で説明するように、例えば、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタといった後処理オペレーションを実行することができる。

30

【0062】

VI. 例示的なビデオ・エンコーダ

40

図6は、いくつかの説明する実施形態を協働して実装することができる一般化されたビデオ・エンコーダ(600)のブロック図である。エンコーダ(600)は、現フレーム(605)を含む、4:2:0フォーマット等の低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの一連のビデオ・フレームを受信し、出力として符号化データ(695)を生成する。

【0063】

エンコーダ(600)は、ブロックベースであり、実装に依存するマクロブロック・フォーマットを使用する。ブロックは、例えば、周波数変換段階及びエントロピ符号化段階において等の様々な段階において、さらに分割され得る。例えば、フレームは、16×16マクロブロックに分割され得、今度は、そのブロックが、符号化及び復号化のために、

50

ピクセル値の 8×8 ブロック及びより小さなサブ・ブロックに分割され得る。

【 0 0 6 4 】

エンコーダ・システム (6 0 0) は、予測フレーム及びイントラ符号化されたフレームを圧縮する。プレゼンテーションの目的上、図 6 は、フレーム内符号化のためのエンコーダ (6 0 0) を介した「イントラ・パス」と、フレーム間符号化のための「インター・パス」とを示している。エンコーダ (6 0 0) のコンポーネントの多くが、フレーム内符号化及びフレーム間符号化の両方のために使用される。これらのコンポーネントにより実行される正確なオペレーションは、圧縮される情報のタイプに応じて変わり得る。

【 0 0 6 5 】

現フレーム (6 0 5) が予測フレームである場合、動き推定部 (6 1 0) は、1 以上の参照フレームに関して、現フレーム (6 0 5) のブロック (例えば、マクロブロック、サブマクロブロック、サブマクロブロック・パーティション、符号化ツリー・ユニット、予測ユニット、又はそれらの一部分) の動きを推定する。フレーム・ストア (6 2 0) は、参照フレームとして使用するために、1 以上の再構築された以前のフレーム (6 2 5) をバッファする。複数の参照フレームが使用される場合、複数の参照フレームは、異なる時間的方向からのものであってもよいし、同じ時間的方向からのものであってもよい。動き推定部 (6 1 0) は、サイド情報として、差分動きベクトル情報等の動き情報 (6 1 5) を出力する。

【 0 0 6 6 】

動き補償部 (6 3 0) は、動き補償された現フレーム (6 3 5) を形成するとき、再構築された動きベクトルを、1 以上の再構築された参照フレーム (6 2 5) に適用する。動き補償された現フレーム (6 3 5) のブロックとオリジナルの現フレーム (6 0 5) の対応する部分との間の差 (あれば) が、ブロックの予測残差 (6 4 5) である。オリジナルの現フレーム (6 0 5) により近い再構築フレームを得るために、現フレームの後の再構築の間に、再構築された予測残差が、動き補償された現フレーム (6 3 5) に付加される。しかしながら、不可逆圧縮 (lossy compression) では、それでも、いくつかの情報が、オリジナルの現フレーム (6 0 5) から失われる。イントラ・パスは、イントラ予測モジュール (図示せず) を含み得る。イントラ予測モジュールは、隣接する以前に再構築されたピクセル値から、現ブロックのピクセル値を空間的に予測する。

【 0 0 6 7 】

周波数変換部 (6 6 0) は、空間領域ビデオ情報を周波数領域 (すなわち、スペクトル変換) データに変換する。ブロックベースのビデオ・フレームに関して、周波数変換部 (6 6 0) は、離散コサイン変換とその整数近似、又は別のタイプの前ブロック変換をピクセル値データ又は予測残差データのブロックに適用して、周波数変換係数のブロックを生成する。次いで、量子化部 (6 7 0) は、変換係数を量子化する。例えば、量子化部 (6 7 0) は、フレームごとに、マクロブロックごとに、又は他の単位で変わるステップ・サイズで、一様でないスカラ量子化を周波数領域データに適用する。

【 0 0 6 8 】

後続の動き推定 / 動き補償のために現フレームの再構築されたバージョンが必要とされる場合、逆量子化部 (6 7 6) が、量子化された周波数係数データに対して逆量子化を実行する。逆周波数変換部 (6 6 6) は、逆周波数変換を実行し、再構築された予測残差又はピクセル値のブロックを生成する。予測フレームに関して、エンコーダ (6 0 0) は、再構築フレーム (6 0 5) を形成するために、再構築された予測残差 (6 4 5) を動き補償された予測 (6 3 5) と結合する。(図 6 には示されていないが、イントラ・パスにおいては、エンコーダ (6 0 0) は、予測残差を、イントラ予測からの空間予測と結合することができる。) フレーム・ストア (6 2 0) は、後続の動き補償予測において使用するために、再構築された現フレームをバッファする。

【 0 0 6 9 】

エンコーダ (6 0 0) における動き補償ループは、フレーム・ストア (6 2 0) の前又は後に、適応ループ内デブロック・フィルタ (6 1 0) を含む。エンコーダ (6 0 0) は

10

20

30

40

50

、フレーム内の境界にわたる不連続さを適応的に平滑化するために、ループ内フィルタリングを再構築フレームに適用する。適応ループ内デブロック・フィルタ(610)は、いくつかのタイプのコンテンツに対しては無効にされ得る。例えば、メイン・ビュー及び補助ビューを伴うフレーム・パッキング手法において、適応ループ内デブロック・フィルタ(610)は、ブラー(blurring)等のアーチファクトを生成しないようにするために、(メイン・ビューの一部ではない残存するクロマ情報を含む)補助ビューを符号化するときは無効にされ得る。

【0070】

エントロピ符号化部(680)は、量子化部(670)の出力に加えて、動き情報(615)及び所定のサイド情報(例えば、QP値)も圧縮する。エントロピ符号化部(680)は、符号化データ(695)をバッファ(690)に供給し、バッファ(690)は、符号化データを出力ビットストリームに多重化する。

【0071】

コントローラ(図示せず)は、エンコーダの様々なモジュールから入力を受信する。コントローラは、符号化中、中間結果を評価し、例えば、QP値を設定して、レート-歪み解析を実行する。コントローラは、他のモジュールと協働して、符号化中、符号化パラメータを設定及び変更する。具体的には、コントローラは、符号化中、ルマ成分及びクロマ成分の量子化を制御するために、QP値及び他の制御パラメータを変更することができる。例えば、コントローラは、所与のフレームのクロマ・コンテンツと比較して、(フレーム・パッキング手法におけるメイン・ビュー又は補助ビューであり得る、)そのフレームのルマ・コンテンツにより多くのビットを取っておくために、QP値を変更することができる。あるいは、メイン・ビュー及び補助ビューを伴うフレーム・パッキング手法において、コントローラは、(残存するクロマ情報を含む)補助ビューと比較して、(ルマ成分及びサブサンプリングされたクロマ成分を含む)メイン・ビューにより多くのビットを取っておくために、QP値を変更することができる。

【0072】

フレーム・パッキングのいくつかの手法において、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームからのクロマ情報が、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの符号化されるフレームにパックされた後でも、エンコーダは、いくつかの方法により、クロマ成分のサンプル値間の幾何学的対応を利用することができる。幾何学的対応という語は、(1)低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットから構築されたフレームの(名目上の)ルマ成分の位置におけるクロマ情報と、(2)低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのクロマ成分の対応するスケーリングされた位置におけるクロマ情報との間の関係を示す。ルマ成分の位置とクロマ成分の位置との間で、スケーリング・ファクタが適用される。例えば、4:2:0では、スケーリング・ファクタは、水平方向及び垂直方向の両方とも2であり、4:2:2では、スケーリング・ファクタは、水平方向では2であり、垂直方向では1である。

【0073】

エンコーダは、幾何学的対応を使用して、符号化されるフレームの現ブロックを符号化するときに隣接ブロックの最近の結果をまず評価することにより、動き推定、QP選択、予測モード選択、又はブロック対ブロックからの他の決定プロセスをガイドすることができる。あるいは、エンコーダは、幾何学的対応を使用して、符号化されるフレームの「ルマ」成分にパックされる高解像度クロマ情報の符号化からの結果を用いることにより、符号化されるフレームのクロマ成分にパックされる高解像度クロマ情報のそのような決定プロセスをガイドすることができる。あるいは、より直接的に、エンコーダは、幾何学的対応を使用して、圧縮性能を向上させることができる。ここで、動きベクトル、予測モード、又は符号化されるフレームの「ルマ」成分にパックされる高解像度クロマ情報の他の決定がまた、符号化されるフレームのクロマ成分にパックされる高解像度クロマ情報のために使用される。詳細には、本明細書で説明するいくつかの手法(例えば、以下の手法2)において、クロマ情報が、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの補助フレーム

にバックされるとき、補助フレームの名目上のルマ成分と補助フレームの名目上のクロマ成分との間の空間対応及び動きベクトル変位の関係が維持される。補助フレームのY成分、U成分、及びV成分における対応する空間位置でのサンプル値は、一貫している傾向があり、これは、空間ブロック・サイズ・セグメンテーション等の目的に有用であり、非ゼロ係数値の存在／不存在を示す符号化ブロック・パターン情報又は他の情報のジョイント符号化に有用である。補助フレームのY成分、U成分、及びV成分の対応する部分の動きベクトルは、一貫している傾向があり（例えば、Yにおける2つのサンプルの垂直変位又は水平変位は、U及びVにおける1サンプルの変位に対応する）、これもまた符号化効率に役立つ。

【0074】

実装及び所望の圧縮のタイプに応じて、エンコーダのモジュールを追加してもよいし、省略してもよいし、複数のモジュールに分割してもよいし、他のモジュールと結合してもよいし、且つ／あるいは同様のモジュールと置換してもよい。代替実施形態において、異なるモジュール及び／又はモジュールの他の構成を有するエンコーダは、説明した技術のうちの1以上を実行する。エンコーダの特定の実施形態は、通常、エンコーダ(600)の変形又は補完バージョンを使用する。エンコーダ(600)内のモジュール間の示された関係は、エンコーダ内の情報の一般的な流れを示すものである。他の関係は、簡潔さのため示されていない。

【0075】

VII. 例示的なビデオ・デコーダ

図7は、いくつかの説明する実施形態を協働して実装することができる一般化されたデコーダ(700)のブロック図である。デコーダ(700)は、圧縮フレーム又は一連のフレームの符号化データ(795)を受信し、4:2:0フォーマット等の低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの再構築フレーム(705)を含む出力を生成する。プレゼンテーションの目的上、図7は、フレーム内復号化のためのデコーダ(700)を介した「イントラ・パス」と、フレーム間復号化のための「インター・パス」とを示している。デコーダ(700)のコンポーネントの多くが、フレーム内復号化及びフレーム間復号化の両方のために使用される。これらのコンポーネントにより実行される正確なオペレーションは、伸張される情報のタイプに応じて変わり得る。

【0076】

バッファ(790)は、圧縮フレームの符号化データ(795)を受け入れ、受け入れた符号化データを解析部／エントロピ復号化部(780)に利用可能にする。解析部／エントロピ復号化部(780)は、通常はエンコーダにおいて実行されたエントロピ符号化の逆を適用することにより、エントロピ符号化された量子化データに加えて、エントロピ符号化されたサイド情報もエントロピ復号化する。

【0077】

動き補償部(730)は、再構築されているフレーム(705)のブロック（例えば、マクロブロック、サブマクロブロック、サブマクロブロック・パーティション、符号化ツリー・ユニット、予測ユニット、又はそれらの一部分）の動き補償予測(735)を形成するために、動き情報(715)を1以上の参照フレーム(725)に適用する。フレーム・ストア(720)は、参照フレームとして使用するために、1以上の以前に再構築されたフレームを記憶する。

【0078】

イントラ・パスは、イントラ予測モジュール（図示せず）を含み得る。イントラ予測モジュールは、隣接する以前に再構築されたピクセル値から、現ブロックのピクセル値を空間的に予測する。インター・パスにおいて、デコーダ(700)は、予測残差を再構築する。逆量子化部(770)は、エントロピ復号化されたデータを逆量子化する。逆周波数変換部(760)は、量子化された周波数領域データを空間領域情報に変換する。例えば、逆周波数変換部(760)は、逆ブロック変換を周波数変換係数に適用して、ピクセル値データ又は予測残差データを生成する。逆周波数変換は、逆離散コサイン変換とその整

10

20

30

40

50

数近似、又は別のタイプの逆周波数変換であり得る。

【 0 0 7 9 】

予測フレームに関して、デコーダ (7 0 0) は、再構築フレーム (7 0 5) を形成するために、再構築された予測残差 (7 4 5) を動き補償予測 (7 3 5) と結合する。(図 7 には示されていないが、イントラ・パスにおいては、デコーダ (7 0 0) は、予測残差を、イントラ予測からの空間予測と結合することができる。) デコーダ (7 0 0) における動き補償ループは、フレーム・ストア (7 2 0) の前又は後に、適応ループ内デブロック・フィルタ (7 1 0) を含む。デコーダ (7 0 0) は、フレーム内の境界にわたる不連続さを適応的に平滑化するために、ループ内フィルタリングを再構築フレームに適用する。適応ループ内デブロック・フィルタ (7 1 0) は、符号化中に無効化されたとき、いくつかのタイプのコンテンツに対して無効にされ得る。例えば、メイン・ビュー及び補助ビューを伴うフレーム・パッキング手法において、適応ループ内デブロック・フィルタ (7 1 0) は、(メイン・ビューの一部ではない残存するクロマ情報を含む) 補助ビューを復号化するとき無効にされ得る。

10

【 0 0 8 0 】

図 7 において、デコーダ (7 0 0) はまた、後処理デブロック・フィルタ (7 0 8) を含む。後処理デブロック・フィルタ (7 0 8) は、任意的に、再構築フレーム内の不連続さを平滑化する。(デリング・フィルタリング等の) 他のフィルタリングも、後処理フィルタリングの一部として適用することができる。通常は、後のフレーム・アンパッキングが適用される再構築フレームは、後処理デブロック・フィルタ (7 0 8) をバイパスする。

20

【 0 0 8 1 】

実装及び所望の伸張のタイプに応じて、デコーダのモジュールを追加してもよいし、省略してもよいし、複数のモジュールに分割してもよいし、他のモジュールと結合してもよいし、且つ/あるいは同様のモジュールと置換してもよい。代替実施形態において、異なるモジュール及び/又はモジュールの他の構成を有するデコーダは、説明した技術のうちの 1 以上を実行する。デコーダの特定の実施形態は、通常、デコーダ (7 0 0) の変形又は補完バージョンを使用する。デコーダ (7 0 0) 内のモジュール間の示された関係は、デコーダ内の情報の一般的な流れを示すものである。他の関係は、簡潔さのため示されていない。

30

【 0 0 8 2 】

V I I I . 高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレーム・パッキング / アンパッキング

このセクションは、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームを、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームにバックする様々な手法を記載している。次いで、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームが、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのために設計されたエンコーダを用いて符号化される。(低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのために設計されたデコーダを用いた) 復号化の後、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームが、さらなる処理及び表示のために出力され得る。あるいは、そのような復号化の後、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームが、出力及び表示のために、フレーム・アンパッキングを介して元に戻され得る。

40

【 0 0 8 3 】

A . Y U V 4 : 4 : 4 ビデオのためのフレーム・パッキング / アンパッキングの手法

本明細書で説明する様々な手法を使用して、1つの特定の例として、符号化 / 復号化が 4 : 2 : 0 フォーマットを使用するとき、4 : 4 : 4 フォーマットのフレームのクロマ情報を維持することができる。これらの手法において、例えば、1つの Y U V 4 : 4 : 4 フレームが、2つの Y U V 4 : 2 : 0 フレームにバックされる。通常の 4 : 4 : 4 フレームは、4 ピクセル位置 (pixel position) ごとに 1 2 個のサンプル値を含むのに対し、4 : 2 : 0 フレームは、4 ピクセル位置ごとに 6 個のサンプル値しか含まない。したがって

50

、1つの4:4:4フレームに含まれる全てのサンプル値が、2つの4:2:0フレームにパックされ得る。

【0084】

1. 手法1

手法1において、1つのYUV4:4:4フレームは、空間分割(spatial partitioning)を用いて、2つのYUV4:2:0フレームにパックされる。図8は、YUV4:4:4フレームの空間分割を用いるフレーム・パッキングのこの手法(800)を示している。

【0085】

Y₄₄₄プレーン、U₄₄₄プレーン、及びV₄₄₄プレーンは、YUV4:4:4フレーム(801)の3つの成分プレーンである。各プレーンは、幅W及び高さHの解像度を有する。本明細書で用いる例を説明する都合上、W及びHの両方とも4で割り切れるが、これは、本手法の限定であることを意味しない。1つのYUV4:4:4フレームを2つのYUV4:2:0フレームにパックする手法(800)は、図8に示されるように、YUV4:4:4フレームを分割する。YUV4:4:4フレーム(801)のU₄₄₄プレーンは、空間分割を用いて、1つのボトム・ハーフH2 - U₄₄₄と、2つのアップ・クォータQ1 - U₄₄₄及びQ2 - U₄₄₄とに分割される。YUV4:4:4フレーム(801)のV₄₄₄プレーンは、空間分割を用いて、1つのボトム・ハーフH2 - V₄₄₄と、2つのアップ・クォータQ1 - V₄₄₄及びQ2 - V₄₄₄とに分割される。

【0086】

次いで、YUV4:4:4フレーム(801)の分割されたプレーンが、1以上のYUV4:2:0フレームとして再編成される。YUV4:4:4フレームのY₄₄₄プレーンは、YUV4:2:0フォーマットの第1フレーム(802)のルマ成分プレーンになる。U₄₄₄プレーンのボトム・ハーフ及びV₄₄₄プレーンのボトム・ハーフは、YUV4:2:0フォーマットの第2フレーム(803)のルマ成分プレーンになる。U₄₄₄プレーンのトップ・クォータ及びV₄₄₄プレーンのトップ・クォータは、図8に示されるように、YUV4:2:0フォーマットの第1フレーム(802)及び第2フレーム(803)のクロマ成分プレーンになる。

【0087】

YUV4:2:0フォーマットの第1フレーム(802)及び第2フレーム(803)は、(図8において暗いラインにより分離されている)別々のフレームとして編成され得る。あるいは、YUV4:2:0フォーマットの第1フレーム(802)及び第2フレーム(803)は、2×Hの高さを有する単一のフレームとして編成され得る(図8における暗いラインは無視する)。あるいは、YUV4:2:0フォーマットの第1フレーム(802)及び第2フレーム(803)は、2×Wの幅を有する単一のフレームとして編成され得る。あるいは、YUV4:2:0フォーマットの第1フレーム(802)及び第2フレーム(803)は、H・264/AVC規格又はHEVC規格におけるframe_packing_arrangement_typeのために規定された方法のうちいずれかを用いて、単一のフレーム又は複数のフレームとして編成され得る。

【0088】

このタイプのフレーム・パッキングが機能しても、これは、2つのYUV4:2:0フレームの各々におけるY成分、U成分、及びV成分間の幾何学的対応をもたらさない。詳細には、YUV4:2:0フォーマットの第2フレーム(803)に関して、ルマ成分とクロマ成分との間の幾何学的対応は通常存在しない。本明細書で説明する他のパッキング手法は、一般に、はるかに良い幾何学的対応を実現する。

【0089】

代替的に、手法1は、クロマ・サンプリング・フォーマットとしての4:4:4、4:2:2、4:2:0等のサンプリング・レシオにおけるRGB、GBR等の色空間のために使用されてもよい。

【0090】

10

20

30

40

50

2. 手法 2

手法 2 において、Y U V 4 : 4 : 4 フレームのクロマ情報の幾何学的対応を維持したまま、1 つの Y U V 4 : 4 : 4 フレームは、2 つの Y U V 4 : 2 : 0 フレームにパックされる。Y 成分、U 成分、及び V 成分間の良い幾何学的対応を有する Y U V 4 : 2 : 0 フレームが、より良く圧縮され得る。なぜならば、この Y U V 4 : 2 : 0 フレームは、Y U V 4 : 2 : 0 フレームを符号化するよう適合された通常のエンコーダにより期待されるモデルにフィットするからである。

【 0 0 9 1 】

2 つの Y U V 4 : 2 : 0 フレームのうちの 1 つが、より低い解像度の色成分を有するにもかかわらず、Y U V 4 : 4 : 4 フレームにより表される完全なシーンを表すように、パッキングが行われ得る。これは、復号化においてオブションを提供する。フレーム・アンパッキングを実行することができないデコーダ又はフレーム・アンパッキングを実行しないことを選択するデコーダは、シーンを表す Y U V 4 : 2 : 0 フレームの再構築されたバージョンを単に受け取り、その再構築されたバージョンをディスプレイに直接供給するだけでよい。

【 0 0 9 2 】

図 9 は、このような設計制約に矛盾しないフレーム・パッキングの 1 つの例示的な手法 (9 0 0) を示している。この手法 (9 0 0) において、1 つの Y U V 4 : 4 : 4 フレーム (8 0 1) は、2 つの Y U V 4 : 2 : 0 フレーム (9 0 2 、 9 0 3) にパックされる。第 1 フレーム (9 0 2) は、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの「メイン・ビュー」を提供し、これは、Y U V 4 : 4 : 4 フレーム (8 0 1) により表される完全なシーンのより低いクロマ解像度のバージョンである。第 2 フレーム (9 0 3) は、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの「補助ビュー」を提供し、これは、残存するクロマ情報を含む。

【 0 0 9 3 】

図 9 において、領域 B 1 . . . 領域 B 9 は、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットのそれぞれのフレーム (9 0 2 、 9 0 3) 内の異なる領域である。Y U V 4 : 4 : 4 フレーム (8 0 1) の U_{444} プレーン及び V_{444} プレーンの奇数行のサンプル値が、領域 B 4 及び領域 B 5 に割り当てられ、Y U V 4 : 4 : 4 フレーム (8 0 1) の U_{444} プレーン及び V_{444} プレーンの偶数行のサンプル値が、領域 B 2、領域 B 3、領域 B 6、領域 B 7、領域 B 8、及び領域 B 9 間に分散される。詳細には、Y U V 4 : 4 : 4 フレーム (8 0 1) の Y_{444} プレーン、 U_{444} プレーン、及び V_{444} プレーンのサンプル値は、以下のように、領域 B 1 . . . 領域 B 9 にマッピングする。

・領域 B 1 に関して、

【 数 1 】

$$Y_{420}^{\text{main}}(x, y) = Y_{444}(x, y)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W - 1] \times [0, H - 1]$ である。

・領域 B 2 に関して、

【 数 2 】

$$U_{420}^{\text{main}}(x, y) = U_{444}(2x, 2y)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W / 2 - 1] \times [0, H / 2 - 1]$ である。

・領域 B 3 に関して、

【 数 3 】

$$V_{420}^{\text{main}}(x, y) = V_{444}(2x, 2y)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W / 2 - 1] \times [0, H / 2 - 1]$ である。

・領域 B 4 に関して、

【数 4】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x, y) = U_{444}(x, 2y + 1)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W - 1] \times [0, H / 2 - 1]$ である。

・領域 B 5 に関して、

【数 5】

$$Y_{420}^{\text{aux}}\left(x, \frac{H}{2} + y\right) = V_{444}(x, 2y + 1)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W - 1] \times [0, H / 2 - 1]$ である。

・領域 B 6 に関して、

【数 6】

$$U_{420}^{\text{aux}}(x, y) = U_{444}(2x + 1, 4y)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W / 2 - 1] \times [0, H / 4 - 1]$ である

。

・領域 B 7 に関して、

【数 7】

$$U_{420}^{\text{aux}}\left(x, \frac{H}{4} + y\right) = V_{444}(2x + 1, 4y)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W / 2 - 1] \times [0, H / 4 - 1]$ である

。

・領域 B 8 に関して、

【数 8】

$$V_{420}^{\text{aux}}(x, y) = U_{444}(2x + 1, 4y + 2)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W / 2 - 1] \times [0, H / 4 - 1]$ である

。

・領域 B 9 に関して、

【数 9】

$$V_{420}^{\text{aux}}\left(x, \frac{H}{4} + y\right) = V_{444}(2x + 1, 4y + 2)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W / 2 - 1] \times [0, H / 4 - 1]$ である

。

【0094】

代替的に、YUV4:4:4 フレーム(801)の Y_{444} プレーン、 U_{444} プレーン、及び V_{444} プレーンのサンプル値は、異なる形で領域 B 1 . . . 領域 B 9 に割り当てられてもよい。例えば、YUV4:4:4 フレーム(801)の U_{444} プレーン及び V_{444} プレーンの偶数行のサンプル値が、領域 B 4 及び領域 B 5 に割り当てられ、YUV4:4:4 フレーム(801)の U_{444} プレーン及び V_{444} プレーンの奇数行のサンプル値が、領域 B 2、領域 B 3、領域 B 6、領域 B 7、領域 B 8、及び領域 B 9 間に分散される。あるいは、別の例として、YUV4:4:4 フレームのオリジナルの U プレーンからのデータが、補助 YUV4:2:0 フレームの U プレーン内に構成され、YUV4:4:4 フレームのオリジナルの V プレーンからのデータが、補助 YUV4:2:0 フレームの V プレーン内に構成されてもよい。この例において、図 9 と比較すると、上記の式において領域 B 7 に割り当てられる $V_{444}(2x + 1, 4y)$ からのサンプル値は、代わりに、領域 B 8 に割り当てることができ、上記の式において領域 B 8 に割り当てられる $U_{444}(2x + 1, 4y + 2)$ からのサンプル値は、代わりに、領域 B 7 に割り当てることができる。あるいは、 U_{444} からの同じサンプル値が、1 行おきに分けるのではなく、B 6 及び B 7 の代わりに、単一の領域にコピーされ、 V_{444} からの同じサンプル値が、1 行おきに分けるのではなく、B 8 及び B 9 の代わりに、単一の領域にコピーされて

10

20

30

40

50

もよい。どちらにしても、補助 YUV 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン (又は、V プレーン) が、異なるオリジナルの U プレーン及び V プレーンからのコンテンツを混合することなく、YUV 4 : 4 : 4 フレームの U プレーン (又は、V プレーン) から構築される。(反対に、図 9 の例において、補助 YUV 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン (又は、V プレーン) は、YUV 4 : 4 : 4 フレームの U 成分及び V 成分からのデータの混合を有する。補助 YUV 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン (又は、V プレーン) の上半分は、オリジナルの U プレーンからのデータを含み、下半分は、オリジナルの V プレーンからのデータを含む。)

【0095】

YUV 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (902) 及び第 2 フレーム (903) は、(図 9 において暗いラインにより分離されている) 別々のフレームとして編成され得る。あるいは、YUV 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (902) 及び第 2 フレーム (903) は、 $2 \times H$ の高さを有する単一のフレームとして編成され得る (図 9 における暗いラインは無視する)。あるいは、YUV 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (902) 及び第 2 フレーム (903) は、 $2 \times W$ の幅を有する単一のフレームとして編成され得る。あるいは、YUV 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (902) 及び第 2 フレーム (903) は、H. 264 / AVC 規格又は HEVC 規格における frame_packing_arrangement_type のために規定された方法のうちいずれかを用いて、単一のフレームとして編成され得る。

【0096】

図 10 は、図 9 の手法 (900) に従ってパックされる例示的なフレームを示している。図 10 は、 Y_{444} プレーン、 U_{444} プレーン、及び V_{444} プレーンを含む YUV 4 : 4 : 4 フレーム (1001) を示している。

【0097】

フレーム・パッキング後、メイン・ビュー (1002) (第 1 YUV 4 : 2 : 0 フレーム) は、オリジナルの YUV 4 : 4 : 4 フレーム (1001) と同等の YUV 4 : 2 : 0 である。復号化システムは、YUV 4 : 4 : 4 がサポートされていない、あるいは必ずしも考慮されない場合、メイン・ビュー (1002) の再構築されたバージョンを単に表示するだけでよい。

【0098】

補助ビュー (1003) は、YUV 4 : 4 : 4 フレーム (1001) のクロマ情報を含む。そうであっても、補助ビュー (1003) は、YUV 4 : 2 : 0 フレームのコンテンツ・モデルにフィットし、通常の YUV 4 : 2 : 0 ビデオ・エンコーダを用いた圧縮によく適している。フレーム内において、補助ビュー (1003) は、Y 成分、U 成分、及び V 成分にわたる幾何学的対応を示す。フレーム間で、補助ビューは、Y 成分、U 成分、及び V 成分にわたる高い相関関係がある動きを示すことが予期される。

【0099】

図 11 は、設計制約に矛盾しないフレーム・パッキングの別の例示的な手法 (1100) を示している。この手法 (1100) において、1 つの YUV 4 : 4 : 4 フレーム (801) は、2 つの YUV 4 : 2 : 0 フレーム (1102、1103) にパックされる。図 9 の手法 (900) とほとんど同様に、図 11 の手法 (1100) において、第 1 フレーム (1102) は、YUV 4 : 2 : 0 フォーマットの「メイン・ビュー」を提供し、これは、YUV 4 : 4 : 4 フレーム (801) により表される完全なシーンのより低いクロマ解像度のバージョンである。それに対し、第 2 フレーム (1103) は、YUV 4 : 2 : 0 フォーマットの「補助ビュー」を提供し、これは、残存するクロマ情報を含む。

【0100】

図 11 において、領域 A1 . . . 領域 A9 は、YUV 4 : 2 : 0 フォーマットのそれぞれのフレーム (1102、1103) 内の異なる領域である。YUV 4 : 4 : 4 フレーム (801) の U_{444} プレーン及び V_{444} プレーンの奇数列のサンプル値が、領域 A4 及び領域 A5 に割り当てられ、YUV 4 : 4 : 4 フレーム (801) の U_{444} プレーン

及び V_{444} プレーンの偶数列のサンプル値が、領域 A 2、領域 A 3、領域 A 6、領域 A 7、領域 A 8、及び領域 A 9 間に分散される。詳細には、 $YUV_{4:4:4}$ フレーム (801) の Y_{444} プレーン、 U_{444} プレーン、及び V_{444} プレーンのサンプル値は、以下のように、領域 A 1 . . . 領域 A 9 にマッピングする。

・領域 A 1 に関して、

【数 1 0】

$$Y_{420}^{\text{main}}(x, y) = Y_{444}(x, y)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W - 1] \times [0, H - 1]$ である。

・領域 A 2 に関して、

【数 1 1】

$$U_{420}^{\text{main}}(x, y) = U_{444}(2x, 2y)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/2 - 1] \times [0, H/2 - 1]$ である。

・領域 A 3 に関して、

【数 1 2】

$$V_{420}^{\text{main}}(x, y) = V_{444}(2x, 2y)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/2 - 1] \times [0, H/2 - 1]$ である。

・領域 A 4 に関して、

【数 1 3】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x, y) = U_{444}(2x + 1, y)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/2 - 1] \times [0, H - 1]$ である。

・領域 A 5 に関して、

【数 1 4】

$$Y_{420}^{\text{aux}}\left(\frac{W}{2} + x, y\right) = V_{444}(2x + 1, y)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/2 - 1] \times [0, H - 1]$ である。

・領域 A 6 に関して、

【数 1 5】

$$U_{420}^{\text{aux}}(x, y) = U_{444}(4x, 2y + 1)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/4 - 1] \times [0, H/2 - 1]$ である。

・領域 A 7 に関して、

【数 1 6】

$$U_{420}^{\text{aux}}\left(\frac{W}{4} + x, y\right) = V_{444}(4x, 2y + 1)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/4 - 1] \times [0, H/2 - 1]$ である。

・領域 A 8 に関して、

【数 1 7】

$$V_{420}^{\text{aux}}(x, y) = U_{444}(4x + 2, 2y + 1)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/4 - 1] \times [0, H/2 - 1]$ である。

10

20

30

40

50

・領域 A 9 に関して、

【数 1 8】

$$V_{420}^{\text{aux}}\left(\frac{W}{4} + x, y\right) = V_{444}(4x + 2, 2y + 1)$$

である。ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/4 - 1] \times [0, H/2 - 1]$ である。

【0 1 0 1】

代替的に、Y U V 4 : 4 : 4 フレーム (8 0 1) の Y_{444} プレーン、 U_{444} プレーン、及び V_{444} プレーンのサンプル値は、異なる形で領域 A 1 . . . 領域 A 9 に割り当てられてもよい。例えば、Y U V 4 : 4 : 4 フレーム (8 0 1) の U_{444} プレーン及び V_{444} プレーンの偶数列のサンプル値が、領域 A 4 及び領域 A 5 に割り当てられ、Y U V 4 : 4 : 4 フレーム (8 0 1) の U_{444} プレーン及び V_{444} プレーンの奇数列のサンプル値が、領域 A 2、領域 A 3、領域 A 6、領域 A 7、領域 A 8、及び領域 A 9 間に分散される。あるいは、別の例として、Y U V 4 : 4 : 4 フレームのオリジナルの U プレーンからのデータが、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン内に構成され、Y U V 4 : 4 : 4 フレームのオリジナルの V プレーンからのデータが、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの V プレーン内に構成されてもよい。この例において、図 1 1 と比較すると、上記の式において領域 A 7 に割り当てられる $V_{444}(4x, 2y + 1)$ からのサンプル値は、代わりに、領域 A 8 に割り当てられ、上記の式において領域 A 8 に割り当てられる $U_{444}(4x + 2, 2y + 1)$ からのサンプル値は、代わりに、領域 A 7 に割り当てられる。あるいは、 U_{444} からの同じサンプル値が、1 列おきに分けるのではなく、A 6 及び A 7 の代わりに、単一の領域にコピーされ、 V_{444} からの同じサンプル値が、1 列おきに分けるのではなく、A 8 及び A 9 の代わりに、単一の領域にコピーされてもよい。どちらにしても、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン (又は、V プレーン) が、異なるオリジナルの U プレーン及び V プレーンからのコンテンツを混合することなく、Y U V 4 : 4 : 4 フレームの U プレーン (又は、V プレーン) から構築される。

【0 1 0 2】

Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (1 1 0 2) 及び第 2 フレーム (1 1 0 3) は、(図 1 1 において暗いラインにより分離されている) 別々のフレームとして編成され得る。あるいは、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (1 1 0 2) 及び第 2 フレーム (1 1 0 3) は、 $2 \times H$ の高さを有する単一のフレームとして編成され得る (図 1 1 における暗いラインは無視する)。あるいは、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (1 1 0 2) 及び第 2 フレーム (1 1 0 3) は、 $2 \times W$ の幅を有する単一のフレームとして編成され得る。あるいは、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (1 1 0 2) 及び第 2 フレーム (1 1 0 3) は、 $H \cdot 264 / AVC$ 規格又は $HEVC$ 規格における frame_packing_arrangement_type のために規定された方法のうちいずれかを用いて、単一のフレームとして編成され得る。

【0 1 0 3】

フレーム・アンパッキングは、フレーム・パッキングを単にミラーするだけでよい。Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットのフレームの領域に割り当てられたサンプルが、Y U V 4 : 4 : 4 フォーマットのフレームのクロマ成分におけるオリジナルの位置に再度割り当てられる。一実施例において、例えば、フレーム・アンパッキング中、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットのフレームの領域 B 2 . . . B 9 におけるサンプルが、以下の擬似コードに示されるように、Y U V 4 : 4 : 4 フォーマットのフレームの再構築されたクロマ成分 U'_{444} 及び V'_{444} に割り当てられる。

【数 1 9】

```

for( x = 0; x < (W >> 1); x++ ) {
    for( y = 0; y < (H >> 1); y++ ) {
        U'444(2x, 2y + 1) = Y''aux420(2x, y)
        V'444(2x, 2y + 1) = Y''aux420(2x, (H >> 1) + y)
        U'444(2x + 1, 2y + 1) = Y''aux420(2x + 1, y)
        V'444(2x + 1, 2y + 1) = Y''aux420(2x + 1, (H >> 1) + y)
        if( y % 2 == 0 ) {
            U'444(2x + 1, 2y) = U''aux420(x, y >> 1)
            V'444(2x + 1, 2y) = U''aux420(x, (H >> 2) + (y >> 1))
        } else {
            U'444(2x + 1, 2y) = V''aux420(x, y >> 1)
            V'444(2x + 1, 2y) = V''aux420(x, (H >> 2) + (y >> 1))
        }
        U'444(2x, 2y) = U''main420(x, y)
        V'444(2x, 2y) = V''main420(x, y)
    }
}

```

10

20

ここで、' 'マークは、（おそらくは不可逆的な）符号化からの再構築を示す。

【0 1 0 4】

B . フレーム・パッキング情報のシグナリングのための値のシンタックス及びセマンティックス

30

例示的な実施例において、フレーム・パッキング構成 S E I メッセージは、2つの4 : 2 : 0 フレームが、パックされた1つの4 : 4 : 4 フレームを含みことをシグナリングするために使用される。フレーム・パッキング構成 S E I メッセージは、H . 2 6 4 / A V C 規格及び H E V C 規格において規定されているが、そのようなフレーム・パッキング構成 S E I メッセージは、異なる目的で以前にも使用されている。

【0 1 0 5】

フレーム・パッキング構成 S E I メッセージは、2 D ビデオ・コーデックを用いる立体視 3 D ビデオ・フレームを送信するために設計された。そのような場合、2つの4 : 2 : 0 フレームは、立体視 3 D ビデオ・シーンの左目用視点及び右目用視点を表す。本明細書で説明する手法では、フレーム・パッキング構成 S E I メッセージの範囲は、その代わりに、その後1つの4 : 4 : 4 フレームを元に戻すためのフレーム・アンパッキングが続く、その4 : 4 : 4 フレームから得られる2つの4 : 2 : 0 フレームの符号化 / 復号化をサポートするよう拡張され得る。2つの4 : 2 : 0 フレームは、メイン・ビュー及び補助ビューを表す。メイン・ビュー（フレーム）及び補助ビュー（フレーム）は両方とも、4 : 2 : 0 フォーマットと同等のフォーマットである。メイン・ビュー（フレーム）は、独立して有用であり得るのに対し、補助ビュー（フレーム）は、メイン・ビューとともに適切に解釈されるときに有用である。したがって、これらの手法は、フレーム・パッキング構成 S E I メッセージを使用して、4 : 2 : 0 フレームを符号化 / 復号化することができるビデオ・コーデックを用いる4 : 4 : 4 フレームの符号化 / 復号化を効果的にサポートすることができる。

40

50

【 0 1 0 6 】

この目的のために、S E Iメッセージは拡張される。例えば、シンタックス要素content_interpretation_typeのセマンティックスは、以下のように拡張される。関連するフレーム・パッキング手法において、Y U V 4 : 4 : 4 フレームに関して、2つの構成Y U V 4 : 2 : 0 フレームが存在する。それらは、メイン・ビューのための第1フレームと、補助ビューのための第2フレームである。content_interpretation_typeは、以下の表で指定される構成フレームの意図される解釈を示す。0、1、及び2の値は、H . 2 6 4 / A V C 規格及びH E V C 規格において解釈されている。content_interpretation_typeの新たな値は、構成フレームがY U V 4 : 4 : 4 フレームからのデータを含むものとして解釈されるべきであることを示すために規定される：

10

【表 1】

値	解釈
0	フレーム・パックされた構成フレーム間の未指定の関係。
1	2つの構成フレームが立体ビュー・シーンの左目用視点及び右目用視点を形成することを示す。フレーム0は左目用視点に関連付けられ、フレーム1は右目用視点に関連付けられる。
2	2つの構成フレームが立体ビュー・シーンの右目用視点及び左目用視点を形成することを示す。フレーム0は右目用視点に関連付けられ、フレーム1は左目用視点に関連付けられる。
3	2つの構成フレームがY U V 4 : 4 : 4 フレームを表すメインY U V 4 : 2 : 0 フレーム及び補助Y U V 4 : 2 : 0 フレームを形成することを示す。フレーム0はメイン・ビューに関連付けられ、フレーム1は補助ビューに関連付けられる。フレーム0のクロマ・サンプルが、（アンチエイリアス・フィルタリングなしの）4 : 4 : 4 フレームのフィルタリングされていないサンプルとして解釈されるべきであることを示す。
4	2つの構成フレームがY U V 4 : 4 : 4 フレームを表すメインY U V 4 : 2 : 0 フレーム及び補助Y U V 4 : 2 : 0 フレームを形成することを示す。フレーム0はメイン・ビューに関連付けられ、フレーム1は補助ビューに関連付けられる。フレーム0のクロマ・サンプルが、フレーム・パッキングの前にアンチエイリアス・フィルタリングされたものとして解釈されるべきであることを示す。
5	2つの構成フレームがY U V 4 : 4 : 4 フレームを表すメインY U V 4 : 2 : 0 フレーム及び補助Y U V 4 : 2 : 0 フレームを形成することを示す。フレーム1はメイン・ビューに関連付けられ、フレーム0は補助ビューに関連付けられる。フレーム1のクロマ・サンプルが、（アンチエイリアス・フィルタリングなしの）4 : 4 : 4 フレームのフィルタリングされていないサンプルとして解釈されるべきであることを示す。
6	2つの構成フレームがY U V 4 : 4 : 4 フレームを表すメインY U V 4 : 2 : 0 フレーム及び補助Y U V 4 : 2 : 0 フレームを形成することを示す。フレーム1はメイン・ビューに関連付けられ、フレーム0は補助ビューに関連付けられる。フレーム1のクロマ・サンプルが、フレーム・パッキングの前にアンチエイリアス・フィルタリングされたものとして解釈されるべきであることを示す。

20

30

40

【 0 1 0 7 】

50

代替的に、シンタックス要素content_interpretation_typeの異なる値が、上記の表に示された解釈に関連付けられてもよい。あるいは、フレーム・パッキングにより高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームから得られる低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームの符号化/復号化をサポートするために、content_interpretation_typeの他の解釈及び/又は追加の解釈が使用されてもよい。

【0108】

さらに、単純さのために、次の制約のうちの1以上が、フレーム・パッキング構成SEIメッセージの他のシンタックス要素に課せられ得る。content_interpretation_typeが3~6の値を有する場合(すなわち、YUV4:2:0フレームへのYUV4:4:4フレームのフレーム・パッキングを伴う場合)、シンタックス要素quincunx_sampling_flag、spatial_flipping_flag、frame0_grid_position_x、frame0_grid_position_y、frame1_grid_position_x、及びframe1_grid_position_yの値は0である。さらに、content_interpretation_typeが3又は5に等しい場合(前処理においてフィルタリングが存在しないことを示す)、chroma_loc_info_present_flagは1であり、chroma_sample_loc_type_top_field及びchroma_sample_loc_type_bottom_fieldの値は2である。

【0109】

H.264/AVC規格(及び、HEVC規格)において、シンタックス要素frame_packing_arrangement_typeは、立体視ビューの2つの構成フレームがどのように構成されるかを示す。例えば、frame_packing_arrangement_typeが3であることは、2つの構成フレームのサイド・バイ・サイド・パッキングを示し、frame_packing_arrangement_typeが4であることは、2つの構成フレームのトップ・ボトム・パッキングを示し、frame_packing_arrangement_typeが5であることは、2つの構成フレームのテンポラル・インタリービングを示す。シンタックス要素frame_packing_arrangement_typeは、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのパッキングを示すcontent_interpretation_typeの値とともに、同様に使用することができる。例えば、frame_packing_arrangement_typeが3であることは、メイン・フレーム及び補助フレームのサイド・バイ・サイド・パッキングを示し得る。frame_packing_arrangement_typeが4であることは、メイン・フレーム及び補助フレームのトップ・ボトム・パッキングを示し得る。frame_packing_arrangement_typeが5であることは、メイン・フレーム及び補助フレームのテンポラル・インタリービングを示し得る。あるいは、フレーム・パッキング構成メタデータは、何らかの他の形でシグナリングされてもよい。代替的に、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのパッキングを示すcontent_interpretation_typeシンタックス要素のセマンティックスを拡張する代わりに、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのパッキングを示すために、frame_packing_arrangement_typeのセマンティックスが拡張されてもよい。例えば、フレーム・パッキング構成メタデータ(5より大きいframe_packing_arrangement_typeの値等)は、メイン・ビュー及び補助ビューがどのように構成されるかを示すに加えて、フレーム・パッキング/アンパッキングが使用されるか使用されないか、フィルタリング又は他の前処理オペレーションが使用されたか使用されなかったか(したがって、対応する後処理フィルタリング又は他の後処理オペレーションが使用されるべきか使用されないべきか)、実行する後処理オペレーションのタイプ、又はフレーム・パッキング/アンパッキングに関する他の情報を示すことができる。

【0110】

これらの例において、フレーム・パッキング構成SEIメッセージは、復号化ピクチャが、フレーム・パッキング構成の構成フレームとして4:4:4フレームのメイン・ビュー及び補助ビューを含むことを、デコーダに通知する。この情報を使用して、表示又は他の目的のために、メイン・ビュー及び補助ビューを適切に処理することができる。例えば、復号化側のシステムが、4:4:4フォーマットのビデオを望み、メイン・ビュー及び補助ビューから4:4:4フレームを再構築することができる場合、このシステムは、そのようにすることができ、出力フォーマットは4:4:4になるであろう。そうでなければ、メイン・ビューのみが出力として提供され、出力フォーマットは4:2:0になるで

あろう。

【0111】

C. 例示的な前処理オペレーション及び後処理オペレーションの第1のセット

高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのクロマ・サンプル値の単純なサブサンプリングは、ダウンサンプリングされたクロマ・サンプル値においてエイリアシング・アーチファクトを生成させ得る。エイリアシングを軽減するために、フレーム・パッキングは、クロマ・サンプル値をフィルタリングするための前処理オペレーションを含み得る。そのようなフィルタリングは、アンチエイリアス・フィルタリングと呼ばれ得る。対応するフレーム・アンパッキングは、クロマ・サンプル値の前処理フィルタリングを補償するための後処理オペレーションを含み得る。例えば、上記の表を参照すると、content_interpretation_typeが4又は6である場合、前処理オペレーションを使用して、フレーム・パッキング中、クロマ・サンプル値をフィルタリングすることができ、フレーム・アンパッキングは、対応する後処理オペレーションを含み得る。このセクションは、例示的な前処理オペレーション及び後処理オペレーションの第1のセットを記載している。ウェーブレット分解/再構成又は他の帯域分離フィルタリング/逆フィルタリングを含む、例示的な前処理オペレーション及び後処理オペレーションの別のセットについては以下で説明する。

10

【0112】

フレーム・パッキング/アンパッキングに適合される前処理及び後処理の様々な理由が存在する。

20

【0113】

例えば、前処理は、メイン・ビューを表すYUV4:2:0フレームのみが表示のために使用されるときに品質を向上させるのに役立ち得る。これは、デコーダが、クロマ情報の単純なサブサンプリングにより生じるエイリアシング・アーチファクトのリスクを冒すことなく、補助ビューを表すYUV4:2:0フレームを無視することを許容し得る。前処理がないと、(メイン・ビューを表すYUV4:2:0フレームのクロマ信号が、YUV4:4:4フレームからのクロマ信号の直接的なサブサンプリングにより得られる場合、)出力を生成するためにメイン・ビューのみが使用されるときには、エイリアシング・アーチファクトが、例えば、Clear Typeテキスト・コンテンツといった何らかのコンテンツ上で見られ得る。

30

【0114】

別の例として、前処理及び後処理は、YUV4:4:4領域における圧縮されたクロマ信号の一貫性及び平滑さを維持/強化するのに役立ち得る。フレーム・パッキングを使用して、1つのYUV4:4:4フレームを2つのYUV4:2:0フレームにパックするとき、クロマ信号は複数の領域に分割され、各領域は、その位置に応じて、(例えば、異なるレベルの量子化により)異なって圧縮され得る。このため、クロマ信号が、複数の領域からのデータをインタリーブすることにより、再度組み立てられるとき、人工的な不連続さ及び高周波ノイズが生成され得る。後処理オペレーションは、圧縮に起因する、これらの領域において生じる差異を平滑化するのに役立ち得る。

40

【0115】

別の例として、前処理は、残存するクロマ情報を含む補助ビューを表すYUV4:2:0フレームの圧縮を拡張するのに役立ち得る。

【0116】

いくつかの例示的な実施例において、前処理オペレーション及び後処理オペレーションは、メイン・ビューを表すYUV4:2:0フレームの一部であるクロマ信号にしか影響を及ぼさないように制限される。すなわち、フィルタリングされるサンプル値は、メイン・ビューのクロマ成分の一部である。

【0117】

さらに、AVC符号化/復号化又はHEVC符号化/復号化と組み合わせたフレーム・パッキング/アンパッキングに関して、前処理オペレーション及び後処理オペレーション

50

は、(ルマ・サンプル・グリッドとのクロマ・サンプル・グリッド・アライメントを示す)クロマ・サンプル位置タイプに基づき得る。クロマ・サンプル位置タイプは、圧縮ビットストリームの一部としてシグナリングされるchroma_sample_loc_type_top_fieldシンタックス要素及びchroma_sample_loc_type_bottom_fieldシンタックス要素から決定される。(これら2つの要素は、プログレッシブ・スキャン・ソース・コンテンツでは、通常等しい値を有するであろう。)所与のクロマ・サンプル位置タイプに関して、クロマ・サンプルが、特定の方向(水平方向又は垂直方向)について、ルマ・サンプルとアラインする場合、奇数タップ対称フィルタ(丸め処理に加えた $\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} / 4$ すなわち $\begin{bmatrix} 0 & 2 & 5 & 0 & 5 & 0 & 2 & 5 \end{bmatrix}$ 等)を使用して、その方向のクロマをフィルタリングする。一方、クロマ・サンプルが、特定の方向(水平方向又は垂直方向)について、ルマ・サンプルとアラインせず、クロマ・サンプル・グリッド位置が、特定の方向(水平方向/垂直方向)について、ルマ・サンプル位置間で中央に揃えられている場合、偶数タップ対称フィルタ(通常は、丸め処理に加えた $\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} / 2$ すなわち $\begin{bmatrix} 0 & 5 & 0 & 5 \end{bmatrix}$)を使用して、その方向のクロマをフィルタリングする。後者の場合の別の可能なフィルタ選択は、丸め処理に加えた $\begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} / 8$ すなわち $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 5 & 0 & 3 & 7 & 5 & 0 & 3 & 7 & 5 & 0 & 1 & 2 & 5 \end{bmatrix}$ である。後処理オペレーションの選択は、通常、後処理オペレーションが前処理オペレーションを補償するようになされる。いくつかの場合において、後処理は、前処理を直接的に逆にするのに対し、他の場合において、後処理は、以下で説明するように、前処理をおおよそ逆にするにすぎない。

10

20

【0 1 1 8】

A V C 符号化/復号化又はH E V C 符号化/復号化と組み合わせたフレーム・パッキング/アンパッキングの実施例において、クロマ・サンプル位置タイプが、chroma_sample_loc_type_top_fieldシンタックス要素及びchroma_sample_loc_type_bottom_fieldシンタックス要素について、1である場合、クロマ・サンプルは、水平方向又は垂直方向で、ルマ・サンプルとアラインせず、したがって、前処理オペレーションでは、水平方向及び垂直方向の両方で、フィルタ $\begin{bmatrix} 0 & 5 & 0 & 5 \end{bmatrix}$ が適用される。そのような場合、図9を参照して示した手法(9 0 0)では、領域B 2及び領域B 3のサンプル値を導出するための式は以下のとおりである。

・領域B 2に関して、

【数 2 0】

30

$$U_{420}^{\text{main_filt}}(x, y) = [U_{444}(2x, 2y) + U_{444}(2x + 1, 2y) + U_{444}(2x, 2y + 1) + U_{444}(2x + 1, 2y + 1) + 2] / 4$$

・領域B 3に関して、

【数 2 1】

$$V_{420}^{\text{main_filt}}(x, y) = [V_{444}(2x, 2y) + V_{444}(2x + 1, 2y) + V_{444}(2x, 2y + 1) + V_{444}(2x + 1, 2y + 1) + 2] / 4$$

40

ここで、(x, y)の範囲は、両方の領域について、 $[0, W/2 - 1] \times [0, H/2 - 1]$ である。

【0 1 1 9】

このフィルタリングに起因して、Y U V 4 : 4 : 4 フレームからの位置 $U_{444}(2x, 2y)$ 及び位置 $V_{444}(2x, 2y)$ におけるサンプル値は、メイン・ビュー(9 0 2)において直接的に表されない。代わりに、フィルタリングされたサンプル値(

【数 2 2】

$$U_{420}^{\text{main_filt}}(x, y)$$

及び

【数 2 3】

$$V_{420}^{\text{main_filt}}(x, y)$$

）が、メイン・ビュー（902）における位置での値である。YUV4:4:4フレームからの $U_{444}(2x+1, 2y)$ 、 $U_{444}(2x, 2y+1)$ 、 $U_{444}(2x+1, 2y+1)$ 、 $V_{444}(2x+1, 2y)$ 、 $V_{444}(2x, 2y+1)$ 、及び $V_{444}(2x+1, 2y+1)$ は、依然として、領域B4...領域B9間の補助ビュー（903）において直接的に表される。

10

【0120】

YUV4:4:4フォーマットのフレームが出力されるときの後処理オペレーションの一部としての対応するフィルタリングにおいて、YUV4:4:4フレームの位置 $U_{444}(2x, 2y)$ 及び位置 $V_{444}(2x, 2y)$ のサンプル値は、バックされたフレームにおける値から、 $U'_{444}(2x, 2y)$ 及び $V'_{444}(2x, 2y)$ として、以下のように計算され得る：

20

【数 2 4】

$$U'_{444}(2x, 2y) = (1 + 3\alpha) * U_{420}^{\text{main_filt}}(x, y) - \alpha * [U''_{444}(2x + 1, 2y) + U''_{444}(2x, 2y + 1) + U''_{444}(2x + 1, 2y + 1)]$$

【数 2 5】

$$V'_{444}(2x, 2y) = (1 + 3\alpha) * V_{420}^{\text{main_filt}}(x, y) - \alpha * [V''_{444}(2x + 1, 2y) + V''_{444}(2x, 2y + 1) + V''_{444}(2x + 1, 2y + 1)]$$

30

ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/2 - 1] \times [0, H/2 - 1]$ であり、 α は、実装に依存する重み付けファクタであり、 $'$ マークは、（おそらくは不可逆的な）符号化からの再構築を示す。水平方向及び垂直方向の両方でルマ・サンプル位置間で中央に揃えられたクロマ・サンプル・グリッド位置に関して、 $[0.5, 0.5]$ という提案されるアンチエイリアス・フィルタを用いると、 $\alpha = 1$ という値は、前処理において実行されたフィルタリングを直接的に逆にすることで、量子化誤差及び丸め誤差なしで、入力値を完全に再構築するであろう。が他の値の場合、後処理中のフィルタリングは、前処理において実行されたフィルタリングをおおよそ逆にするに過ぎない。量子化誤差を考慮すると、認識されるアーチファクトを低減させるために、いくらか小さな値の α （例えば、 $\alpha = 0.5$ ）を用いることが望ましいことであり得る。一般に、 α は、 $0.0 \sim 1.0$ の範囲にあるべきであり、量子化ステップ・サイズが大きいほど、 α は小さいべきである。高い値の α を用いると、不可逆圧縮に起因して生成されるアーチファクトを増幅させ得る。

40

【0121】

あるいは、異なる重みを異なるサンプル位置に対して割り当てることができる。YUV4:4:4フレームの位置 $U_{444}(2x, 2y)$ 及び位置 $V_{444}(2x, 2y)$ のサンプル値は、バックされたフレームにおける値から、 $U'_{444}(2x, 2y)$ 及び $V'_{444}(2x, 2y)$ として、以下のように計算され得る：

.

【数 2 6】

$$U'_{444}(2x, 2y) = (1 + \alpha + \beta + \gamma) * U''_{420}{}^{\text{main_filt}}(x, y) - \alpha * U''_{444}(2x + 1, 2y) - \beta * U''_{444}(2x, 2y + 1) - \gamma * U''_{444}(2x + 1, 2y + 1)$$

.

【数 2 7】

$$V'_{444}(2x, 2y) = (1 + \alpha + \beta + \gamma) * V''_{420}{}^{\text{main_filt}}(x, y) - \alpha * V''_{444}(2x + 1, 2y) - \beta * V''_{444}(2x, 2y + 1) - \gamma * V''_{444}(2x + 1, 2y + 1)$$

10

ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/2 - 1] \times [0, H/2 - 1]$ であり、 α 、 β 、及び γ は、実装に依存する重み付けファクタであり、 $'$ マークは、（おそらくは不可逆的な）符号化からの再構築を示す。水平方向及び垂直方向の両方でルマ・サンプル位置間で中央に揃えられたクロマ・サンプル・グリッド位置に関して、 $[0.5 \quad 0.5]$ という提案されるアンチエイリアス・フィルタを用いると、 $\alpha = \beta = \gamma = 1$ という値は、前処理において実行されたフィルタリングを直接的に逆にすることで、量子化誤差及び丸め誤差なしで、入力値を完全に再構築するであろう。 α 、 β 、及び γ が他の値の場合、後処理中のフィルタリングは、前処理において実行されたフィルタリングをおおよそ逆にするに過ぎない。量子化誤差を考慮すると、認識されるアーチファクトを低減させるために、 α 、 β 、及び γ （例えば、 $\alpha = \beta = \gamma = 0.5$ ）を用いることが望ましいことであり得る。一般に、 α 、 β 、及び γ は、 $0.0 \sim 1.0$ の範囲にあるべきであり、量子化ステップ・サイズが大きいほど、 α 、 β 、及び γ は小さいべきである。高い値の α 、 β 、及び γ を用いると、不可逆圧縮に起因して生成されるアーチファクトを増幅させ得る。 α 、 β 、及び γ の値は、相互相関分析を用いる条件付き最適化のために設計され得る。

20

【0 1 2 2】

$\alpha = \beta = \gamma = 1$ の場合、YUV 4:4:4 フレームの位置 $U_{444}(2x, 2y)$ 及び位置 $V_{444}(2x, 2y)$ のサンプル値は、バックされたフレームにおける値から、 $U'_{444}(2x, 2y)$ 及び $V'_{444}(2x, 2y)$ として、以下のように計算され得る：

30

.

【数 2 8】

$$U'_{444}(2x, 2y) = 4 * U''_{420}{}^{\text{main_filt}}(x, y) - U''_{444}(2x + 1, 2y) - U''_{444}(2x, 2y + 1) - U''_{444}(2x + 1, 2y + 1)$$

.

【数 2 9】

$$V'_{444}(2x, 2y) = 4 * V''_{420}{}^{\text{main_filt}}(x, y) - V''_{444}(2x + 1, 2y) - V''_{444}(2x, 2y + 1) - V''_{444}(2x + 1, 2y + 1)$$

40

ここで、 (x, y) の範囲は、 $[0, W/2 - 1] \times [0, H/2 - 1]$ である。

【0 1 2 3】

例えば、前処理中、位置 $(2x, 2y)$ 、位置 $(2x + 1, 2y)$ 、位置 $(2x, 2y + 1)$ 、及び位置 $(2x + 1, 2y + 1)$ のサンプル値 29、15、7、及び 18 が、フィルタリングされて、17 に丸められるサンプル値 17.25 が生成される。17 というフィルタリングされたサンプル値が、29 というオリジナルのサンプル値の代わりに使用される。後処理中、位置 $(2x, 2y)$ のサンプル値は、 $68 - 15 - 7 - 18 = 28$ と

50

して再構築される。オリジナルのサンプル値（２９）と再構築されたサンプル値（２８）との間の差は、前処理オペレーションのフィルタリングに起因する正確さの損失を示す。

【０１２４】

代替的に、デバイスは、フィルタリングが前処理中に実行された場合であっても、後処理中のフィルタリング・オペレーションを選択的に省略してもよい。例えば、デバイスは、復号化及び再生の計算負荷を低減させるために、後処理中のフィルタリングを省略することができる。

【０１２５】

代替的に、前処理オペレーション及び後処理オペレーションは、（例えば、図９に示されるフレーム９０２の領域Ｂ２及び領域Ｂ３といった）メイン・ビューを表す４：２：０フレームの一部である４：４：４フレームのクロマ信号に限定されるものではない。代わりに、前処理オペレーション及び後処理オペレーションは、（例えば、図９に示されるフレーム９０３の領域Ｂ４～領域Ｂ９といった）補助ビューを表す４：２：０フレームの一部である４：４：４フレームのクロマ信号についても実行されてもよい。（補助ビューを表す４：２：０フレームの一部である４：４：４フレームのクロマ信号についての）そのような前処理オペレーション及び後処理オペレーションは、メイン・ビューを表す４：２：０フレームの一部となる４：４：４フレームのクロマ信号の前処理及び後処理とは異なるフィルタリング・オペレーションを使用することができる。

【０１２６】

前処理オペレーション及び後処理オペレーションの上記の例において、前処理中、平均フィルタリングが使用され、後処理中、対応するフィルタリングが使用される。代替的に、前処理オペレーション及び後処理オペレーションは、変換／逆変換ペアを実施してもよい。例えば、変換／逆変換ペアは、ウェーブレット変換、リフティング変換、及び他の変換のクラスの１つであり得る。４：４：４フレームをバックするというコンテキストにおける前処理オペレーション及び後処理オペレーションの使用の上述した様々な設計理由を満たすために、特定の変換がまた、ユース・ケース・シナリオに応じて設計され得る。あるいは、前処理及び後処理は、他のフィルタ領域のサポート付きの他のフィルタ構造を使用してもよいし、コンテンツ及び／又は忠実性に関して適応的な（例えば、符号化のために使用される量子化ステップ・サイズに関して適応的な）フィルタリングを使用してもよい。

【０１２７】

いくつかの例示的な実施例において、フレーム・バックされた４：２：０コンテンツの表現及び／又は圧縮は、４：４：４コンテンツのオリジナルのサンプル・ビット深度よりも高いサンプル・ビット深度を使用し得る。例えば、４：４：４フレームのサンプル・ビット深度は、１サンプルにつき８ビットであり、フレーム・バックされた４：２：０フレームのサンプル・ビット深度は、１サンプルにつき１０ビットである。これは、前処理オペレーション及び後処理オペレーションの適用中の正確性の損失を低減させるのに役立ち得る。あるいは、これは、４：２：０フレームが不可逆圧縮を用いて符号化されるときよりも高いレベルの忠実性を実現するのに役立ち得る。例えば、４：４：４コンテンツが、１サンプルにつき８ビットのサンプル・ビット深度を有し、フレーム・バックされた４：２：０コンテンツが、１サンプルにつき１０ビットのサンプル・ビット深度を有する場合、１サンプルにつき１０ビットのビット深度は、エンコード及びデコードの全て又はほとんどの内部モジュールにおいて維持され得る。受信側でコンテンツを４：４：４フォーマットにアンパックした後、必要ならば、サンプル・ビット深度を１サンプルにつき８ビットに低減させることができる。より一般的に、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのサンプル値は、第１のビット深度（１サンプルにつき８ビット、１０ビット、１２ビット、又は１６ビット等）を有し得るのに対して、（フレーム・バッキング後の）低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのサンプル値は、第１のビット深度よりも高い第２のビット深度を有する。

【０１２８】

D. YUV 4 : 2 : 2 ビデオのための代替例

前述の例の多くにおいて、YUV 4 : 4 : 4 フレームが、符号化及び復号化のために、YUV 4 : 2 : 0 フレームにパックされている。他の例において、YUV 4 : 2 : 2 フレームが、符号化及び復号化のために、YUV 4 : 2 : 0 フレームにパックされる。通常の 4 : 2 : 2 フレームは、4 ピクセル位置ごとに 8 個のサンプル値を含むのに対し、4 : 2 : 0 フレームは、4 ピクセル位置ごとに 6 個のサンプル値しか含まない。したがって、4 : 2 : 2 フレームに含まれるサンプル値は、4 / 3 の 4 : 2 : 0 フレームにパックされ得る。すなわち、効率的にパックされると、3 つの 4 : 2 : 2 フレームが、4 つの 4 : 2 : 0 フレームにパックされ得る。

【0129】

10

一手法において、4 : 2 : 2 フレームのフレーム・パッキングは、図 8 に示した 4 : 4 : 4 フレームから 4 : 2 : 0 フレームへの単純な手法 (800) と同様の単純な方法で行われる。

【0130】

他の手法において、YUV 4 : 2 : 2 フレームのクロマ情報の幾何学的対応を維持したまま、1 つの YUV 4 : 2 : 2 フレームは、複数の YUV 4 : 2 : 0 フレームにパックされる。Y 成分、U 成分、及び V 成分間の良い幾何学的対応を有する、結果として生じる YUV 4 : 2 : 0 フレームが、より良く圧縮され得る。なぜならば、この YUV 4 : 2 : 0 フレームは、符号化された YUV 4 : 2 : 0 フレームに適合する通常のエンコーダにより期待されるモデルにフィットするからである。同時に、YUV 4 : 2 : 0 フレームが、より低い解像度の色成分を有するにもかかわらず、YUV 4 : 2 : 2 フレームにより表される完全なシーンを表すように、パッキングが行われ得る。

20

【0131】

1 つの YUV 4 : 2 : 2 フレームを 2 つの YUV 4 : 2 : 0 フレーム (メイン・ビュー及び補助ビュー) にパックするとともに、このような設計制約が満たされ得る。補助ビューは、「空 (empty)」領域を有するが、このような空領域は、固定値を用いて、あるいはクロマ値を複製することにより、満たされ得る。あるいは、シーンの奥行き等の他の情報を示すために、このような空領域が使用されてもよい。例えば、図 9 を参照して説明したパッキング手法 (900) に関して、領域 B 4 及び領域 B 5 がデータを有さないことを除いて、手法 (900) をそのまま使用することができる。あるいは、図 11 を参照して説明したパッキング手法 (1100) に関して、領域 A 4 及び領域 A 5 がデータを有さないことを除いて、手法 (1100) をそのまま使用することができる。

30

【0132】

例示的な実施例において、以下の表に示されるように、構成 YUV 4 : 2 : 0 フレームへの YUV 4 : 2 : 2 フレームのパッキングをシグナリングするための、content_interpretation_type の新たな値が規定される。

【表 2】

値	解釈
0	フレーム・パックされた構成フレーム間の未指定の関係。
1	2つの構成フレームが立体ビュー・シーンの左目用視点及び右目用視点を形成することを示す。フレーム0は左目用視点に関連付けられ、フレーム1は右目用視点に関連付けられる。
2	2つの構成フレームが立体ビュー・シーンの右目用視点及び左目用視点を形成することを示す。フレーム0は右目用視点に関連付けられ、フレーム1は左目用視点に関連付けられる。
...	...
7	2つの構成フレームがYUV 4:2:2フレームを表すメインYUV 4:2:0フレーム及び補助YUV 4:2:0フレームを形成することを示す。フレーム0はメイン・ビューに関連付けられ、フレーム1は補助ビューに関連付けられる。フレーム0のクロマ・サンプルが、(アンチエイリアス・フィルタリングなしの) 4:2:2フレームのフィルタリングされていないサンプルとして解釈されるべきであることを示す。
8	2つの構成フレームがYUV 4:2:2フレームを表すメインYUV 4:2:0フレーム及び補助YUV 4:2:0フレームを形成することを示す。フレーム0はメイン・ビューに関連付けられ、フレーム1は補助ビューに関連付けられる。フレーム0のクロマ・サンプルが、フレーム・パッキングの前にアンチエイリアス・フィルタリングされたものとして解釈されるべきであることを示す。
9	2つの構成フレームがYUV 4:2:2フレームを表すメインYUV 4:2:0フレーム及び補助YUV 4:2:0フレームを形成することを示す。フレーム1はメイン・ビューに関連付けられ、フレーム0は補助ビューに関連付けられる。フレーム1のクロマ・サンプルが、(アンチエイリアス・フィルタリングなしの) 4:2:2フレームのフィルタリングされていないサンプルとして解釈されるべきであることを示す。
10	2つの構成フレームがYUV 4:2:2フレームを表すメインYUV 4:2:0フレーム及び補助YUV 4:2:0フレームを形成することを示す。フレーム1はメイン・ビューに関連付けられ、フレーム0は補助ビューに関連付けられる。フレーム1のクロマ・サンプルが、フレーム・パッキングの前にアンチエイリアス・フィルタリングされたものとして解釈されるべきであることを示す。

10

20

30

40

【0 1 3 3】

代替的に、シンタックス要素content_interpretation_typeの異なる値が、上記の表に示された解釈に関連付けられてもよい。あるいは、フレーム・パッキングにより高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームから得られる低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームの符号化/復号化をサポートするために、content_interpretation_typeの他の解釈及び/又は追加の解釈が使用されてもよい。

【0 1 3 4】

E. 他のクロマ・サンプリング・フォーマット

本明細書で説明した例の多くは、クロマ・サンプリング・フォーマットとしての、4:

50

4 : 4、4 : 2 : 2、4 : 2 : 0 等のサンプリング・レシオにおける $Y'UV$ 、 YIQ 、 $Y'IQ$ 、 $YdbDr$ 、 $YCbCr$ 、 $YCoCg$ 等の YUV 色空間の変形を含む。代替的に、説明した手法は、クロマ・サンプリング・フォーマットとしての、4 : 4 : 4、4 : 2 : 2、4 : 2 : 0 等のサンプリング・レシオにおける RGB 、 GBR 等の色空間のために使用されてもよい。例えば、デバイスは、(RGB 4 : 4 : 4 又は GBR 4 : 4 : 4 等の) 高解像度の非 YUV クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームを、(4 : 2 : 0 フォーマット等の) 低解像度フォーマットのフレームにパックすることができ、次いで、低解像度フォーマットのフレームを符号化することができる。この符号化において、名目上のルマ成分及び名目上のクロマ成分は、(おおよその輝度及び色差値ではなく) 非 YUV 成分のサンプル値を表す。対応するアンパッキングにおいて、デバイスは、(4 : 2 : 0 フォーマット等の) 低解像度フォーマットのフレームを、(RGB 4 : 4 : 4 又は GBR 4 : 4 : 4 等の) 高解像度の非 YUV クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームにアンパックする。

10

【0135】

また、説明した手法は、通常はグレー・スケール・ビデオ・コンテンツ又はモノクローム・ビデオ・コンテンツのために使用される 4 : 0 : 0 フォーマットへの 4 : 4 : 4 フォーマット、4 : 2 : 2 フォーマット、又は 4 : 2 : 0 フォーマットのビデオ・コンテンツのフレーム・パッキングのために使用することができる。4 : 4 : 4 フォーマット、4 : 2 : 2 フォーマット、又は 4 : 2 : 0 フォーマットのフレームからのクロマ情報が、4 : 0 : 0 フォーマットの 1 以上の追加フレーム又は補助フレームのプライマリ成分にパックされ得る。

20

【0136】

F. フレーム・パッキング / アンパッキングのための一般化された技術

図 12 は、フレーム・パッキングのための一般化された技術 (1200) を示している。例えば、図 4 を参照して説明したフレーム・パッカを実装するコンピューティング・デバイスは、技術 (1200) を実行することができる。

【0137】

デバイスは、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームを、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームにパックする (1210)。例えば、デバイスは、4 : 4 : 4 フォーマット (例えば、 YUV 4 : 4 : 4 フォーマット) の 1 以上のフレームを、4 : 2 : 0 フォーマット (例えば、 YUV 4 : 2 : 0 フォーマット) の 1 以上のフレームにパックする。あるいは、デバイスは、4 : 2 : 2 フォーマット (例えば、 YUV 4 : 2 : 2 フォーマット) の 1 以上のフレームを、4 : 2 : 0 フォーマット (例えば、 YUV 4 : 2 : 0 フォーマット) の 1 以上のフレームにパックする。あるいは、デバイスは、4 : 4 : 4 フォーマット (例えば、 YUV 4 : 4 : 4 フォーマット) の 1 以上のフレームを、4 : 2 : 2 フォーマット (例えば、 YUV 4 : 2 : 2 フォーマット) の 1 以上のフレームにパックする。

30

【0138】

YUV フォーマットでは、デバイスは、フレーム・パッキングの後、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームのクロマ成分の隣接サンプル値間の幾何学的対応を維持するように、フレーム・パッキング (1210) を実行することができる。例えば、そのようなサンプル値は、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームのルマ成分及びクロマ成分の隣接サンプル及び / 又は配置された部分として維持される。後の符号化は、そのような幾何学的対応を利用することができる。

40

【0139】

いくつかのフレーム・パッキング手法において、デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームの一部として、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームの低クロマ解像度バージョンを組み込むことができる。したがって、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームの一部は、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームの低クロマ解像度

50

バージョンを表す。低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームの残りの部分は、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームからの残存するクロマ情報を表す。他のフレーム・パッキング手法において、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームの空間分割に従って、デバイスは、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分のサンプル値を、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのルマ成分及びクロマ成分に割り当てる。

【0140】

フレーム・パッキング中、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分のサンプル値は、フィルタリングされ得、フィルタリングされたサンプル値は、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分の諸部分に割り当てられる。いくつかの実施例において、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分のサンプル値は、より低いビット深度（例えば、1サンプルにつき8ビット）を有し、フィルタリングされたサンプル値は、より高いビット深度での符号化のために、より高いビット深度（例えば、1サンプルにつき10ビット）を有する。

【0141】

次いで、デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームを符号化することができる（1220）。代替的に、異なるデバイスが符号化（1220）を実行してもよい。1以上のデバイスは、フレームごとに、又は他の単位で、技術（1200）を繰り返すことができる。

【0142】

デバイスは、フレーム・パッキング/アンパッキングに関するメタデータをシグナリングすることができる。例えば、デバイスは、フレーム・パッキング/アンパッキングが使用されるか使用されないかを示すメタデータをシグナリングする。あるいは、デバイスは、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分のサンプル値が、フレーム・パッキング中にフィルタリングされ、後処理の一部としてフィルタリングされるべきであるというインジケーションをシグナリングする。フレーム・パッキング/アンパッキングに関するメタデータは、付加拡張情報（SEI）メッセージの一部として、又は何らかの他のタイプのメタデータとしてシグナリングされ得る。

【0143】

図13は、フレーム・アンパッキングのための一般化された技術（1300）を示している。例えば、図5を参照して説明したフレーム・アンパッキングを実装するコンピューティング・デバイスは、技術（1300）を実行することができる。

【0144】

フレーム・アンパッキング自体の前に、デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームを復号化することができる（1310）。代替的に、異なるデバイスが復号化（1310）を実行してもよい。

【0145】

デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームを、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームにアンパッキングする（1320）。例えば、デバイスは、4:2:0フォーマット（例えば、YUV4:2:0フォーマット）の1以上のフレームを、4:4:4フォーマット（例えば、YUV4:4:4フォーマット）の1以上のフレームにアンパッキングする。あるいは、デバイスは、4:2:0フォーマット（例えば、YUV4:2:0フォーマット）の1以上のフレームを、4:2:2フォーマット（例えば、YUV4:2:2フォーマット）の1以上のフレームにアンパッキングする。あるいは、デバイスは、4:2:2フォーマット（例えば、YUV4:2:2フォーマット）の1以上のフレームを、4:4:4フォーマット（例えば、YUV4:4:4フォーマット）の1以上のフレームにアンパッキングする。

【0146】

高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームの低クロマ解像度バージョンが、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームの一部として組み込まれるとき、デバイスは、表示のためのオプションを有する。高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームの低クロマ解像度バージョンを表す低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームの一部は、出力及び表示のために再構築され得る。低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームの残りの部分は、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームからの残存するクロマ情報を表し、フレーム・アンパッキングの一部として使用され得る。他のフレーム・アンパッキング手法において、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームの空間分割の逆を実行するために、デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのルマ成分及びクロマ成分のサンプル値を、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分に割り当てる。

10

【0147】

フレーム・アンパッキング中、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分のサンプル値は、後処理の一部としてフィルタリングされ得る。いくつかの実施例において、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分の少なくともいくつかのサンプル値は、後処理フィルタリングの前に、より高いビット深度（例えば、1サンプルにつき10ビット）を有し、そのようなサンプル値は、後処理フィルタリングの後、より低いビット深度（例えば、1サンプルにつき8ビット）を有する。

20

【0148】

デバイスはまた、フレーム・パッキング／アンパッキングに関するメタデータを受信することができる。例えば、デバイスは、フレーム・パッキング／アンパッキングが使用されるか使用されないかを示すメタデータを受信する。あるいは、デバイスは、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分のサンプル値が、フレーム・パッキング中にフィルタリングされ、後処理の一部としてフィルタリングされるべきであるというインジケーションをシグナリングする。フレーム・パッキング／アンパッキングに関するメタデータは、付加拡張情報（SEI）メッセージの一部として、又は何らかの他のタイプのメタデータとしてシグナリングされ得る。

30

【0149】

1以上のデバイスは、フレームごとに、又は他の単位で、技術（1300）を繰り返すことができる。

【0150】

G. フレーム・パッキング／アンパッキングのための前処理／後処理オペレーションとしての帯域分離フィルタリング／逆フィルタリング

例示的な前処理オペレーション及び後処理オペレーションの第2のセットに従うと、前処理及び後処理のために、それぞれ、帯域分離フィルタリング及び逆フィルタリングが使用される。多くの例において、帯域分離フィルタリング及び逆フィルタリングは、ウェーブレット分解及びウェーブレット再構成である。フレーム・パッキングは、クロマ・サンプル値をフィルタリングする前処理オペレーションの一部として、ウェーブレット分解（解析）を含み得る。対応するフレーム・アンパッキングは、クロマ・サンプル値を逆フィルタリングする後処理の一部として、ウェーブレット再構成（統合）を含む。

40

【0151】

例えば、これらの手法において、YUV4:4:4フレームのクロマ情報の幾何学的対応を維持したまま、1つのYUV4:4:4フレームは、2つのYUV4:2:0フレームにパックされ得る。Y成分、U成分、及びV成分間の良い幾何学的対応を有するYUV4:2:0フレームが、より良く圧縮され得る。なぜならば、このYUV4:2:0フレームは、YUV4:2:0フレームを符号化するよう適合された通常のエンコーダにより期待されるモデルにフィットするからである。上述したいくつかの手法において、2つの

50

Y U V 4 : 2 : 0 フレームのうちの 1 つが、より低い解像度の色成分を有するにもかかわらず、Y U V 4 : 4 : 4 フレームにより表される完全なシーンを表すように、パッキングが行われ得る。これは、復号化においてオプションを提供する。フレーム・アンパッキングを実行することができないデコーダ又はフレーム・アンパッキングを実行しないことを選択するデコーダは、シーンを表す Y U V 4 : 2 : 0 フレームの再構築されたバージョンを単に受け取り、その再構築されたバージョンをディスプレイに直接供給するだけでよい。

【 0 1 5 2 】

同時に、（高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームからの残存するクロマ情報を含む）補助フレームは、メイン・フレームと結合される拡張レイヤ信号（enhancement layer signal）とみなされ得る。プライマリ信号エネルギーは、（符号化中に、より多くのビットをメイン・フレームに取っておくことにより）メイン・フレームに集中され得、補助フレームは、符号化中に、拡張レイヤ信号に関して任意の低い数のビットを消費する。補助フレームが、より低いビット・レート（メイン・フレームと比較してより低い品質）で符号化されるとき、メイン・フレームからのクロマ情報は、再構築後に、クロマ成分の最低レベルの品質を設定し、その最低品質レベルを超える品質を改善させるために、補助フレームからの任意の情報が使用され得る。

【 0 1 5 3 】

1 . 4 : 4 : 4 から 4 : 2 : 0 への 3 帯域ウェーブレット分解のフレームワーク

帯域分離フィルタリング手法の一セットにおいて、前処理オペレーションは、4 : 2 : 0 フォーマットへの 4 : 4 : 4 フォーマットのビデオ・コンテンツのフレーム・パッキングのための 3 帯域ウェーブレット分解を含む。例えば、Y U V 4 : 4 : 4 フォーマットのサンプル値の 3 つのオリジナルのアレイの高さ H が 4 の倍数であると仮定し、Y U V 4 : 4 : 4 フォーマットのサンプル値の 3 つのオリジナルのアレイの幅 W も 4 の倍数であると仮定する。図 1 4 は、前処理としての 3 帯域ウェーブレット分解によるフレーム・パッキングの手法（1 4 0 0）を示している。この手法（1 4 0 0）において、1 つの Y U V 4 : 4 : 4 フレーム（8 0 1）は、2 つの Y U V 4 : 2 : 0 フレーム（1 4 0 2、1 4 0 3）にパックされる。第 1 フレーム（1 4 0 2）は、Y U V 4 : 4 : 4 フレーム（8 0 1）により表される完全なシーンの低クロマ解像度バージョンである、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの「メイン・ビュー」を提供する。第 2 フレーム（1 4 0 3）は、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの「補助ビュー」を提供し、残存するクロマ情報を含む。

【 0 1 5 4 】

アレイ A（A は、U クロマ・サンプル値又は V クロマ・サンプル値である）に関して、第 1 段階のウェーブレット分解は以下のように規定される：

$$\cdot C_A(x, y) = A_{444}(x, 2y) + A_{444}(x, 2y + 1)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W - 1, y = 0, \dots, H / 2 - 1$

$$\cdot D_A(x, y) = A_{444}(x, 2y) - A_{444}(x, 2y + 1)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W - 1, y = 0, \dots, H / 2 - 1$

【 0 1 5 5 】

図 1 4 において、プレーン U は、帯域 C_U 及び帯域 D_U に分解される。プレーン V は、帯域 C_V 及び帯域 D_V に分解される。したがって、C 及び D は、それぞれ、プレーン U 又はプレーン V について、垂直方向にローパス・フィルタリングされたバージョン及び垂直方向にハイパス・フィルタリングされたバージョンである。垂直方向のフィルタリングの後、それぞれの垂直方向のローパス帯域（ C_U 及び C_V ）は、さらに、水平方向のウェーブレット分解により分解される。

$$\cdot E_A(x, y) = C_A(2x, y) + C_A(2x + 1, y)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W / 2 - 1, y = 0, \dots, H / 2 - 1$

$$\cdot F_A(x, y) = C_A(2x, y) - C_A(2x + 1, y)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W / 2 - 1, y = 0, \dots, H / 2 - 1$

【 0 1 5 6 】

10

20

30

40

50

図 1 4 において、ローパス帯域 C_U は、帯域 E_U 及び帯域 F_U に分解される。ローパス帯域 C_V は、帯域 E_V 及び帯域 F_V に分解される。したがって、 E 及び F は、それぞれ、垂直方向にローパス・フィルタリングされた帯域の、水平方向にローパス・フィルタリングされたバージョン及び水平方向にハイパス・フィルタリングされたバージョンである。 E 及び F は、 LL ウェーブレット帯域及び LH ウェーブレット帯域と呼ばれ得る。(以下に示す、必要に応じて正規化を含む) ウェーブレット分解の後、それぞれの帯域 (D_U 、 D_V 、 E_U 、 E_V 、 F_U 、及び F_V) は、1 以上の $YUV4:2:0$ フレームのセクションとして構成される。

【数 3 0】

10

$$Y_{420}^{\text{main}}(x, y) = Y_{444}(x, y)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

【数 3 1】

$$U_{420}^{\text{main}}(x, y) = E_U(x, y)/4$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/2 - 1$

【数 3 2】

20

$$V_{420}^{\text{main}}(x, y) = E_V(x, y)/4$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/2 - 1$

【数 3 3】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x, y) = D_U(x, y)/2 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/2 - 1$

【数 3 4】

30

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x, H/2 + y) = D_V(x, y)/2 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/2 - 1$

【数 3 5】

$$U_{420}^{\text{aux}}(x, y) = F_U(x, 2y)/4 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

【数 3 6】

40

$$U_{420}^{\text{aux}}(x, H/4 + y) = F_V(x, 2y)/4 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

【数 3 7】

$$V_{420}^{\text{aux}}(x, y) = F_U(x, 2y + 1)/4 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

【数 3 8】

$$V_{420}^{\text{aux}}(x, H/4 + y) = F_V(x, 2y + 1)/4 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

ここで、 B はビット深度を示す。この例において、ビット深度は、前処理の入力サンプル値及び出力サンプル値に対して同一であると仮定している。しかしながら、ビット深度は、いくつかの実施例において、入力サンプル値と、前処理の結果との間で変わり得る。一般に、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのサンプル値は、第 1 のビット深度（1 サンプルにつき 8 ビット、10 ビット、12 ビット、又は 16 ビット等）を有し得るのに対して、（フレーム・パッキング後の）低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームのサンプル値は、第 1 のビット深度よりも高い第 2 のビット深度を有する。また、前処理オペレーションは、場合によっては、範囲 $0 \sim 2^B - 1$ への一部の信号のクリッピングを含み得る。

10

【0 1 5 7】

代替的に、サンプル値は、異なる方法で複数の領域に割り当てられてもよい。例えば、Y U V 4 : 4 : 4 フレームのオリジナルの U プレーンからのデータは、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン内に構成され得、Y U V 4 : 4 : 4 フレームのオリジナルの V プレーンからのデータは、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの V プレーン内に構成され得る。この例において、図 1 4 と比較すると、 F_U の奇数行からのサンプル値は、

【数 3 9】

$$U_{420}^{\text{aux}}$$

20

の下半分に割り当てられ、 F_V の偶数行からのサンプル値は、

【数 4 0】

$$V_{420}^{\text{aux}}$$

の上半分に割り当てられる。あるいは、サンプル値 F_U は、単に、

【数 4 1】

$$U_{420}^{\text{aux}}$$

30

に割り当てられ、 F_V からのサンプル値は、単に

【数 4 2】

$$V_{420}^{\text{aux}}$$

に割り当てられる。どちらにしても、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン（又は、V プレーン）は、異なるオリジナルの U プレーン及び V プレーンからのコンテンツを混合することなく、Y U V 4 : 4 : 4 フレームの U プレーン（又は、V プレーン）から構築される。

【0 1 5 8】

要約すると、帯域 D、帯域 E、及び帯域 F は、プレーン U 又はプレーン V のクロマ・サンプル値を表し得る入力アレイ A の 3 帯域ウェーブレット分解を形成する。より一般的な LL 帯域、LH 帯域、HL 帯域、及び HH 帯域への 4 帯域ウェーブレット分解と比較すると、3 帯域ウェーブレット分解においては、HL 帯域及び HH 帯域が作成されない。代わりに、完全な水平方向の解像度の垂直方向のハイパス信号 D が保たれる。したがって、帯域 D、帯域 E、及び帯域 F は、H 帯域、LL 帯域、及び LH 帯域と呼ばれ得る。この命名規則において、最初の文字は、垂直方向のハイパス（H）信号デシメーション又はローパス（L）信号デシメーションを示し、2 番目の文字（存在する場合）は、水平方向のハイパス信号デシメーション又はローパス信号デシメーションを示す。

40

【0 1 5 9】

Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム（1 4 0 2）及び第 2 フレーム（1 4 0

50

3) は、(図 1 4 において暗いラインにより分離されている) 別々のフレームとして編成され得る。あるいは、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (1 4 0 2) 及び第 2 フレーム (1 4 0 3) は、 $2 \times H$ の高さを有する単一のフレームとして編成され得る (図 1 4 における暗いラインは無視する)。あるいは、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (1 4 0 2) 及び第 2 フレーム (1 4 0 3) は、 $2 \times W$ の幅を有する単一のフレームとして編成され得る。あるいは、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの第 1 フレーム (1 4 0 2) 及び第 2 フレーム (1 4 0 3) は、H . 2 6 4 / A V C 規格又は H E V C 規格における frame_packing_arrangement_type のために規定された方法のうちいずれかを用いて、単一のフレームとして編成され得る。

【 0 1 6 0 】

10

図 1 5 は、前処理としての 3 帯域ウェーブレット分解によるフレーム・パッキングの別の例示的な手法 (1 5 0 0) を示している。この手法 (1 5 0 0) において、1 つの Y U V 4 : 4 : 4 フレーム (8 0 1) は、2 つの Y U V 4 : 2 : 0 フレーム (1 5 0 2 、 1 5 0 3) にパックされる。再度、第 1 フレーム (1 5 0 2) は、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの「メイン・ビュー」を提供するのに対し、第 2 フレーム (1 5 0 3) は、Y U V 4 : 2 : 0 フォーマットの「補助ビュー」を提供し、残存するクロマ情報を含む。図 1 4 を参照して示した手法 (これは、

【 数 4 3 】

$$Y_{420}^{\text{aux}}$$

20

が、完全な幅と半分の高さの U 領域及び V 領域を含むように、水平方向の分解である) と異なり、図 1 5 は、

【 数 4 4 】

$$Y_{420}^{\text{aux}}$$

が、半分の幅と完全な高さの U 領域及び V 領域を含む、対応する垂直方向のケースを示している。図 1 5 に示される手法では、垂直方向の分解と水平方向の分解の順番が逆になる。

【 0 1 6 1 】

再度、サンプル値は、異なる方法で図 1 5 の複数の領域に割り当てられてもよい。例えば、Y U V 4 : 4 : 4 フレームのオリジナルの U プレーンからのデータは、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン内に構成され得、Y U V 4 : 4 : 4 フレームのオリジナルの V プレーンからのデータは、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの V プレーン内に構成され得る。この例において、図 1 5 と比較すると、 F_U の奇数列からのサンプル値は、

30

【 数 4 5 】

$$U_{420}^{\text{aux}}$$

の右半分に割り当てられ、 F_V の偶数列からのサンプル値は、

【 数 4 6 】

$$V_{420}^{\text{aux}}$$

40

の左半分に割り当てられる。あるいは、サンプル値 F_U は、単に、

【 数 4 7 】

$$U_{420}^{\text{aux}}$$

に割り当てられ、 F_V からのサンプル値は、単に

【 数 4 8 】

$$V_{420}^{\text{aux}}$$

に割り当てられる。どちらにしても、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン (又は

50

、Vプレーン)は、異なるオリジナルのUプレーン及びVプレーンからのコンテンツを混合することなく、YUV 4 : 4 : 4 フレームのUプレーン(又は、Vプレーン)から構築される。

【0162】

このセクションにおいて、ウェーブレット分解は、フィルタLPF = $[1 \quad 1] / 2$ に基づくローパス・フィルタ(「LPF」)を使用し、フィルタHPF = $[1 \quad -1] / 2$ に基づくハイパス・フィルタ(「LPF」)を使用している。このLPF - HPFフィルタ・ペアは、しばしば、Haarウェーブレット・フィルタ・ペアとして知られている。この表記において、括弧内の数字は、フィルタ・タップを示し、分母は、正規化ファクタを示す。このフィルタ・ペアは、水平方向及び垂直方向で中央に揃えられたサンプリング位相(フィルタリングにより導出される中間値)を用いて、水平方向のフィルタリング及び垂直方向のフィルタリングに続くよう延期された各段階から2で除算することで、水平方向及び垂直方向の両方に適用される。代替的に、以下で説明するように、ウェーブレット分解は、フィルタ・タップ、フィルタ位相、正規化ファクタ、正規化のタイミング、丸めの使用、クリッピングの使用等の観点で異なるフィルタ・ペアを使用してもよい。

【0163】

2 : 4 : 4 : 4 から 4 : 2 : 0 への 4 帯域ウェーブレット分解のフレームワーク

帯域分離フィルタリング手法の別のセットにおいて、前処理オペレーションは、4 : 2 : 0 フォーマットへの 4 : 4 : 4 フォーマットのビデオ・コンテンツのフレーム・パッキングのための 4 帯域ウェーブレット分解を含む。再度、YUV 4 : 4 : 4 フォーマットのサンプル値の 3 つのオリジナルのアレイの高さHが4の倍数であると仮定し、YUV 4 : 4 : 4 フォーマットのサンプル値の 3 つのオリジナルのアレイの幅Wも4の倍数であると仮定する。

【0164】

図14を参照して示した手法において、サンプル値を

【数49】

$$U_{420}^{\text{aux}}$$

及び

【数50】

$$V_{420}^{\text{aux}}$$

に割り当てるとき、垂直方向にローパス・フィルタリング/水平方向にハイパス・フィルタリングされた帯域 $F_A(x, y)$ は、垂直方向に取り除かれる(decimated)。行が交互に、 $F_A(x, y)$ から、

【数51】

$$U_{420}^{\text{aux}}$$

及び

【数52】

$$V_{420}^{\text{aux}}$$

に割り当てられる。この割り当ては、最初にアンチエイリアス・フィルタリングを適用することなく生じる。

【0165】

代替的に、図14の最初の部分に続き、YUV 4 : 2 : 0 フォーマットの異なる第1フレーム(1602)及び第2フレーム(1603)を含む図16aに示されるように、さらなるフィルタリングが帯域 $F_A(x, y)$ のサンプル値に適用されてもよい。詳細には、帯域 $F_A(x, y)$ が、さらに、垂直方向のウェーブレット分解により、ローパス帯域 $G_A(x, y)$ 及びハイパス帯域 $H_A(x, y)$ に分解される。

・ $G_A(x, y) = F_A(x, 2y) + F_A(x, 2y + 1)$
 ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

・ $H_A(x, y) = F_A(x, 2y) - F_A(x, 2y + 1)$
 ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

【 0 1 6 6 】

(必要に応じて正規化を含む) ウェーブレット分解の後、それぞれの帯域の一部 (D_U 、 D_V 、 E_U 、及び E_V) は、図 1 4 を参照して説明した 1 以上の YUV 4 : 2 : 0 フレームのセクションとして構成される。残っている帯域 (G_U 、 G_V 、 H_U 、及び H_V) は、以下のように、1 以上の YUV 4 : 2 : 0 フレームのセクションとして構成される。

10

【 数 5 3 】

$$U_{420}^{\text{aux}}(x, y) = G_U(x, y)/8 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

【 数 5 4 】

$$U_{420}^{\text{aux}}(x, H/4 + y) = G_V(x, y)/8 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

20

【 数 5 5 】

$$V_{420}^{\text{aux}}(x, y) = H_U(x, y)/8 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

【 数 5 6 】

$$V_{420}^{\text{aux}}(x, H/4 + y) = H_V(x, y)/8 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

30

【 0 1 6 7 】

代替的に、サンプル値は、異なる方法で複数の領域に割り当てられてもよい。図 1 6 b は、例えば、図 1 4 の最初の部分に続き、YUV 4 : 2 : 0 フォーマットの異なる第 1 フレーム (1 6 0 4) 及び第 2 フレーム (1 6 0 5) を含む。図 1 6 a の例のように、それぞれの帯域の一部 (D_U 、 D_V 、 E_U 、及び E_V) は、図 1 4 を参照して説明した 1 以上の YUV 4 : 2 : 0 フレームのセクションとして構成される。残っている帯域 (G_U 、 G_V 、 H_U 、及び H_V) は、以下のように、1 以上の YUV 4 : 2 : 0 フレームのセクションとして構成される。

【 数 5 7 】

$$U_{420}^{\text{aux}}(x, y) = G_U(x, y)/8 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

40

【 数 5 8 】

$$U_{420}^{\text{aux}}(x, H/4 + y) = H_U(x, y)/8 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

【数 5 9】

$$V_{420}^{\text{aux}}(x, y) = G_V(x, y)/8 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

【数 6 0】

$$V_{420}^{\text{aux}}(x, H/4 + y) = H_V(x, y)/8 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/4 - 1$

図 1 6 b において、Y U V 4 : 4 : 4 フレームのオリジナルの U プレーンからのデータは、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン内に構成され、Y U V 4 : 4 : 4 フレームのオリジナルの V プレーンからのデータは、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの V プレーン内に構成される。したがって、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン（又は、V プレーン）は、異なるオリジナルの U プレーン及び V プレーンからのコンテンツを混合することなく、Y U V 4 : 4 : 4 フレームの U プレーン（又は、V プレーン）から構築される。（反対に、図 1 6 a の例において、補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン（又は、V プレーン）は、Y U V 4 : 4 : 4 フレームの U 成分及び V 成分からのデータの混合を有する。補助 Y U V 4 : 2 : 0 フレームの U プレーン（又は、V プレーン）の上半分は、オリジナルの U プレーンからのデータを含み、下半分は、オリジナルの V プレーンからのデータを含む。）

10

20

【0 1 6 8】

要約すると、帯域 D、帯域 E、帯域 G、及び帯域 H は、プレーン U 又はプレーン V のクロマ・サンプル値を表し得る入力アレイ A の 4 帯域ウェーブレット分解を形成する。帯域 D、帯域 E、帯域 G、及び帯域 H は、H 帯域、L L 帯域、L H L 帯域、及び L H H 帯域に対応する。この命名規則において、最初の文字は、最初の垂直方向のハイパス（H）信号デシメーション又はローパス（L）信号デシメーションを示し、2 番目の文字（存在する場合）は、水平方向のハイパス信号デシメーション又はローパス信号デシメーションを示し、3 番目の文字（存在する場合）は、L H 帯域のさらなる垂直方向のハイパス信号デシメーション又はローパス信号デシメーションを示す。

【0 1 6 9】

30

同様に、図 1 5 を参照して示した手法において、サンプル値を

【数 6 1】

$$U_{420}^{\text{aux}}$$

及び

【数 6 2】

$$V_{420}^{\text{aux}}$$

に割り当てるとき、水平方向にローパス・フィルタリング／垂直方向にハイパス・フィルタリングされた帯域 $F_A(x, y)$ は、水平方向に取り除かれる。列が交互に、 $F_A(x, y)$ から、

40

【数 6 3】

$$U_{420}^{\text{aux}}$$

及び

【数 6 4】

$$V_{420}^{\text{aux}}$$

に割り当てられる。この割り当ては、最初にアンチエイリアス・フィルタリングを適用することなく生じる。代替的に、さらなるフィルタリングが帯域 $F_A(x, y)$ のサンプル

50

値に適用されてもよい。詳細には、帯域 $F_A(x, y)$ が、さらに、水平方向のウェーブレット分解により、ローパス帯域 $G_A(x, y)$ 及びハイパス帯域 $H_A(x, y)$ に分解される。それぞれの帯域の一部 (D_U 、 D_V 、 E_U 、及び E_V) は、図 15 を参照して説明した 1 以上の YUV 4:2:0 フレームのセクションとして構成される。残っている帯域 (G_U 、 G_V 、 H_U 、及び H_V) は、1 以上の YUV 4:2:0 フレームの

【数 6 5】

$$U_{420}^{\text{aux}}$$

帯域、及び、

【数 6 6】

$$V_{420}^{\text{aux}}$$

帯域内に構成される。

【0 1 7 0】

このセクションにおいて、ウェーブレット分解は、Haar ウェーブレット・フィルタ・ペアを使用している。このフィルタ・ペアは、水平方向及び垂直方向で中央に揃えられたサンプリング位相（フィルタリングにより導出される中間値）を用いて、最終的なフィルタリング段階に続くよう延期された各段階から 2 で除算することで、水平方向及び垂直方向の両方に適用される。代替的に、以下で説明するように、ウェーブレット分解は、フィルタ・タップ、フィルタ位相、正規化ファクタ、正規化のタイミング、丸めの使用、クリッピングの使用等の観点で異なるフィルタ・ペアを使用してもよい。

【0 1 7 1】

3:4:4 から 4:2:2 へのウェーブレット分解のフレームワーク

帯域分離フィルタリング手法の別のセットにおいて、前処理オペレーションは、4:2:2 フォーマットへの 4:4:4 フォーマットのビデオ・コンテンツのフレーム・パッキングのためのウェーブレット分解を含む。例えば、アレイ A (A は、U クロマ・サンプル値又は V クロマ・サンプル値である) に関して、第 1 段階のウェーブレット分解は以下のように規定される：

$$\cdot C_A(x, y) = A_{444}(2x, y) + A_{444}(2x + 1, y)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

$$\cdot D_A(x, y) = A_{444}(2x, y) - A_{444}(2x + 1, y)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

【0 1 7 2】

したがって、プレーン U は、帯域 C_U 及び帯域 D_U に分解され、プレーン V は、帯域 C_V 及び帯域 D_V に分解される。 C 及び D は、それぞれ、プレーン U 又はプレーン V について、水平方向にローパス・フィルタリングされたバージョン及び水平方向にハイパス・フィルタリングされたバージョンである。水平方向のフィルタリングの後、それぞれの帯域 (C_U 、 C_V 、 D_U 、及び D_V) は、以下のように、1 以上の YUV 4:2:2 フレームのセクションとして構成される。

.

【数 6 7】

$$Y_{422}^{\text{main}}(x, y) = Y_{444}(x, y)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

.

【数 6 8】

$$U_{422}^{\text{main}}(x, y) = C_U(x, y)/2$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

.

10

20

30

40

50

【数 6 9】

$$V_{422}^{\text{main}}(x,y) = C_V(x,y)/2$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

【数 7 0】

$$Y_{422}^{\text{aux}}(x,y) = 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

10

【数 7 1】

$$U_{422}^{\text{aux}}(x,y) = D_U(x,y)/2 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

【数 7 2】

$$V_{422}^{\text{aux}}(x,y) = D_V(x,y)/2 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

【0 1 7 3】

20

この手法において、「組み立てられた (fabricated)」信号

【数 7 3】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x,y)$$

は、復号化の後、単に破棄されればよい。代替的に、ハイパス・フィルタリングされたバージョンのサンプル値が、補助フレームのルマ成分

【数 7 4】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x,y)$$

に割り当てられてもよく、補助フレームのクロマ成分

30

【数 7 5】

$$U_{422}^{\text{aux}}(x,y)$$

及び、クロマ成分

【数 7 6】

$$V_{422}^{\text{aux}}(x,y)$$

に、復号化後に廃棄され得る組み立てられた値が割り当てられる。

【数 7 7】

40

$$Y_{422}^{\text{aux}}(x,y) = D_U(x,y)/2 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

【数 7 8】

$$Y_{422}^{\text{aux}}(W/2 + x, y) = D_V(x, y)/2 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

【数 7 9】

$$U_{422}^{\text{aux}}(x, y) = 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1, y = 0, \dots, H - 1$

【数 8 0】

$$V_{422}^{\text{aux}}(x, y) = 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1, y = 0, \dots, H - 1$

【0 1 7 4】

10

このセクションにおいて、ウェーブレット分解は、H a a r ウェーブレット・フィルタ・ペアを使用している。このフィルタ・ペアは、中央に揃えられたサンプリング位相（フィルタリングにより導出される中間値）を用いて、水平方向に適用される。代替的に、以下で説明するように、ウェーブレット分解は、フィルタ・タップ、フィルタ位相、正規化ファクタ、正規化のタイミング、丸めの使用、クリッピングの使用等の観点で異なるフィルタ・ペアを使用してもよい。

【0 1 7 5】

4 : 4 : 2 : 2 から 4 : 2 : 0 へのウェーブレット分解のフレームワーク

帯域分離フィルタリング手法の別のセットにおいて、前処理オペレーションは、4 : 2 : 0 フォーマットへの 4 : 2 : 2 フォーマットのビデオ・コンテンツのフレーム・パッキングのためのウェーブレット分解を含む。この場合、オリジナルの U アレイ及び V アレイの幅は $W/2$ であり、全ての 3 つのオリジナルのアレイの高さは H である。例えば、アレイ A （ A は、U クロマ・サンプル値又は V クロマ・サンプル値である）に関して、第 1 段階のウェーブレット分解は以下のように規定される：

20

$$C_A(x, y) = A_{422}(x, 2y) + A_{422}(x, 2y + 1)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1, y = 0, \dots, H/2 - 1$

$$D_A(x, y) = A_{422}(x, 2y) - A_{422}(x, 2y + 1)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1, y = 0, \dots, H/2 - 1$

【0 1 7 6】

したがって、プレーン U は、帯域 C_U 及び帯域 D_U に分解され、プレーン V は、帯域 C_V 及び帯域 D_V に分解される。 C 及び D は、それぞれ、プレーン U 又はプレーン V について、垂直方向にローパス・フィルタリングされたバージョン及び垂直方向にハイパス・フィルタリングされたバージョンである。（必要に応じて正規化を含む）垂直方向のフィルタリングの後、それぞれの帯域（ C_U 、 C_V 、 D_U 、及び D_V ）は、以下のように、1 以上の $YUV 4 : 2 : 0$ フレームのセクションとして構成される。

30

【数 8 1】

$$Y_{420}^{\text{main}}(x, y) = Y_{422}(x, y)$$

ここで、 $x = 0, \dots, W - 1, y = 0, \dots, H - 1$

40

【数 8 2】

$$U_{420}^{\text{main}}(x, y) = C_U(x, y)/2$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1, y = 0, \dots, H/2 - 1$

【数 8 3】

$$V_{420}^{\text{main}}(x, y) = C_V(x, y)/2$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1, y = 0, \dots, H/2 - 1$

50

.

【数 8 4】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x, y) = 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W - 1$ 、 $y = 0, \dots, H - 1$

.

【数 8 5】

$$U_{420}^{\text{aux}}(x, y) = D_U(x, y)/2 + 2^{B-1}$$

10

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/2 - 1$

.

【数 8 6】

$$V_{420}^{\text{aux}}(x, y) = D_V(x, y)/2 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/2 - 1$

【0 1 7 7】

この手法において、「組み立てられた」信号

【数 8 7】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x, y)$$

20

は、復号化の後、単に破棄されればよい。代替的に、ハイパス・フィルタリングされたバージョンのサンプル値が、補助フレームのルマ成分

【数 8 8】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x, y)$$

の上半分に割り当てられてもよく、補助フレームのクロマ成分

【数 8 9】

$$U_{422}^{\text{aux}}(x, y)$$

30

及び、クロマ成分

【数 9 0】

$$V_{422}^{\text{aux}}(x, y)$$

並びに、

【数 9 1】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x, y)$$

の下半分に、復号化後に廃棄され得る組み立てられた値が割り当てられる。

.

40

【数 9 2】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x, y) = D_U(x, y)/2 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/2 - 1$

.

【数 9 3】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(W/2 + x, y) = D_V(x, y)/2 + 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W/2 - 1$ 、 $y = 0, \dots, H/2 - 1$

.

50

【数 9 4】

$$Y_{420}^{\text{aux}}(x, H/2 + y) = 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W - 1, y = 0, \dots, H / 2 - 1$

【数 9 5】

$$U_{420}^{\text{aux}}(x, y) = 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W / 2 - 1, y = 0, \dots, H / 2 - 1$

10

【数 9 6】

$$V_{420}^{\text{aux}}(x, y) = 2^{B-1}$$

ここで、 $x = 0, \dots, W / 2 - 1, y = 0, \dots, H / 2 - 1$

【0 1 7 8】

このセクションにおいて、ウェーブレット分解は、H a a r ウェーブレット・フィルタ・ペアを使用している。このフィルタ・ペアは、中央に揃えられたサンプリング位相（フィルタリングにより導出される中間値）を用いて、垂直方向に適用される。代替的に、以下で説明するように、ウェーブレット分解は、フィルタ・タップ、フィルタ位相、正規化ファクタ、正規化のタイミング、丸めの使用、クリッピングの使用等の観点で異なるフィルタ・ペアを使用してもよい。

20

【0 1 7 9】

5. フィルタの例示的な実装

上記のセクションにおけるいくつかの例において、ウェーブレット分解は、 $L P F = [1 \quad 1] / 2$ であり、 $H P F = [1 \quad -1] / 2$ であるH a a r ウェーブレット・フィルタ・ペアを使用している。括弧内の数字は、フィルタ・タップを示し、分母は、正規化ファクタを示す。上記のセクションにおいて、このフィルタ・ペアは、フィルタリングが実行される中央に揃えられたサンプリング位相（フィルタリングにより導出される中間値）を用いて、最終的なフィルタリング段階に続くよう延期された各段階から2で除算することで、水平方向及び／又は垂直方向の両方に適用される。

30

【0 1 8 0】

より一般的に、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングのために使用されるフィルタは実装に依存する。使用されるフィルタは、(a) フィルタ・タップ、(b) 正規化ファクタ、(c) 正規化がどのように生じるか（例えば、各フィルタリング段階の後、又は1以上のフィルタリング段階に対して部分的に繰り延べられて、あるいは完全に繰り延べられて）、(d) ビット深度拡張が許容されるかどうか（例えば、1以上のフィルタリング段階に対してスケールリングを提供するために正規化を省略又は低減することにより）、(e) 除算がどのように実施されるか（例えば、算術右シフト演算又は整数除算により）、(f) 丸めがどのように適用されるか（例えば、丸めなし、最も近い整数への丸め、ディザ丸め(dithered rounding)）、(g) クリッピングが使用されるかどうか、及び／又は、(h) 別のファクタの観点で変わり得る。理想的には、フィルタ・ペアは、低複雑性を有するが、無相関したがって圧縮の観点で良い性能を提供する。

40

【0 1 8 1】

フィルタ・タップ、正規化ファクタ、及び正規化のタイミングのための実装オプション

上記のセクションに示されるように、フィルタ・ペアのフィルタ・タップは、H a a r ウェーブレットに基づき得る。代替的に、前処理中のウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングのために、異なるフィルタが使用されてもよい。例えば、ウェーブレット分解は、対称双直交D a u b e c h i e s ウェーブレット・フィルタ・ペアを使用してもよい。 $L P F = [-1 \quad 1 \quad 8 \quad 8 \quad 1 \quad -1] / 16$ と $H P F = [-1 \quad 1] / 2$ と

50

のフィルタ・ペアは、潜在的に、より良い圧縮効率を促進する。このフィルタは、同じサンプリング位相（フィルタリングにより導出される中間値）を有する。あるいは、別の例として、ファイルリング段階が垂直方向及び／又は水平方向で同一位置の（co-sited）サンプル値（入力サンプル値とアラインする）を生成すべきフィルタリングでは、ウェーブレット分解は、 $L P F = [-1 \quad 2 \quad 6 \quad 2 \quad -1] / 8$ と $H P F = [-1 \quad 2 \quad -1] / 4$ とのフィルタ・ペアを使用してもよい。あるいは、別の系列のフィルタからのフィルタ・ペアが使用されてもよい。例えば、フィルタ・ペアは、直交ミラー・フィルタに基づいてもよいが、これは、量子化誤差及び丸め誤差なしで、完全な信号の再構築のプロパティを実現しないフィルタを含み得る。あるいは、別の例として、フィルタ・ペアは、AACオーディオ符号化／復号化において使用される多相直交フィルタに基づいてもよい。あるいは、さらに別の例として、フィルタ・ペアは、Daubechies 直交ウェーブレットを用いるフィルタ・バンクを含む多くの直交フィルタ・バンクの基礎である共役直交フィルタに基づいてもよい。フィルタ・ペアのいずれも、実装に応じて、スケーリングされてもよいし、スケーリングされなくてもよい。

【0182】

正規化ファクタは、一般に、フィルタ・タップに依存し、慣例的に、フィルタの定義において分母として表される。実装に応じて、正規化ファクタは、各フィルタリング段階後の除算として実装され得る。あるいは、後の段階（例えば、最終的な段階）における除算が、その段階で組み込まれる拡張を補償し、また繰り延べられる正規化を考慮に入れるように、何らかの正規化は、1以上のフィルタリング段階に対して部分的に又は完全に繰り延べられ得る。

【0183】

あるいは、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングは、丸め／切り捨て誤差を低減させ、潜在的に正確な可逆性（invertibility）を許容するために、複数の帯域のサンプル値におけるいくつかの量のビット深度拡張を許容し得る。例えば、Haar フィルタ・ペアの適用から生じる生成される信号のスケーリングを可能にするために、 D_A アレイのサンプル値からアレイを形成するときに、2での除算を省略してもよいし、 F_A アレイのサンプル値からアレイを形成するときに、4での除算の代わりに2での除算を使用してもよい。（そのような場合、必要に応じて、 $0 \sim 2^B - 1$ の範囲の違反を避けるために、クリッピングを適用することができる。）

【0184】

除算演算及び丸めのための実装オプション

ローパス・フィルタ又はハイパス・フィルタに関して、除算演算は、最も近い整数への丸めを含み得る。整数算術を用いるとき、何らかの値 n （通常は、2つの相補的バイナリ数として表される）と等しい分子と、 2^k （ $k > 1$ ）に等しい分母とによりこれを行う通常の方法は、演算 $(n + 2^{(k-1)}) \gg k$ を実行することである。ここで、「 \gg 」は、算術右シフト演算を表す。

【0185】

フィルタリングのための除算演算を実行するとき、ディザ丸め又は他の最適化された丸めが適用され得る。例えば、2の k 乗で除算（すなわち、 2^k での除算）するときに、丸めファクタは、 $(n + 2^{(k-1)} - p) \gg k$ （ここで、値 p は丸めファクタである）の形で含まれ得る。 p に関する様々な値のパターンが使用され得る。例えば、 p の値は、繰り返しの $M \times M$ ブロック・パターン等の 2D 周期パターンに従って、0 と 1 とを交互に取る。あるいは、 p の値は、擬似ランダム的に 0 と 1 とを交互に取る。あるいは、 p の値は、「ブルー・ノイズ・ディザ（blue noise dither）」信号又は他のディザ信号に従って、0 と 1 とを交互に取る。

【0186】

タイミングの観点では、上述したように、正規化（したがって、除算及び丸め）は、最終的な段階まで繰り延べられ得る。代替的に、例えば、中間の丸めが垂直方向のフィルタリング段階と水平方向のフィルタリング段階との間で生じるように、フィルタリング段階

は、適用される丸めによりカスケードされてもよい。

【0187】

値のクリッピング、オフセット、及び範囲のための実装オプション

いくつかの実施例において、前処理オペレーションは、ダイナミック・レンジの拡張を防ぐためのクリッピングを含む。概して、クリッピングは、実装を単純にし得るが、いくつかの異常な (pathological) 入力信号値を処理するときに、歪みを生じさせる場合がある。例えば、LPFカーネル $[-1 \quad 1 \quad 8 \quad 8 \quad 1 \quad -1] / 16$ は、符号なし入力データを処理するとき、負出力値を生成することがある。しかしながら、画像信号及びビデオ信号は、通常、統計的に高い相関関係があるので、實際上そのような負出力値が生じることは、通常極めてまれである。実際、負出力値を許容しないようにLPFの出力を単にクリップすることが理にかなった設計選択であることは極めてまれなことであり得る。

10

【0188】

上記の例の多くにおいて、Y信号、U信号、及びV信号のサンプル値は、 $0 \sim 2^B - 1$ の範囲を有する。代替的に、サンプル値は、何らかの他の範囲を有してもよい。例えば、サンプル値は、 $-2^{(B-1)} \sim 2^{(B-1)} - 1$ の範囲を有してもよい。この例示的な代替の信号範囲では、 $2^{(B-1)}$ のオフセットは、上記の式において使用されない。

【0189】

エッジ処理のための実装オプション

ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングを使用する手法のいずれにおいても、前処理オペレーションは、エッジ処理段階を含み得る。例えば、エッジ値は、エッジから外側にパディングされ得る。あるいは、エッジ値は、エッジにおいてミラーされ得る。あるいは、値は、モジュロ/サーキュラ・ラッピング (modulo/circular wrapping) を用いて繰り返され得る。

20

【0190】

クリッピングを伴う又は伴わないリフティングのための実装オプション

ウェーブレット分解を使用する手法では、リフティング (lifting) を使用して、丸め/切り捨て誤差を低減させ、潜在的に正確な可逆性を許容することができる。リフティングは、クリッピングとともに使用され得る。

【0191】

いくつかの実施例において、例えば、Haarウェーブレット・フィルタ・ペアのフィルタは、リフティングとオプションでクリッピングとを使用するよう適合される。図14を参照して説明した例において、ローパス信号 $C_A(x, y)$ 及びハイパス信号 $D_A(x, y)$ を作成するために、帯域分割が、最初に垂直方向 (yディメンジョン) に実行される。入力値 $A_{444}(x, 2y)$ 及び入力値 $A_{444}(x, 2y+1)$ がBビットのダイナミック・レンジを有する (ここで、Aは、Uクロマ成分又はVクロマ成分のサンプル値であり得る) 場合、 $C_A(x, y)$ 及び $D_A(x, y)$ の値のダイナミック・レンジは、それぞれ、(おおよそ) $B+1$ ビットであろう。多くの場合、ダイナミック・レンジのそのような拡張は望ましくない。以下のように、リフティングを適用して、正確な可逆性を犠牲にすることなく、2つの信号のうちの1つの信号に関するダイナミック・レンジの拡張を抑制することができる。

30

$$\begin{aligned} \bullet D_A(x, y) &= A_{444}(x, 2y) - A_{444}(x, 2y+1) \\ \bullet C_{\text{lifted}}^{\text{d}}_A(x, y) &= A_{444}(x, 2y+1) + (D_A(x, y) > > 1) \end{aligned}$$

40

【0192】

この変形例において、帯域 $C_{\text{lifted}}^{\text{d}}_A(x, y)$ 及び帯域 $D_A(x, y)$ は、図14を参照して説明した例における帯域 $C_A(x, y)$ 及び帯域 $D_A(x, y)$ と同じ目的 (ローパス表現及びハイパス表現) を果たす。しかしながら、 $C_{\text{lifted}}^{\text{d}}_A(x, y)$ のダイナミック・レンジは、 $B+1$ ビットではなく、Bビットに過ぎない。というのは、 $C_{\text{lifted}}^{\text{d}}_A(x, y)$ のダイナミック・レンジは、 $C_A(x, y)$ 帯域の値の半分におおよそ等しいからである。(右シフト演算によりもたらされる丸め/切り捨て誤差にもかかわらず) このリフティング・オペレーションにより、可逆性は犠牲にされない

50

。というのは、以下のように、上記の式を代数的に単に逆により、帯域 $C^{lifted}_A(x, y)$ 及び帯域 $D_A(x, y)$ から、オリジナルの信号を正確に元に戻すことができるからである。

$$\begin{aligned} \cdot A_{444}(x, 2y+1) &= C^{lifted}_A(x, y) - (D_A(x, y) > 1) \\ \cdot A_{444}(x, 2y) &= D_A(x, y) + A_{444}(x, 2y+1) \end{aligned}$$

【0193】

この変換における帯域のうちの1つ（すなわち、 $D_A(x, y)$ ）のサンプル値のダイナミック・レンジは、入力信号と同じダイナミック・レンジを有するのではなく、依然として $B+1$ ビットに拡張されたままである。この差異に対処する1つの方法は、クリッピングを適用することである。画像コンテンツ及びビデオ・コンテンツは、通常、本来「ローパス」である。隣接サンプル値間の極端に大きな差は、実際上非常にまれである。帯域 $D_A(x, y)$ は、隣接サンプル値間の差を表す。クリッピングに関して、エンコーダにおいて $D_A(x, y)$ 及び $C^{lifted}_A(x, y)$ を計算した後、エンコーダは、ハイパス信号としての $D_A(x, y)$ を単に符号化する代わりに、 $D^{clipped}_A(x, y) = \text{Min}(\text{Max}(-2^{(B-1)}, D_A(x, y)), 2^{(B-1)} - 1)$ を計算する（且つ符号化する）。このオペレーションは、 $D_A(x, y)$ のサンプル値を、 $-2^{(B-1)} \sim 2^{(B-1)} - 1$ の範囲にクリップする。対応するデコーダは、 $D_A(x, y)$ （又は、その不可逆的に復号化された近似）を用いる代わりに、 $D^{clipped}_A(x, y)$ （又は、その不可逆的に復号化された近似）を用いて、帯域分離フィルタリングの逆を行う。通常のビデオ・コンテンツでは、このクリッピングが歪みをもたらすケースはまれであり、その結果は、やはり、4:2:0 表現のみを用いる場合に対する改善である。というのは、ハイパス信号の振幅の少なくとも一部が維持されるからである。もちろん、 $D_A(x, y)$ がクリッピング範囲にあるときにはいつでも、クリッピング・オペレーションは、歪みをもたらさない。 $D_A(x, y)$ がクリッピング範囲にある限り（これは、ほとんど必ずといってよい）、これにより、 $C^{lifted}_A(x, y)$ 及び $D^{clipped}_A(x, y)$ の使用が、ダイナミック・レンジの拡張を要することなく、且つ可逆性を犠牲にすることなく、入力値を表すことが可能となる。

【0194】

いくつかの実施例において、帯域 $D^{clipped}_A(x, y)$ のサンプル値は、これがオリジナルの入力信号範囲にあった場合、 $0 \sim 2^B - 1$ の範囲の信号を生成するために、その値に一定オフセット $2^{(B-1)}$ を付加することによりオフセットされる。

$$\begin{aligned} \cdot D_A(x, y) &= A_{444}(x, 2y) - A_{444}(x, 2y+1) \\ \cdot C^{lifted}_A(x, y) &= A_{444}(x, 2y+1) + (D_A(x, y) > 1) \\ \cdot D^{clipped_offset}_A(x, y) &= \text{Min}(\text{Max}(0, D_A(x, y) + 2^{(B-1)}), 2^B - 1) \end{aligned}$$

このオペレーションは、クリッピングが信号に影響を及ぼすときを除いて、完全に可逆的であり、ローパス信号（ $C^{lifted}_A(x, y)$ ）は、入力信号と同じダイナミック・レンジを有する。ハイパス信号（ $D^{clipped_offset}_A(x, y)$ ）のダイナミック・レンジの拡張が、このクリッピングにより防止される。このクリッピングは、歪みをもたらす場合もあるが、クリッピングが実際にハイパス信号を制限するケースはまれであると予想され、とにかく、クリップされたハイパス信号は、やはり、拡張信号（enhancement signal）を提供する。復号化後にこの変換の逆を行うときに、一定オフセットが減算され得る。

$$\begin{aligned} \cdot D^{clipped'}_A(x, y) &= D^{clipped_offset}_A(x, y) - 2^{(B-1)} \\ \cdot A'_{444}(x, 2y+1) &= \text{Min}(\text{Max}(0, C^{lifted'}_A(x, y) - (D^{clipped'}_A > 1)), 2^B - 1) \\ \cdot A'_{444}(x, 2y) &= \text{Min}(\text{Max}(0, (D^{clipped'}_A) + A'_{444}(x, 2y+1)), 2^B - 1) \end{aligned}$$

ここで、' マークは、（おそらくは不可逆的な）符号化からの再構築を示す。この例は

、垂直方向の処理ステップを示している。同じ処理ステップを、水平方向のフィルタリングと組み合わせて適用することができる。

【0195】

ハイパス信号のダイナミック・レンジを制限するクリッピングの使用はまた、リフティングを用いることなく適用され得るが、これは、正確な可逆性を犠牲にすることを伴い得る。また、半強度のローパス信号の使用もまた、リフティングを用いることなく適用され得るが、これは、正確な可逆性を犠牲にすることを伴い得る。

【0196】

このセクションにおいて、図14を参照して説明したLPF及びHPFとしてのHaarウェーブレット・フィルタを用いる第1ステップの垂直方向のフィルタリング段階のためのリフティング・オペレーション及びクリッピング・オペレーションについて説明した。代替的に、同じリフティング技術及びクリッピング技術が、他のLPFカーネル及びHPFカーネルを用いて、他の段階（例えば、水平方向）に適用されてもよい。

【0197】

このセクションにおいて、ウェーブレット分解及びウェーブレット再構成に適用される正確な可逆性に対する言及をした。後続の符号化中に、不可逆圧縮が複数の帯域のサンプル値に対して実行されるとき、デコーダ・オペレーションは、実際のオリジナルの値ではなく、符号化された値の近似値に対して実行され得る。不可逆圧縮が実行される場合、一般に、正確な可逆性は可能でない。とにかく、デコーダは、デコーダが値の無損失表現に対して実行するであろうオペレーションと同じ（又は、同様の）逆変換オペレーションを、不可逆圧縮された値に対して実行することができる。

【0198】

実装オプションの他の代替例

本明細書で説明した3帯域ウェーブレット分解の例において、H帯域には、第1フィルタリング段階の後、さらなるウェーブレット分解が適用されない。代替的に、LL帯域、LH帯域、HL帯域、及びHH帯域を生成し、次いで、それらの値が、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのメイン・フレーム及び補助フレームに割り当てられるように、第1フィルタリング段階の後、H帯域に、さらなるウェーブレット分解が適用されてもよい。

【0199】

実装に応じて、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのメイン・フレームの符号化の中間結果及び/又は最終結果が、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの補助フレームの符号化中に使用されてもよい。例えば、エンコーダは、メイン・フレームの符号化からの動きベクトル（と、おそらくは、マクロブロック/サブマクロブロック/サブマクロブロック・パーティション情報及び/又はCU/PU/マージ/TUセグメンテーション情報）を使用して、補助フレームを符号化するときに使用するための動きベクトル（と対応するセグメンテーション情報）を探索するのを支援することができる。あるいは、エンコーダは、メイン・フレームの符号化の結果に基づいて、補助フレームの様々な領域に適用するための量子化ステップ・サイズ値を選択することができる。

【0200】

他の帯域分離フィルタリング手法において、前処理オペレーションは、通常はグレー・スケール・ビデオ・コンテンツ又はモノクローム・ビデオ・コンテンツのために使用される4:0:0フォーマットへの4:4:4フォーマット、4:2:2フォーマット、又は4:2:0フォーマットのビデオ・コンテンツのフレーム・パッキングのためのウェーブレット分解を含む。4:4:4フォーマット、4:2:2フォーマット、又は4:2:0フォーマットのフレームからのクロマ情報が、4:0:0フォーマットの1以上の追加フレーム又は補助フレームのプライマリ成分にバックされ得る。

【0201】

上記のセクションの例におけるウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングのために使用することができるフィルタの変形例に関するさらなる詳細と、そのようなフィ

10

20

30

40

50

ルタの実装オプションに関するさらなる詳細とについては、以下の文献を参照されたい：

- ・R. C. Calderbank, I. Daubechies, W. Sweldens, and B.-L. Yeo, "Wavelet Transforms That Map Integers to Integers", Appl. Comput. Harmon. Anal., vol. 5, no. 3, pp. 332-369 (1998)
- ・W. Sweldens, "The Lifting Scheme: A Construction of Second Generation Wavelets", SIAM Journal on Mathematical Analysis (1998)
- ・A. Cohen, I. Daubechies, J.-C. Feauveau, "Biorthogonal Bases of Compactly Supported Wavelets", Communications on Pure and Applied Mathematics 45 (5): 485-560 (1992)
- ・Rec. ITU-T T.800 | ISO/IEC 15444-1 Information technology - JPEG 2000 image coding system: Core coding system (2002)
- ・D. Le Gall and A. Tabatabai, "Sub-band Coding of Digital Images Using Symmetric Short Kernel Filters and Arithmetic Coding Techniques", Proc. IEEE Intl. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), pp. 761-764 (1988)
- ・J. D. Villasenor, B. Belzer, and J. Liao, "Wavelet Filter Evaluation for Image Compression", IEEE Trans on Image Processing, pp. 1053-1057 (Aug. 1995)
- ・G. Uytterhoeven, D. Roose, and A. Bultheel, Wavelet-Based Interactive Video Communication and Image Database Consulting - Wavelet Transforms using the Lifting Scheme, Technical Report ITA-Wavelets-WPI.1, Katholieke Universiteit Leuven, Revised version (April 28, 1997)
- ・J. Rothweiler, "Polyphase Quadrature Filters - A New Subband Coding Technique," Proc. Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 8, pp. 1280-1283 (1983)
- ・M. J. T. Smith and T. P. Barnwell, III, "Exact Reconstruction Techniques for Tree-structured Subband Coders", IEEE Trans, on Signal Processing, vol. 34, pp. 434-441 (1986)

【 0 2 0 2 】

6 . 帯域分離フィルタリング / 逆フィルタリングのシンタックス要素

例示的な実施例において、ビットストリームにおけるシンタックス・インジケーションを使用して、エンコードにおいて適用されるフィルタリングのタイプを識別することができる、且つ / あるいは、復号化のときに適用されるべきフィルタリングのタイプを示すことができる。例えば、フレーム・パッキング構成 S E I メッセージの content_interpretation_type シンタックス要素は、フィルタリング・タイプを示すことができる。セクション V I I I . B に示した表を拡張すると、例えば、content_interpretation_type の追加の値は、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングのアプリケーションを示すことができる。値 1 ~ 6 の範囲は、表に規定されている。値 7 は、第 1 帯域分離 / ウェーブレット・フィルタリング方式を示すことができ、値 8 は、第 2 帯域分離 / ウェーブレット・フィルタリング方式を示すことができ、値 9 は、第 3 帯域分離 / ウェーブレット・フィルタリング方式を示すことができる、等である。異なる帯域分離 / ウェーブレット・フィルタリング方式は、分解のパターン（例えば、3 帯域分解対 4 帯域分解、サンプル値を再構成する様々な方法）、使用されるフィルタ、及び / 又はフィルタの実装選択の観点で異なり得る。

【 0 2 0 3 】

また、ビットストリームにおけるシンタックス・インジケーションを使用して、エンコードにおいて適用されるフィルタリングの位相を識別することができる、且つ / あるいは、復号化のときに適用されるべきフィルタリングの位相を示すことができる。例えば、ビデオ・ユーザビリティ情報（「Y U I」）の chroma_sample_loc_type_top_field 要素及び chroma_sample_loc_type_bottom_field 要素等のシンタックス要素を使用して、フィルタ

リング位相（例えば、中間値を生成するフィルタリング対同一位置の値を生成するフィルタリング）を示すことができる。帯域分離フィルタリング及び逆帯域分離フィルタリングが、水平方向のフィルタリング及び垂直方向のフィルタリングのためにH a a rウェーブレット・ペアを使用するとき、chroma_loc_info_present_flagシンタックス要素、chroma_sample_loc_type_top_fieldシンタックス要素、及びchroma_sample_loc_type_bottom_field要素は、値1を有する。

【0204】

H.264/AVC規格又はHEVC規格のための符号化/復号化の例示的な実施例において、所定のシンタックス要素の値に対する追加の制約が適用され得る。フレーム・シーケンシャル手法において、シンタックス要素pic_output_flagは、メイン・ビデオ・フレーム用に1が設定され得、補助ビデオ・フレーム用に0が設定され得る。例えば、H.264/AVCにおいて、frame_packing_arrangementが5に等しいとき、pic_output_flagシンタックス要素は、0に設定され、シンタックス要素current_frame_is_frame0_flagは、0に設定される。これは、pic_output_flagがメイン構成フレーム及び補助構成フレームの両方で同じ値に設定される手法とは対照的である。

【0205】

別の例として、メイン・フレーム及び補助フレームがサイド・バイ・サイド構成である（H.264/AVCにおいて、frame_packing_arrangementが3に等しい）場合、又はメイン・フレーム及び補助フレームがトップ・ボトム構成である（frame_packing_arrangementが4に等しい）場合、クロッピング矩形（cropping rectangle）は、補助構成フレームを含まず、メイン構成フレームのみを含むように設定され得る。代替的に、クロッピング矩形は、メイン構成フレーム及び補助構成フレームの両方を含むように設定されてもよい。

【0206】

7. 例示的なウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリング

ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングを用いて、デコーダは、複数の帯域の値から、入力信号の近似を再構築する。複数の帯域の値は、（不可逆的な符号化及び対応する復号化後の）オリジナルの値の近似値であり得る、あるいは、（例えば、無損失中間処理後の）オリジナルの値の正確な表現であり得る。例えば、デコーダは、（例えば、帯域D、帯域E、及び帯域Fの）帯域パス・フィルタリングされた値から、入力信号の値（例えば、Aのサンプル値）を再構築する。一般に、デコーダにより適用されるローパス/ハイパス・サブ帯域フィルタリング技術及び関連する逆処理オペレーションは、エンコーダにより適用されるローパス/ハイパス・サブ帯域フィルタリング技術及び関連するオペレーションをミラーする。

【0207】

より詳細には、デコーダは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのメイン・フレーム及び補助フレームの値を復号化する。次いで、デコーダは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのメイン・フレーム及び補助フレームから再構築されたサンプル値を、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットのフレームの適切な複数の帯域に割り当てる。図14、図15、及び図16において、例えば、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの（1以上の）フレームから再構築された値は、ウェーブレット分解のために使用された手法に適した帯域C、帯域D、帯域E、帯域F、帯域G、及び/又は帯域Hに割り当てられる。次いで、デコーダは、それらの帯域における値に対して、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングを実行する。いくつかの帯域の値が利用可能でない、あるいは再構築の際に使用されない場合、デコーダは、残っている帯域における値に対して、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングを実行することができる。ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングの詳細は、通常、対応するウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングと対応する、あるいは対応するウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングをミラーする。

【0208】

ウェーブレット分解が、複数の段階のフィルタリングを含んでいた場合、ウェーブレット再構成は、通常、影響される帯域に対して、逆の順番で複数の段階を実行する。例えば、図14の例において、帯域 $E_A(x, y)$ 及び帯域 $F_A(x, y)$ を生成するための垂直方向のローパス帯域 $C_A(x, y)$ に対する水平方向のフィルタリング段階は、帯域 $C_A(x, y)$ 及び帯域 $D_A(x, y)$ を生成するための完全な成分プレーンAに対する垂直方向のフィルタリング段階の後に続く。対応するウェーブレット再構成では、2つの帯域 $E_A(x, y)$ 及び $F_A(x, y)$ の再構築されたバージョンに対する水平方向の逆フィルタリング段階が、帯域 $C_A(x, y)$ の再構築されたバージョンを生成する。次いで、帯域 $C_A(x, y)$ 及び帯域 $D_A(x, y)$ の再構築されたバージョンの垂直方向の逆フィルタリングが、完全なプレーンAの再構築されたバージョンを生成する。

10

【0209】

いくつかの実装オプション（フィルタ・タップ、対応する正規化ファクタ、フィルタ位相、ビット深度拡張の調整等）に関して、逆フィルタリングの詳細は、対応するフィルタリングがどのように実行されたかに依存する。例えば、ウェーブレット分解が、Haarウェーブレット・フィルタ・ペアを使用した場合、ウェーブレット再構成は、ウェーブレット分解の逆を行うためのHaarウェーブレット・フィルタ・ペアを使用することができる。ウェーブレット分解が、別のタイプのフィルタ・ペア（例えば、対称双直交Daubechiesウェーブレット・フィルタ・ペア）を使用した場合、ウェーブレット再構成は、そのフィルタリングの逆を行うために規定されたフィルタ・タップ及び正規化ファクタを伴うフィルタ・ペアを使用する。入力値から複数の帯域の値を生成するときにビット深度が拡張された場合、成分プレーンの値を再構築するときにビット深度が元に戻される。

20

【0210】

他の実装オプション（正規化がどのように生じるか、リフティングが使用されるかどうか、除算がどのように実施されるか、丸めがどのように適用されるか、クリッピングが使用されるかどうか等）もまた、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリング中に実行されるオペレーションと対応するように、あるいはそのようなオペレーションをミラーするように設定され得る。あるいは、場合によっては、デコーダは、符号化の前に実行された対応するフィルタリング・オペレーションを正確にはミラーしない形で、逆フィルタリング・オペレーションを実施してもよい。

30

【0211】

一実施例において、例えば、以下の擬似コードに示されるように、フレーム・アンパッキング中、YUV4:2:0フォーマットのフレームの領域におけるサンプルが、逆帯域分離フィルタリングされ、YUV4:4:4フォーマットのフレームの再構築されるクロマ成分 U'_{444} 及び V'_{444} に割り当てられる。

【数 9 7】

$$T = 1 \ll (B - 1)$$

$$\text{for}(x = 0; x < (W \gg 1); x++) \{$$

$$\text{for}(y = 0; y < (H \gg 1); y++) \{$$

$$E'_{U_TEMP} = U''_{420}{}^{main}(x, y)$$

$$E'_{V_TEMP} = V''_{420}{}^{main}(x, y)$$

$$D'_{U_TEMP1} = Y''_{420}{}^{aux}(2 * x, y) - T$$

$$D'_{V_TEMP1} = Y''_{420}{}^{aux}(2 * x, (H \gg 1) + y) - T$$

$$D'_{U_TEMP2} = Y''_{420}{}^{aux}(2 * x + 1, y) - T$$

$$D'_{V_TEMP2} = Y''_{420}{}^{aux}(2 * x + 1, (H \gg 1) + y) - T$$

$$\text{if}(y \% 2 == 0) \{$$

$$F'_{U_TEMP} = U''_{420}{}^{aux}(x, (y \gg 1)) - T$$

$$F'_{V_TEMP} = U''_{420}{}^{aux}(x, (H \gg 2) + (y \gg 1)) - T$$

$$\} \text{ else } \{$$

$$F'_{U_TEMP} = V''_{420}{}^{aux}(x, (y \gg 1)) - T$$

$$F'_{V_TEMP} = V''_{420}{}^{aux}(x, (H \gg 2) + (y \gg 1)) - T$$

$$\}$$

$$C'_{U_TEMP1} = (E'_{U_TEMP} + F'_{U_TEMP}) \ll 1$$

$$C'_{V_TEMP1} = (E'_{V_TEMP} + F'_{V_TEMP}) \ll 1$$

$$C'_{U_TEMP2} = (E'_{U_TEMP} - F'_{U_TEMP}) \ll 1$$

$$C'_{V_TEMP2} = (E'_{V_TEMP} - F'_{V_TEMP}) \ll 1$$

$$U'_{444}(2 * x, 2 * y) = (C'_{U_TEMP1} + D'_{U_TEMP1}) \gg 1$$

$$U'_{444}(2 * x, 2 * y + 1) = (C'_{U_TEMP1} - D'_{U_TEMP1}) \gg 1$$

$$U'_{444}(2 * x + 1, 2 * y) = (C'_{U_TEMP2} + D'_{U_TEMP2}) \gg 1$$

$$U'_{444}(2 * x + 1, 2 * y + 1) = (C'_{U_TEMP2} - D'_{U_TEMP2}) \gg 1$$

$$V'_{444}(2 * x, 2 * y) = (C'_{V_TEMP1} + D'_{V_TEMP1}) \gg 1$$

$$V'_{444}(2 * x, 2 * y + 1) = (C'_{V_TEMP1} - D'_{V_TEMP1}) \gg 1$$

$$V'_{444}(2 * x + 1, 2 * y) = (C'_{V_TEMP2} + D'_{V_TEMP2}) \gg 1$$

$$V'_{444}(2 * x + 1, 2 * y + 1) = (C'_{V_TEMP2} - D'_{V_TEMP2}) \gg 1$$

$$\}$$

$$\}$$

ここで、' ' マークは、（おそらくは不可逆的な）符号化からの再構築を示す。

【0 2 1 2】

8 . 帯域分離フィルタリング / 逆フィルタリングによるフレーム・パッキング / アンパ

10

20

30

40

50

ッキングのための一般化された技術

図 17 は、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングによるフレーム・パッキングのための一般化された技術 (1700) を示している。例えば、図 4 を参照して説明したフレーム・パッカを実装するコンピューティング・デバイスは、技術 (1700) を実行することができる。

【0213】

一般に、技術 (1700) に従うと、デバイスは、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームを、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームにパックする。例えば、デバイスは、4 : 4 : 4 フォーマットの 1 以上のフレームを、4 : 2 : 0 フォーマットの 1 以上のフレームにパックする。あるいは、デバイスは、4 : 2 : 2 フォーマットの 1 以上のフレームを、4 : 2 : 0 フォーマットの 1 以上のフレームにパックする。あるいは、デバイスは、4 : 4 : 4 フォーマットの 1 以上のフレームを、4 : 2 : 2 フォーマットの 1 以上のフレームにパックする。あるいは、デバイスは、4 : 4 : 4 フォーマット、4 : 2 : 2 フォーマット、又は 4 : 2 : 0 フォーマットの 1 以上のフレームを、4 : 0 : 0 フォーマットの 1 以上のフレームにパックする。

【0214】

詳細には、パッキングの一部として、デバイスは、複数の帯域のサンプル値を生成するために、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームのクロマ成分のサンプル値に対して、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングを実行する (1711)。デバイスは、次いで、複数の帯域のサンプル値を、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの 1 以上のフレームの諸部分に割り当てる (1712)。

【0215】

例えば、ウェーブレット分解は、図 14 又は図 15 に示した 3 帯域ウェーブレット分解であってもよいし、図 16 a 又は図 16 b に示した 4 帯域ウェーブレット分解であってもよいし、他のウェーブレット分解であってもよい。通常、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングは、LPF 及び HPF を含むフィルタ・ペアを使用する。フィルタ・ペアは、スケーリングされてもよいし、スケーリングされなくてもよい。フィルタ・ペアは、例えば、(a) $LPF = [1 \quad 1] / 2$ 及び $HPF = [1 \quad -1] / 2$; (b) $LPF = [-1 \quad 1 \quad 8 \quad 8 \quad 1 \quad -1] / 16$ 及び $HPF = [1 \quad -1] / 2$; (c) $LPF = [-1 \quad 2 \quad 6 \quad 2 \quad -1] / 8$ 及び $HPF = [-1 \quad 2 \quad -1] / 2$; (d) 直交ミラー・フィルタに基づく LPF 及び HPF; (e) 多相直交フィルタに基づく LPF 及び HPF; (f) 共役直交フィルタに基づく LPF 及び HPF; 又は (g) 何らかの他のフィルタ・ペアである。フィルタ・ペアに関して、除算演算は、算術右シフト演算により実施されてもよいし、整数除算演算により実施されてもよいし、別の方法で実施されてもよい。除算演算は、丸めなし、最も近い整数への丸め、又はディザ丸めを含み得る。実装に応じて、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングは、リフティングを使用してもよい。また、実装に応じて、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングは、複数の帯域のサンプル値の少なくとも一部に対するクリッピングを含んでもよい。

【0216】

多くの例において、ウェーブレット分解又は他の帯域分離フィルタリングは、複数のフィルタリング段階を含む。実装に応じて、複数のフィルタリング段階は、垂直方向のフィルタリング段階を含み得る。その場合、垂直方向のフィルタリング段階の後に、水平方向のフィルタリング段階が続く。あるいは、複数のフィルタリング段階は、水平方向のフィルタリング段階を含み得る。その場合、水平方向のフィルタリング段階の後に、垂直方向のフィルタリング段階が続く。そのような複数段階のフィルタリングでは、実装に応じて、拡張を補償するための正規化が、(a) 複数のフィルタリング段階の各フィルタリング段階の後に生じてもよいし、(b) 複数のフィルタリング段階の 1 以上に対して少なくとも部分的に繰り延べられてもよいし、(c) 複数の帯域のサンプル値のスケーリングを提供するために、1 以上のフィルタリング段階に対して少なくとも部分的に無視されてもよい。

10

20

30

40

50

【0217】

デバイスは、次いで、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームを符号化することができる(1720)。代替的に、異なるデバイスが符号化(1720)を実行してもよい。1以上のデバイスは、フレームごとに、又は他の単位で、技術(1700)を繰り返すことができる。

【0218】

デバイスは、フレーム・パッキング/アンパッキングに関するメタデータをシグナリングすることができる。例えば、デバイスは、適用されるフィルタリングのタイプ及び/又は適用されるフィルタリングのフィルタリング位相を示すメタデータをシグナリングする。

10

【0219】

図18は、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングによるフレーム・アンパッキングのための一般化された技術(1800)を示している。例えば、図5を参照して説明したフレーム・アンパッカを実装するコンピューティング・デバイスは、技術(1800)を実行することができる。

【0220】

フレーム・アンパッキング自体の前に、デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームを復号化することができる(1810)。代替的に、異なるデバイスが復号化(1810)を実行してもよい。

【0221】

一般に、技術(1800)に従うと、デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームを、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームにアンパックする。例えば、デバイスは、4:2:0フォーマットの1以上のフレームを、4:4:4フォーマットの1以上のフレームにアンパックする。あるいは、デバイスは、4:2:0フォーマットの1以上のフレームを、4:2:2フォーマットの1以上のフレームにアンパックする。あるいは、デバイスは、4:2:2フォーマットの1以上のフレームを、4:4:4フォーマットの1以上のフレームにアンパックする。あるいは、デバイスは、4:0:0フォーマットの1以上のフレームを、4:4:4フォーマット、4:2:2フォーマット、又は4:2:0フォーマットの1以上のフレームにアンパックする。

20

30

【0222】

詳細には、アンパッキングの一部として、デバイスは、低解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームの諸部分を、複数の帯域のサンプル値に割り当てる(1821)。デバイスは、次いで、高解像度クロマ・サンプリング・フォーマットの1以上のフレームのクロマ成分のサンプル値を生成するために、複数の帯域のサンプル値に対して、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングを実行する(1822)。

【0223】

例えば、ウェーブレット再構成は、3帯域ウェーブレット再構成であってもよいし、4帯域ウェーブレット再構成であってもよいし、他のウェーブレット再構成であってもよい。通常、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングは、LPF及びHPFを含むフィルタ・ペアを使用する。フィルタ・ペアに関して、除算演算は、算術右シフト演算により実施されてもよいし、整数除算演算により実施されてもよいし、別の方法で実施されてもよい。除算演算は、丸めなし、最も近い整数への丸め、又はディザ丸めを含み得る。実装に応じて、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングは、リフティングを使用してもよい。また、実装に応じて、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングは、複数の帯域のサンプル値の少なくとも一部に対するクリッピングを含んでもよい。

40

【0224】

多くの例において、ウェーブレット再構成又は他の逆帯域分離フィルタリングは、複数

50

のフィルタリング段階を含む。実装に応じて、複数のフィルタリング段階は、垂直方向のフィルタリング段階を含み得る。その場合、垂直方向のフィルタリング段階の後に、水平方向のフィルタリング段階が続く。あるいは、複数のフィルタリング段階は、水平方向のフィルタリング段階を含み得る。その場合、水平方向のフィルタリング段階の後に、垂直方向のフィルタリング段階が続く。そのような複数段階のフィルタリングでは、実装に応じて、拡張を補償するための正規化が、(a) 複数のフィルタリング段階の各フィルタリング段階の後に生じてよいし、(b) 複数のフィルタリング段階の1以上に対して少なくとも部分的に繰り延べられてよいし、(c) 前処理における複数の帯域のサンプル値のスケールを補償してもよい。

【0225】

デバイスはまた、フレーム・パッキング／アンパッキングに関するメタデータを受信することができる。例えば、デバイスは、適用されるフィルタリングのタイプ及び／又は適用されるフィルタリングのフィルタリング位相を示すメタデータを受信する。

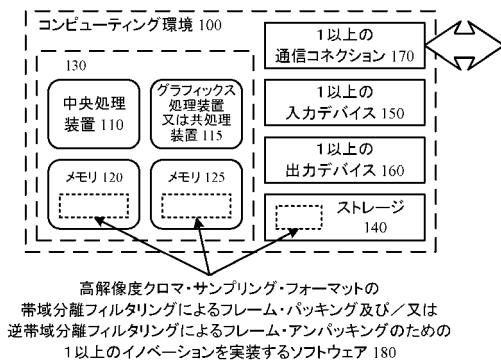
【0226】

1以上のデバイスは、フレームごとに、又は他の単位で、技術(1800)を繰り返すことができる。

【0227】

開示した本発明の原理を適用することができる多くの可能な実施形態の観点から、例示した実施形態は、本発明の好ましい例に過ぎないことを認識すべきであり、本発明の範囲を限定するものとして解釈すべきではない。むしろ、本発明の範囲は、請求項により定められる。したがって、我々は、請求項の範囲及び精神に含まれる全てを、我々の発明として特許請求する。

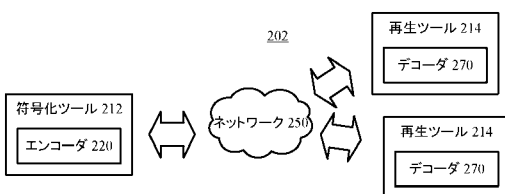
【図1】



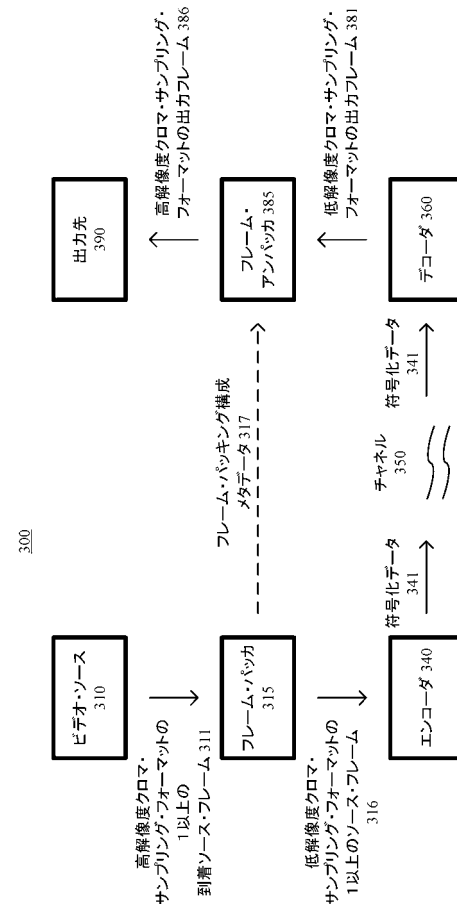
【図2a】



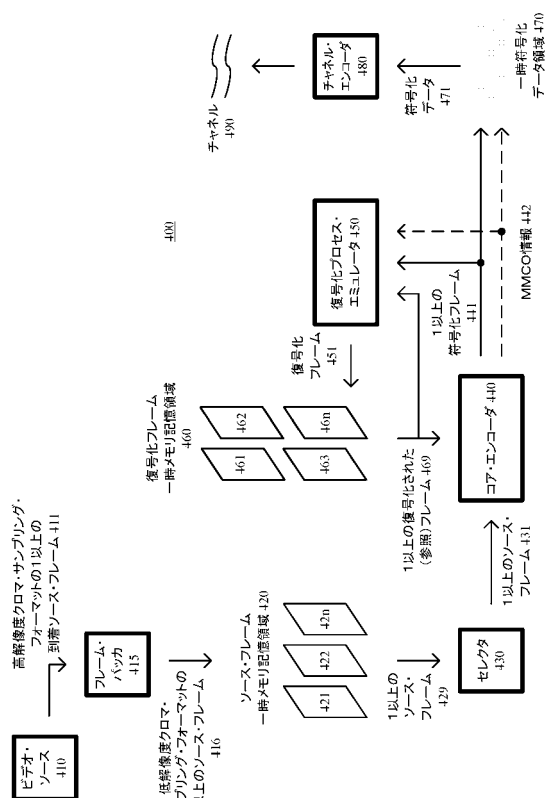
【図2b】



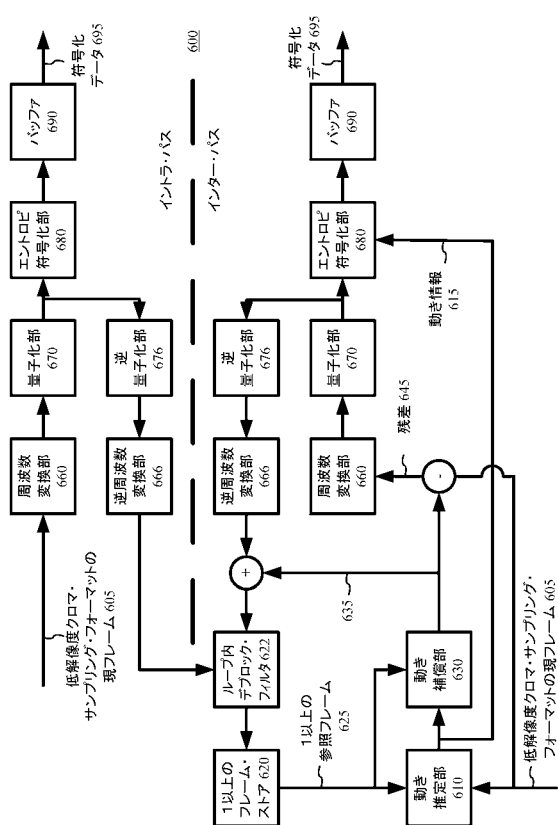
【図3】



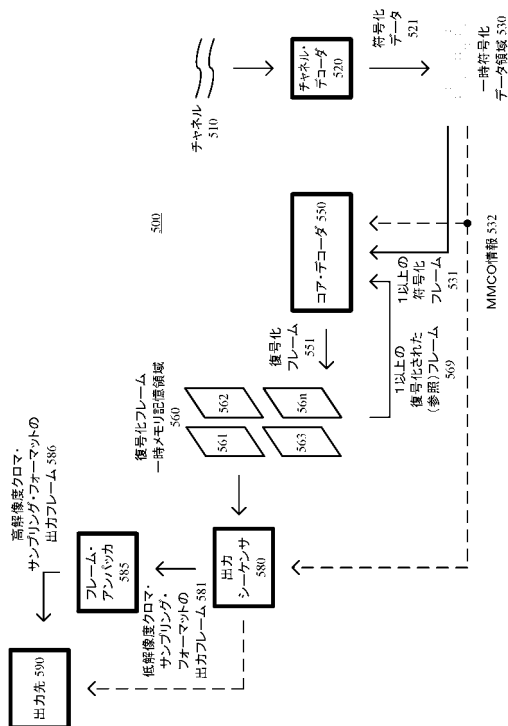
【 図 4 】



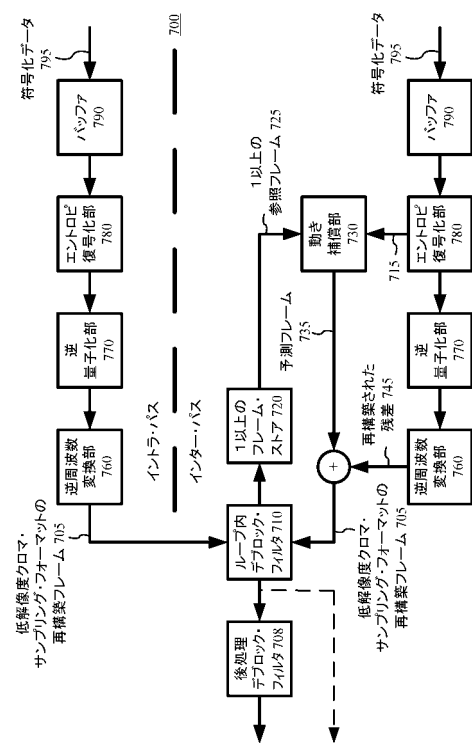
【 図 6 】



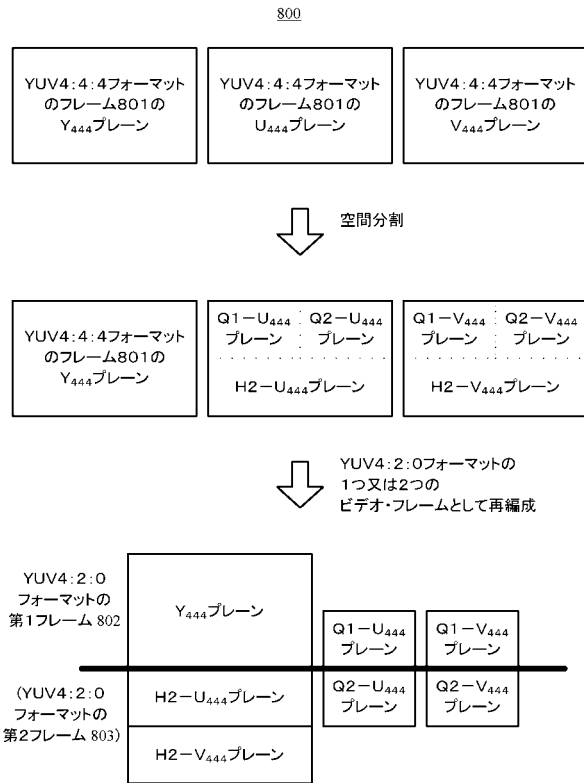
【 図 5 】



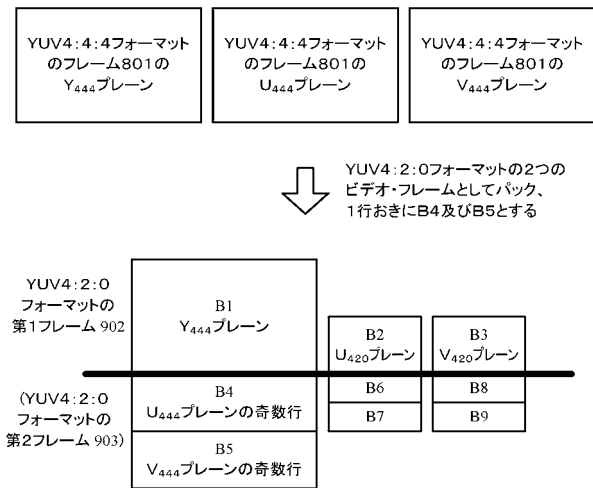
【 図 7 】



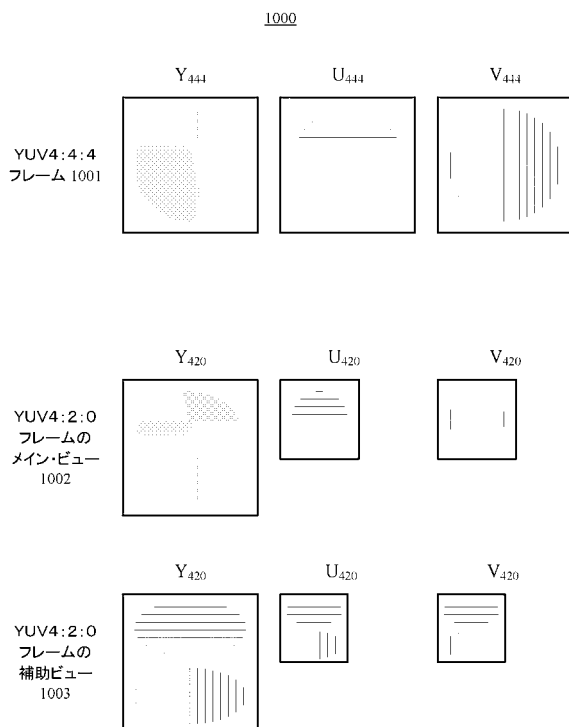
【 図 8 】



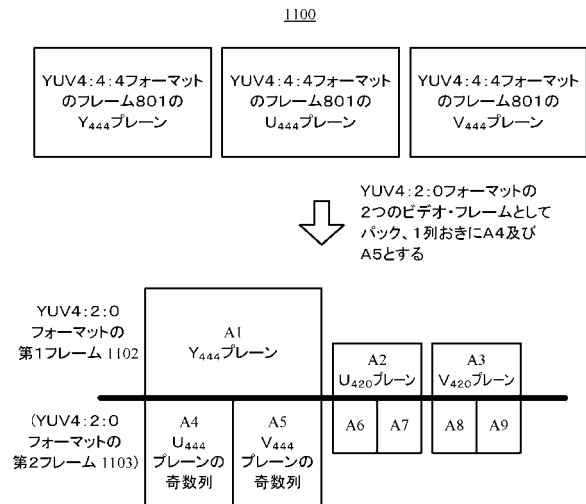
【 図 9 】



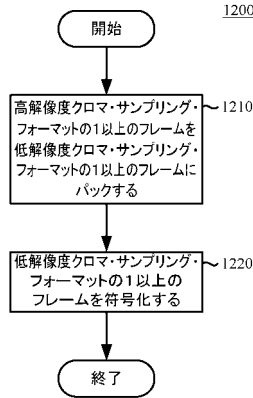
【 図 1 0 】



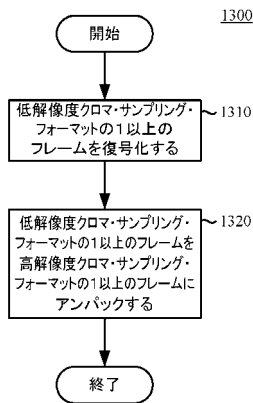
【 図 1 1 】



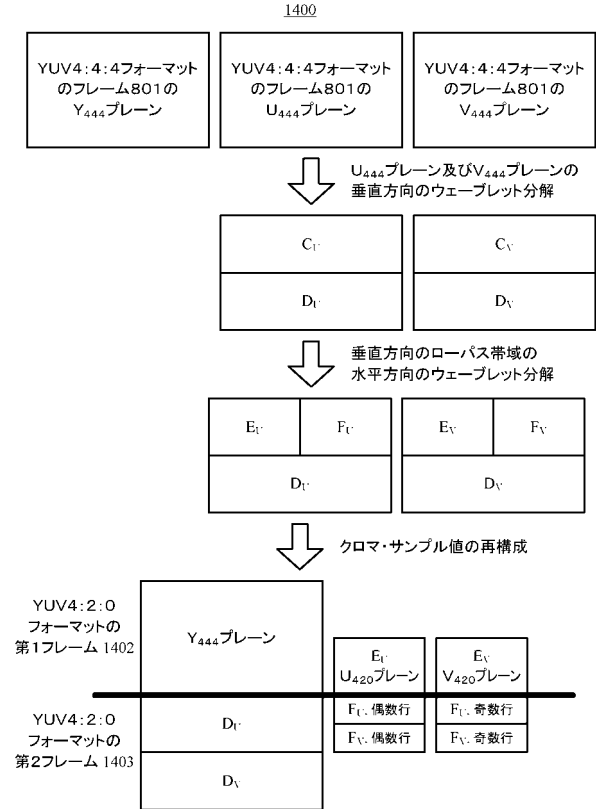
【図 1 2】



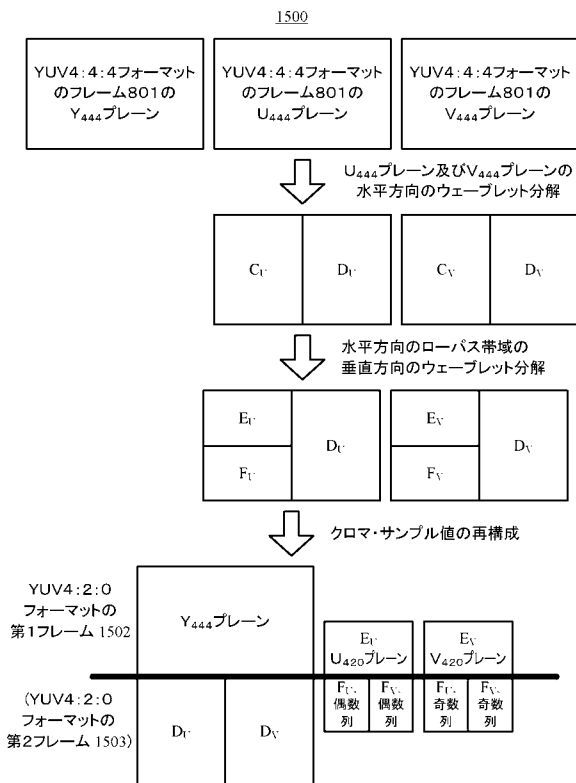
【図 1 3】



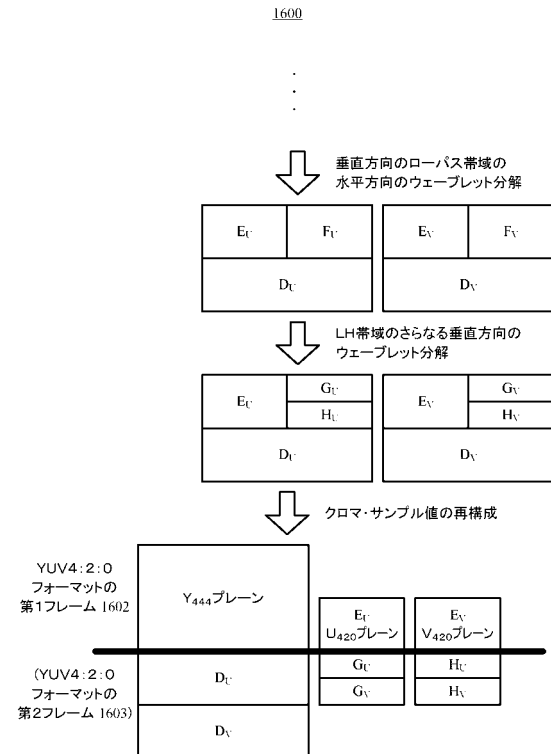
【図 1 4】



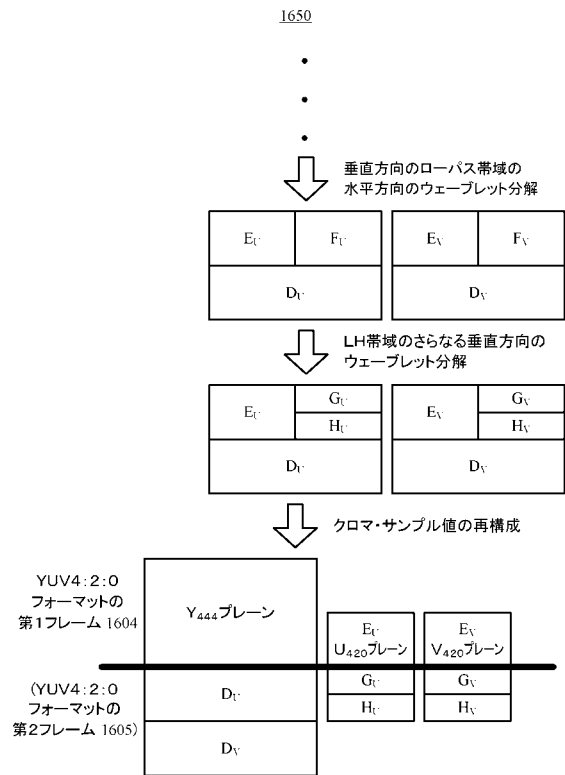
【図 1 5】



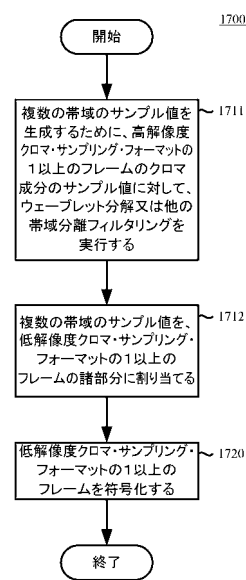
【図 1 6 a】



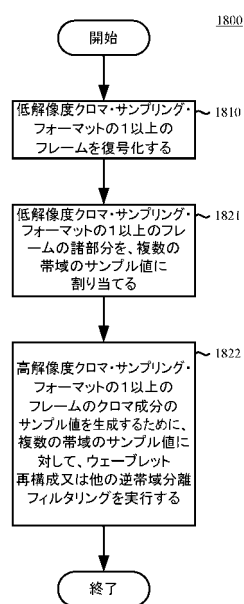
【 図 1 6 b 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2013/065754

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H04N7/26

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>WU Y ET AL: "Frame packing arrangement SEI for 4:4:4 content in 4:2:0 bitstreams", 11. JCT-VC MEETING; 102. MPEG MEETING; 10-10-2012 - 19-10-2012; SHANGHAI; (JOINT COLLABORATIVE TEAM ON VIDEO CODING OF ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 AND ITU-T SG.16); URL: HTTP://WFTP3.ITU.INT/AV-ARCH/JCTVC-SITE/, , no. JCTVC-K0240, 1 October 2012 (2012-10-01), XP030113122, the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 January 2014

Date of mailing of the international search report

22/01/2014

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

Oelbaum, Tobias

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, 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, LT, 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

(72)発明者 サリヴァン, ゲイリー, ジェイ.

アメリカ合衆国 98052-6399 ワシントン州 レッドモンド ワン マイクロソフト
ウェイ マイクロソフト コーポレーション エルシーエー - インターナショナル パテンツ 内

(72)発明者 マルヴァル, エンリケ, サルメント

アメリカ合衆国 98052-6399 ワシントン州 レッドモンド ワン マイクロソフト
ウェイ マイクロソフト コーポレーション エルシーエー - インターナショナル パテンツ 内

(72)発明者 ウー, ヨーンジュイン

アメリカ合衆国 98052-6399 ワシントン州 レッドモンド ワン マイクロソフト
ウェイ マイクロソフト コーポレーション エルシーエー - インターナショナル パテンツ 内

Fターム(参考) 5C057 EA06 EB12 EB15 EC02 EC03 ED01 ED07 ED08 ED09 EG01

EG06 EG07 EG08 EG10 EH03 EH07 EJ03 EL01 EM04 GL01

5C159 LB05 MA04 MA05 MA21 MA41 MC11 PP04 PP16 RC11 UA02

UA05