

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7545410号
(P7545410)

(45)発行日 令和6年9月4日(2024.9.4)

(24)登録日 令和6年8月27日(2024.8.27)

(51)国際特許分類		F I	
H 0 4 N	19/12 (2014.01)	H 0 4 N	19/12
H 0 4 N	19/157(2014.01)	H 0 4 N	19/157
H 0 4 N	19/176(2014.01)	H 0 4 N	19/176
H 0 4 N	19/625(2014.01)	H 0 4 N	19/625
H 0 4 N	19/70 (2014.01)	H 0 4 N	19/70
請求項の数 15 (全64頁)			
(21)出願番号	特願2021-557963(P2021-557963)	(73)特許権者	595020643
(86)(22)出願日	令和2年4月3日(2020.4.3)		クゥアルコム・インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2022-526375(P2022-526375		QUALCOMM INCORPORATED
	A)		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9
(43)公表日	令和4年5月24日(2022.5.24)		2 1 2 1 - 1 7 1 4、サン・ディエゴ、
(86)国際出願番号	PCT/US2020/026620		モアハウス・ドライブ 5 7 7 5
(87)国際公開番号	WO2020/206286	(74)代理人	110003708
(87)国際公開日	令和2年10月8日(2020.10.8)		弁理士法人鈴榮特許総合事務所
審査請求日	令和5年3月3日(2023.3.3)	(74)代理人	100108855
(31)優先権主張番号	62/830,125		弁理士 蔵田 昌俊
(32)優先日	平成31年4月5日(2019.4.5)	(74)代理人	100158805
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		弁理士 井関 守三
(31)優先権主張番号	62/855,398	(74)代理人	100112807
(32)優先日	令和1年5月31日(2019.5.31)		弁理士 岡田 貴志
最終頁に続く		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 ビデオコーディングのための拡張されたマルチプル変換選択

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ビデオデータをコーディングする方法であって、前記方法は、
ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択（M T S）方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第 1 のコードワードは、離散コサイン変換（D C T） - 2 1 次変換が前記現在のブロックに適用されることを示す値を有すると決定することと、
前記 D C T - 2 1 次変換が前記現在のブロックに適用されることを示す値を前記第 1 のコードワードが有するとき、前記現在のブロックに適用される利用可能な 2 次変換のセットからの 2 次変換を表す第 2 のコードワードをコーディングすることと、
前記現在のブロックのための残差データのコーディング中に、前記 D C T - 2 1 次変換および前記 2 次変換を適用することと、
を備え、
前記変換候補のセットは、1 次変換のために、異なるコードワードが割り当てられた複数の変換候補を備え、前記複数の変換候補は複数の分離可能変換候補を備え、各分離可能変換候補は、水平変換と垂直変換との組み合わせを備え、
前記第 1 のコードワードは、前記複数の分離可能変換候補のうちの 1 つに対応するコードワードを示す、方法。

【請求項 2】

前記変換候補のセットは、

- 1) 水平恒等変換および垂直恒等変換と、
 - 2) 離散コサイン変換 (DCT) - 2 水平変換および DCT - 2 垂直変換と、
 - 3) 離散サイン変換 (DST) - 7 水平変換および DST - 7 垂直変換と、
 - 4) DCT - 8 水平変換および DST - 7 垂直変換と、
 - 5) DST - 7 水平変換および DCT - 8 垂直変換と、
 - 6) 第 1 の非分離可能変換と、
 - 7) 第 2 の非分離可能変換と、
- を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記変換候補のセットは、

10

- 1) 水平恒等変換および垂直恒等変換と、
 - 2) 離散コサイン変換 (DCT) - 2 水平変換および DCT - 2 垂直変換と、
 - 3) 離散サイン変換 (DST) - 7 水平変換および DST - 7 垂直変換と、
 - 4) DCT - 8 水平変換および DST - 7 垂直変換と、
 - 5) DST - 7 水平変換および DCT - 8 垂直変換と、
 - 6) 前記利用可能な 2 次変換のセットと、
- を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記変換候補のセットは、離散コサイン変換 (DCT) - 8 水平変換および DCT - 8 垂直変換の組合せを除外する、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記 DCT - 2 1 次変換が前記現在のブロックに適用されることを示す値を前記第 1 のコードワードが有すると決定することは、前記現在のブロックのサイズまたは予測モードのうちの少なくとも 1 つに従って、前記 DCT - 2 1 次変換が前記現在のブロックに適用されることを示す値を前記第 1 のコードワードが有すると決定することを備え、
前記現在のブロックの前記サイズは、前記現在のブロックの幅または前記現在のブロックの高さのうちの少なくとも 1 つに従って定義される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記現在のブロックの前記サイズまたは前記予測モードのうちの少なくとも 1 つに従って、変換候補の異なるセットまたは前記変換候補についての異なる 2 値化のうちの少なくとも 1 つをそれぞれ含む MTS 方式のセットから、前記 MTS 方式を選択することをさらに備える、請求項 5 に記載の方法。

30

【請求項 7】

前記予測モードがイントラ予測モードであるか、またはインター予測モードであるかに従って、前記 MTS 方式を選択することをさらに備える、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

前記現在のブロックの形状または前記現在のブロックのサイズのうちの少なくとも 1 つに従って、MTS 方式のセットから前記 MTS 方式を選択することをさらに備え、

前記 MTS 方式のセットは、第 1 のサイズのブロックのための第 1 の数の変換候補を有する第 1 の MTS 方式と、第 2 のサイズのブロックのための第 2 の数の変換候補を有する第 2 の MTS 方式とを含み、前記第 2 の数は、前記第 1 の数より大きく、前記第 2 のサイズは、前記第 1 のサイズより大きい、請求項 5 に記載の方法。

40

【請求項 9】

前記現在のブロックの形状が、正方形または長方形として定義される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 2 のコードワードは、低周波数非分離可能変換 (LFNST) シンタックス要素の値を備える、

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

50

前記第 1 のコードワードは、M T S シンタックス要素を備える、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 2】

ビデオデータをコーディングするためのデバイスであって、前記デバイスは、
ビデオデータを記憶するように構成されたメモリと、
1 つまたは複数のプロセッサと、
を備え、前記 1 つまたは複数のプロセッサは、

前記ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択 (M T S) 方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第 1 のコードワードは、離散コサイン変換 (D C T) - 2 1 次変換が前記現在のブロックに適用されることと示す値を有すると決定することと、

10

前記 D C T - 2 1 次変換が前記現在のブロックに適用されることと示す値を前記第 1 のコードワードが有するとき、前記現在のブロックに適用される利用可能な 2 次変換のセットからの 2 次変換を表す第 2 のコードワードをコーディングすることと、

前記現在のブロックのための残差データのコーディング中に、前記 D C T - 2 1 次変換および前記 2 次変換を適用することと、

を行うように構成され、

前記変換候補のセットは、1 次変換のために、異なるコードワードが割り当てられた複数の変換候補を備え、前記複数の変換候補は複数の分離可能変換候補を備え、各分離可能変換候補は、水平変換と垂直変換との組み合わせを備え、

20

前記第 1 のコードワードは、前記複数の分離可能変換候補のうちの 1 つに対応するコードワードを示す、デバイス。

【請求項 1 3】

前記 1 つまたは複数のプロセッサは、請求項 2 から 1 1 のうちのいずれか一項の方法を実行するように構成される、請求項 1 2 に記載のデバイス。

【請求項 1 4】

復号されたビデオデータを表示するように構成されたディスプレイをさらに備え、および/または、

前記デバイスは、カメラ、コンピュータ、モバイルデバイス、ブロードキャスト受信機デバイス、またはセットトップボックスのうちの 1 つまたは複数を用意する、請求項 1 2 に記載のデバイス。

30

【請求項 1 5】

命令を記憶したコンピュータ可読記憶媒体であって、前記命令は、実行されると、ビデオデータをコーディングするためのデバイスのプロセッサに、

前記ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択 (M T S) 方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第 1 のコードワードは、離散コサイン変換 (D C T) - 2 1 次変換が前記現在のブロックに適用されることを示す値を有すると決定することと、

前記 D C T - 2 1 次変換が前記現在のブロックに適用されることを示す値を前記第 1 のコードワードが有するとき、利用可能な 2 次変換のセットからの 2 次変換を表す第 2 のコードワードをコーディングすることと、

40

前記現在のブロックのための残差データのコーディング中に、前記 D C T - 2 1 次変換および前記 2 次変換を適用することと、

を行わせ、

前記変換候補のセットは、1 次変換のために、異なるコードワードが割り当てられた複数の変換候補を備え、前記複数の変換候補は複数の分離可能変換候補を備え、各分離可能変換候補は、水平変換と垂直変換との組み合わせを備え、

前記第 1 のコードワードは、前記複数の分離可能変換候補のうちの 1 つに対応するコードワードを示す、コンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

50

【関連出願の相互参照】**【0001】**

[0001]本願は、2020年4月2日に出願された米国特許出願第16/838,553号、2019年4月5日に出願された米国仮特許出願第62/830,125号、および2019年5月31日に出願された米国仮特許出願第62/855,398号の利益を主張し、これら各々の内容全体が、参照により本明細書に組み込まれている。

【技術分野】**【0002】**

[0002]本開示は、ビデオ符号化およびビデオ復号を含む、ビデオコーディングに関する。

10

【背景技術】**【0003】**

[0003]デジタルビデオ能力は、デジタルテレビジョン、デジタルダイレクトブロードキャストシステム、ワイヤレスブロードキャストシステム、携帯情報端末(PDA)、ラップトップまたはデスクトップコンピュータ、タブレットコンピュータ、電子ブックリーダー、デジタルカメラ、デジタル記録デバイス、デジタルメディアプレーヤ、ビデオゲームデバイス、ビデオゲームコンソール、セルラ式または衛星無線電話、いわゆる「スマートフォン」、ビデオ遠隔会議デバイス、ビデオストリーミングデバイスなどを含む、広範囲のデバイスに組み込まれ得る。デジタルビデオデバイスは、MPEG-2、MPEG-4、ITU-T H.263、ITU-T H.264/MPEG-4、パート10、アドバンスドビデオコーディング(AVC)、高効率ビデオコーディング(HEVC)規格、ITU-T H.265/高効率ビデオコーディング(HEVC)によって定義された規格、およびこのような規格の拡張に記載されているものなどの、ビデオコーディング技法をインプリメントする。ビデオデバイスは、このようなビデオコーディング技法をインプリメントすることによって、デジタルビデオ情報をより効率的に送信、受信、符号化、復号、および/または記憶し得る。

20

【0004】

[0004]ビデオコーディング技法は、ビデオシーケンスに固有の冗長性を低減または除去するための、空間的(イントラピクチャ)予測および/または時間的(インターピクチャ)予測を含む。ブロックベースのビデオコーディングの場合、ビデオスライス(例えば、ビデオピクチャまたはビデオピクチャの一部)が、ビデオブロックに区分され得、これは、コーディングツリーユニット(CTU)、コーディングユニット(CU)、および/またはコーディングノードとも呼ばれ得る。ピクチャのイントラコーディングされた(I)スライス中のビデオブロックは、同じピクチャ内の隣接ブロックにおける参照サンプルに対して空間的予測を使用して符号化される。ピクチャのインターコーディングされた(PまたはB)スライス中のビデオブロックは、同じピクチャ内の隣接ブロックにおける参照サンプルに対して空間的予測を使用し得、または他の参照ピクチャ内の参照サンプルに対して時間的予測を使用し得る。ピクチャは、フレームと呼ばれ得、参照ピクチャは、参照フレームと呼ばれ得る。

30

【発明の概要】**【0005】**

[0005]一般に、本開示は、ビデオコーディングにおける変換コーディングに関する技法を説明する。変換コーディングは、現代のビデオ圧縮規格の重要な要素である。本開示は、汎用のビデオコーディング(VVC: Versatile Video Coding)/ITU-T H.266のものなど、他のMTSツールを拡張するマルチプル変換選択(MTS: multiple transform selection)設計を説明する。本開示で説明される設計は、エンコーダがより多くの変換候補から変換を選ぶことを可能にするので、これらの技法は、コーディング効率を改善し得る。本開示はまた、コーディング効率の著しい低下なしにエンコーダおよびデコーダの複雑さを低減し得る低周波数非分離可能変換(LFNST: Low-Frequency Non-separable Transformation)の様々な簡略化されたバージョンを説明する。した

40

50

がって、これらの技法は、アドバンストビデオコーデック、およびVVCなどの次世代ビデオコーディング規格において使用され得る。

【0006】

[0006]一例では、ビデオデータをコーディング（符号化または復号）する方法が、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択（MTS）方式の変換候補のセットのうちの1つの選択された変換方式を表す第1のコードワードをコーディングすることと、該選択された変換方式は、1次変換に加えて適用されるべき利用可能な2次変換のセットのうちの1つの2次変換であり、利用可能な2次変換の該セットからの該2次変換を表す第2のコードワードをコーディングすることと、該現在のブロックのための残差データのコーディング中に、該1次変換および該2次変換を適用することと、を含む。

10

【0007】

[0007]別の例では、ビデオデータをコーディングするためのデバイスが、ビデオデータを記憶するように構成されたメモリと、回路中にインプリメントされる1つまたは複数のプロセッサとを含み、1つまたは複数のプロセッサは、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択（MTS）方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第1のコードワードをコーディングすることと、該選択された変換方式は、1次変換に加えて適用されるべき利用可能な2次変換のセットのうちの2次変換であり、利用可能な2次変換の該セットからの該2次変換を表す第2のコードワードをコーディングすることと、該現在のブロックのための残差データのコーディング中に、該1次変換および該2次変換を適用することと、を行うように構成される。

20

【0008】

[0008]別の例では、ビデオデータをコーディングするためのデバイスが、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択（MTS）方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第1のコードワードをコーディングするための手段と、該選択された変換方式は、1次変換に加えて適用されるべき利用可能な2次変換のセットのうちの2次変換であり、利用可能な2次変換の該セットからの該2次変換を表す第2のコードワードをコーディングするための手段と、該現在のブロックのための残差データのコーディング中に、該1次変換および該2次変換を適用するための手段と、を含む。

【0009】

[0009]別の例では、コンピュータ可読記憶媒体が、実行されると、プロセッサに、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択（MTS）方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第1のコードワードをコーディングすることと、該選択された変換方式は、1次変換に加えて適用されるべき利用可能な2次変換のセットのうちの2次変換であり、利用可能な2次変換の該セットからの該2次変換を表す第2のコードワードをコーディングすることと、該現在のブロックのための残差データのコーディング中に、該1次変換および該2次変換を適用することと、を行わせる命令を記憶している。

30

【0010】

[0010]1つまたは複数の例の詳細が、添付の図面および以下の説明に記載される。他の特徴、目的、および利点が、説明および図面、ならびに特許請求の範囲から明らかになるであろう。

40

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】[0011]図1は、本開示の技法を実行し得る例示的なビデオ符号化および復号システムを示すブロック図である。

【図2A】[0012]図2Aは、例示的な4分木2分木（QTBT）構造を示す概念図である。

【図2B】図2Bは、対応するコーディングツリーユニット（CTU）を示す概念図である。

【図3A】[0013]図3Aは、高効率ビデオコーディング（HEVC）の残差4分木に基づ

50

く例示的な変換方式を示す概念図である。

【図 3 B】図 3 B は、高効率ビデオコーディング（H E V C）の残差 4 分木に基づく例示的な変換方式を示す概念図である。

【図 4】[0014]図 4 は、適応型変換選択を用いた（with）ハイブリッドビデオ符号化のための例示的なシステムを示すブロック図である。

【図 5 A】[0015]図 5 A は、別個の変換インプリメンテーションとして水平変換を示す概念図である。

【図 5 B】図 5 B は、別個の変換インプリメンテーションとして垂直変換を示す概念図である。

【図 6】[0016]図 6 は、2 つの変換を識別するために使用されるマルチプル変換選択（M T S）シグナリングの一例を表す概念図である。

10

【図 7】[0017]図 7 は、例示的な変換割当ておよび対応するユニナリー（unary）コードワードを示す概念図である。

【図 8】[0018]図 8 は、2 次変換をサポートする例示的な M T S 設計を示す概念図である。

【図 9】[0019]図 9 は、ビデオコーダ（ビデオエンコーダまたはビデオデコーダ）が適用し得る低周波数非分離可能変換（L F N S T）の例を示す概念図である。

【図 1 0】[0020]図 1 0 は、 $H \times W$ ブロックの（左上の部分における）係数のサブセットに適用される L F N S T の一例を示す概念図である。

【図 1 1 A】[0021]図 1 1 A は、例示的な 2 ステップ L F N S T プロセスのインプリメンテーションを示す概念図である。

20

【図 1 1 B】図 1 1 B は、例示的な 2 ステップ L F N S T プロセスのインプリメンテーションを示す概念図である。

【図 1 2】[0022]図 1 2 は、本開示の技法を実行し得る例示的なビデオエンコーダを示すブロック図である。

【図 1 3】[0023]図 1 3 は、本開示の技法を実行し得る例示的なビデオデコーダを示すブロック図である。

【図 1 4】[0024]図 1 4 は、本開示の技法による、現在のブロックを符号化するための例示的な方法を示すフローチャートである。

【図 1 5】[0025]図 1 5 は、本開示の技法による、ビデオデータの現在のブロックを復号するための例示的な方法を示すフローチャートである。

30

【図 1 6】[0026]図 1 6 は、本開示の技法による、例示的なビデオ符号化方法を示すフローチャートである。

【図 1 7】[0027]図 1 7 は、本開示の技法による、例示的なビデオ復号方法を示すフローチャートである。

【詳細な説明】

【0 0 1 2】

[0028]本開示は、変換コーディングに関する技法を説明し、これは、例えば、M. Wien, High Efficiency Video Coding: Coding Tools and Specification, Springer-Verlag, Berlin, 2015 に説明されているように、現代のビデオ圧縮規格の重要な要素である。本開示は、拡張されたマルチプル変換選択（M T S）技法を説明する。

40

【0 0 1 3】

[0029]一般に、ビデオデータは、連続した一連のピクチャとして表される。ビデオコーダは、ピクチャをブロックに区分し、ブロックの各々をコーディングする。コーディングは、一般に、予測コーディングと残差コーディングとを含む。予測中、ビデオコーダは、イントラ予測（予測ブロックが、同じピクチャの、隣接する以前にコーディングされたブロックから形成される）またはインター予測（予測ブロックが、以前にコーディングされたピクチャの、以前にコーディングされたブロックから形成される）を使用して、予測ブロックを形成し得る。残差ブロックは、予測ブロックと、元のコーディングされていないブロックとの間のピクセルごとの差分を表す。ビデオエンコーダは、変換係数を含む変換

50

ブロックを生成するために、残差ブロックに変換を適用し得、一方、ビデオデコーダは、残差ブロックの1つのバージョンを再生するために、変換ブロックに逆変換を適用し得る。

【0014】

[0030]入力N点ベクトルが、 $x = [x_0, x_1, \dots, x_{N-1}]^T$ として示されると仮定すると、それは、行列を乗じることによって、 $y = [y_0, y_1, \dots, y_{N-1}]^T$ として示される別のN点変換係数ベクトルに変換され、このプロセスは、以下の変換公式化のうちの1つに従ってさらに示され得、ここにおいて、kは、両端値を含む0～N-1である：

【0015】

【数1-1】

10

DCTタイプ-I(DCT-1)：

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N-1}} \cos\left(\frac{\pi \cdot n \cdot k}{N-1}\right) \cdot w_0 \cdot w_1 \cdot x_n,$$

ここで、 $w_0 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & n=0 \text{ または } n=N-1 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}$, $w_1 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k=0 \text{ または } k=N-1 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}$

DCTタイプ-II(DCT-2)：

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N}} \cos\left(\frac{\pi \cdot (n+0.5) \cdot k}{N-1}\right) \cdot w_0 \cdot x_n,$$

20

ここで、 $w_0 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k=0 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}$

DCTタイプ-III(DCT-3)：

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N}} \cos\left(\frac{\pi \cdot n \cdot (k+0.5)}{N}\right) \cdot w_0 \cdot x_n,$$

ここで、 $w_0 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & n=0 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}$

30

DCTタイプ-IV(DCT-4)：

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N}} \cos\left(\frac{\pi \cdot (n+0.5) \cdot (k+0.5)}{N}\right) \cdot x_n,$$

【0016】

40

【数1-2】

DCTタイプ-V(DCT-5):

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N-0.5}} \cos \left(\frac{\pi \cdot n \cdot k}{N-0.5} \right) \cdot w_0 \cdot w_1 \cdot x_n,$$

$$\text{ここで、} w_0 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & n=0 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}, w_1 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k=0 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

DCTタイプ-VI(DCT-6):

10

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N-0.5}} \cos \left(\frac{\pi \cdot (n+0.5) \cdot k}{N-0.5} \right) \cdot w_0 \cdot w_1 \cdot x_n,$$

$$\text{ここで、} w_0 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & n=N-1 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}, w_1 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k=0 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

DCTタイプ-VII(DCT-7):

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N-0.5}} \cos \left(\frac{\pi \cdot n \cdot (k+0.5)}{N-0.5} \right) \cdot w_0 \cdot w_1 \cdot x_n,$$

20

$$\text{ここで、} w_0 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & n=0 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}, w_1 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k=N-1 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

DCTタイプ-VIII(DCT-8):

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N+0.5}} \cos \left(\frac{\pi \cdot (n+0.5) \cdot (k+0.5)}{N+0.5} \right) \cdot x_n,$$

DSTタイプ-I(DST-1):

30

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sin \left(\frac{\pi \cdot (n+1) \cdot (k+1)}{N+1} \right) \cdot x_n,$$

DSTタイプ-II(DST-2):

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N}} \sin \left(\frac{\pi \cdot (n+0.5) \cdot (k+1)}{N} \right) \cdot w_0 \cdot x_n,$$

$$\text{ここで、} w_0 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k=N-1 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

40

【 0 0 1 7 】

【 数 1 - 3 】

DSTタイプ－III(DST－3)：

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N}} \sin \left(\frac{\pi \cdot (n+1) \cdot (k+0.5)}{N} \right) \cdot w_0 \cdot x_n,$$

$$\text{ここで、} w_0 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & n=N-1 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

DSTタイプ－IV(DST－4)：

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N}} \sin \left(\frac{\pi \cdot (n+0.5) \cdot (k+0.5)}{N} \right) \cdot x_n,$$

DSTタイプ－V(DST－5)：

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N+0.5}} \sin \left(\frac{\pi \cdot (n+1) \cdot (k+1)}{N+0.5} \right) \cdot x_n,$$

DSTタイプ－VI(DST－6)：

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N+0.5}} \sin \left(\frac{\pi \cdot (n+0.5) \cdot (k+1)}{N+0.5} \right) \cdot x_n,$$

DSTタイプ－VII(DST－7)：

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N+0.5}} \sin \left(\frac{\pi \cdot (n+1) \cdot (k+0.5)}{N+0.5} \right) \cdot x_n,$$

DSTタイプ－VIII(DST－8)：

$$y_k = \sum_{n=0}^{N-1} \sqrt{\frac{2}{N-0.5}} \cos \left(\frac{\pi \cdot (n+0.5) \cdot (k+0.5)}{N-0.5} \right) \cdot w_0 \cdot w_1 \cdot x_n,$$

$$\text{ここで、} w_0 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & n=N-1 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases} w_1 = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & k=N-1 \text{ の場合} \\ 1, & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

【 0 0 1 8 】

[0031]変換タイプは、変換基底関数の数学的公式化によって指定される。例えば、4点DST－VIIおよび8点DST－VIIは、Nの値にかかわらず、同じ変換タイプを有する。

【 0 0 1 9 】

[0032]一般性を失うことなく、上記の変換タイプは全て、以下の一般的公式化を使用して表され得る：

【 0 0 2 0 】

【 数 2 】

$$y_m = \sum_{n=0}^{N-1} T_{m,n} \cdot x_n,$$

【 0 0 2 1 】

ここで、Tは、1つのある特定の変換の定義によって指定される変換行列、例えば、DC

10

20

30

40

50

TタイプI~DCTタイプVII I、またはDSTタイプI~DSTタイプVII Iであり、Tの行ベクトル、例えば、 $[T_{i,0}, T_{i,1}, T_{i,2}, \dots, T_{i,N-1}]$ は、i番目の変換基底ベクトルである。N点入力ベクトルに適用される変換は、N点変換と呼ばれる。

【0022】

[0033]また、1次元(1-D)入力データxに適用される上記の変換公式化が、以下のような行列乗算形式で表され得ることに留意されたく、

【0023】

【数3】

$$y = T \cdot x$$

10

【0024】

ここで、Tは、変換行列を示し、xは、入力データベクトルを示し、yは、出力変換係数ベクトルを示す。

【0025】

[0034]上述された変換は、1-D入力データに適用され、変換はまた、2次元(2-D)入力データソースにも拡張され得る。Xが、入力M×Nデータ配列であると仮定する。2-D入力データに変換を適用する典型的な方法は、分離可能2-D変換および非分離可能2-D変換を含む。

【0026】

[0035]分離可能2-D変換は、Xの水平ベクトルおよび垂直ベクトルに対する1-D変換を連続的に適用し、以下のように公式化される：

$$Y = C \cdot X \cdot R^T$$

ここで、CおよびRは、それぞれ、所与のM×MおよびN×Nの変換行列を示す。公式化から、Cが、Xの列ベクトルに対して1-D変換を適用し、一方、Rが、Xの行ベクトルに対して1-D変換を適用することがわかる。本開示の後の部分では、簡潔さのために、CおよびRは、左(垂直)変換および右(水平)変換を示し得、変換ペアを形成すると見なされ得る。CがRに等しく、直交行列であるケースが存在する。このようなケースでは、分離可能2-D変換は、たった1つの変換行列によって決定される。

【0027】

[0036]非分離可能2-D変換は、最初に、例として以下の数学的マッピングを行うことによって、Xの全ての要素を単一のベクトル、すなわち、X'に再編成している：

$$X'(i \cdot N + j) = X_{i,j}$$

【0028】

[0037]次いで、1-D変換T'が、下記のように、X'に対して適用される：

$$Y = T' \cdot X'$$

ここで、T'は、(M×N)×(M×N)変換行列である。

【0029】

[0038]ビデオコーディングでは、分離可能2-D変換が一般的に適用され、これは、分離可能2-D変換が、典型的に、1-D変換と比較してより少ない演算(加算および乗算)数を必要とするからである。

【0030】

[0039]H.264/AVCなどの従来のビデオコーデックでは、4点および8点離散コサイン変換(DCT)タイプIIの整数近似(integer approximation)が、常にイントラ予測残差とインター予測残差との両方に対して適用される。残差サンプルの様々な統計値により良く適合するために、DCTタイプII以外のより柔軟なタイプの変換が、新世代のビデオコーデックにおいて利用される。例えば、HEVCでは、4点タイプVII離散コサイン変換(DST)の整数近似が、イントラ予測残差のために利用され、これは、DSTタイプVIIが、イントラ予測方向に沿って生成される残差ベクトルについてDCTタイプIIよりも効率的であることが、(J.Han, A.Saxena and K. Rose, "Towards join

50

tly optimal spatial prediction and adaptive transform in video/image coding, " IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), March 2010, pp.726-729において) 理論的に証明されていると共に、実験的に実証されている。

例えば、DSTタイプVIIは、水平イントラ予測方向によって生成された行残差ベクトルについてDCTタイプIIよりも効率的である。HEVCでは、4点DSTタイプVIIの整数近似は、 4×4 ルーマイントラ予測残差ブロックにのみ適用される。HEVCで使用する4点DST-VIIを以下に示す：

【0031】

【数4】

4×4DST-VII:

{29, 55, 74, 84}

{74, 74, 0, -74}

{84, -29, -74, 55}

{55, -84, 74, -29}

10

【0032】

[0040] HEVCでは、 4×4 ルーマイントラ予測残差ブロックでない残差ブロックについては、以下に示すように、4点、8点、16点および32点DCTタイプIIの整数近似も適用され得る：

【0033】

【数5】

4点DCT-II:

{64, 64, 64, 64}

{83, 36, -36, -83}

{64, -64, -64, 64}

{36, -83, 83, -36}

20

30

【0034】

【数6】

8点DCT-II:

{64, 64, 64, 64, 64, 64, 64, 64}

{89, 75, 50, 18, -18, -50, -75, -89}

{83, 36, -36, -83, -83, -36, 36, 83}

{75, -18, -89, -50, 50, 89, 18, -75}

{64, -64, -64, 64, 64, -64, -64, 64}

{50, -89, 18, 75, -75, -18, 89, -50}

{36, -83, 83, -36, -36, 83, -83, 36}

{18, -50, 75, -89, 89, -75, 50, -18}

40

【0035】

【数7】

50

{87,57,9,-43,-80,-90,-70,-25,25,70,90,80,43,-9,-57,-87,-87,-57,-9,43,80,90,70,25,-25,-
 70,-90,-80,-43,9,57,87}
 {85,46,-13,-67,-90,-73,-22,38,82,88,54,-4,-61,-90,-78,-31,31,78,90,61,4,-54,-88,-82,-
 38,22,73,90,67,13,-46,-85}
 {83,36,-36,-83,-83,-36,36,83,83,36,-36,-83,-83,-36,36,83,83,36,-36,-83,-83,-
 36,36,83,83,36,-36,-83,-83,-36,36,83}
 {82,22,-54,-90,-61,13,78,85,31,-46,-90,-67,4,73,88,38,-38,-88,-73,-4,67,90,46,-31,-85,-
 78,-13,61,90,54,-22,-82}
 {80,9,-70,-87,-25,57,90,43,-43,-90,-57,25,87,70,-9,-80,-80,-9,70,87,25,-57,-90,-
 43,43,90,57,-25,-87,-70,9,80}
 {78,-4,-82,-73,13,85,67,-22,-88,-61,31,90,54,-38,-90,-46,46,90,38,-54,-90,-
 31,61,88,22,-67,-85,-13,73,82,4,-78}
 {75,-18,-89,-50,50,89,18,-75,-75,18,89,50,-50,-89,-18,75,75,-18,-89,-50,50,89,18,-75,-
 75,18,89,50,-50,-89,-18,75}
 {73,-31,-90,-22,78,67,-38,-90,-13,82,61,-46,-88,-4,85,54,-54,-85,4,88,46,-61,-
 82,13,90,38,-67,-78,22,90,31,-73}
 {70,-43,-87,9,90,25,-80,-57,57,80,-25,-90,-9,87,43,-70,-70,43,87,-9,-90,-25,80,57,-57,-
 80,25,90,9,-87,-43,70}
 {67,-54,-78,38,85,-22,-90,4,90,13,-88,-31,82,46,-73,-61,61,73,-46,-82,31,88,-13,-90,-
 4,90,22,-85,-38,78,54,-67}
 {64,-64,-64,64,64,-64,-64,64,64,-64,-64,64,64,-64,-64,64,64,-64,-64,64,64,-64,-
 64,64,64,-64,-64,64,64,-64,-64,64}
 {61,-73,-46,82,31,-88,-13,90,-4,-90,22,85,-38,-78,54,67,-67,-54,78,38,-85,-22,90,4,-
 90,13,88,-31,-82,46,73,-61}
 {57,-80,-25,90,-9,-87,43,70,-70,-43,87,9,-90,25,80,-57,-57,80,25,-90,9,87,-43,-
 70,70,43,-87,-9,90,-25,-80,57}
 {54,-85,-4,88,-46,-61,82,13,-90,38,67,-78,-22,90,-31,-73,73,31,-90,22,78,-67,-38,90,-
 13,-82,61,46,-88,4,85,-54}
 {50,-89,18,75,-75,-18,89,-50,-50,89,-18,-75,75,18,-89,50,50,-89,18,75,-75,-18,89,-50,-
 50,89,-18,-75,75,18,-89,50}
 {46,-90,38,54,-90,31,61,-88,22,67,-85,13,73,-82,4,78,-78,-4,82,-73,-13,85,-67,-22,88,-
 61,-31,90,-54,-38,90,-46}
 {43,-90,57,25,-87,70,9,-80,80,-9,-70,87,-25,-57,90,-43,-43,90,-57,-25,87,-70,-9,80,-
 80,9,70,-87,25,57,-90,43}

10

20

30

40

【 0 0 3 8 】

【 数 8 - 3 】

{38,-88,73,-4,-67,90,-46,-31,85,-78,13,61,-90,54,22,-82,82,-22,-54,90,-61,-13,78,-
85,31,46,-90,67,4,-73,88,-38}
{36,-83,83,-36,-36,83,-83,36,36,-83,83,-36,-36,83,-83,36,36,-83,83,-36,-36,83,-
83,36,36,-83,83,-36,-36,83,-83,36}
{31,-78,90,-61,4,54,-88,82,-38,-22,73,-90,67,-13,-46,85,-85,46,13,-67,90,-73,22,38,-
82,88,-54,-4,61,-90,78,-31}
{25,-70,90,-80,43,9,-57,87,-87,57,-9,-43,80,-90,70,-25,-25,70,-90,80,-43,-9,57,-87,87,-
57,9,43,-80,90,-70,25}
{22,-61,85,-90,73,-38,-4,46,-78,90,-82,54,-13,-31,67,-88,88,-67,31,13,-54,82,-90,78,-
46,4,38,-73,90,-85,61,-22}
{18,-50,75,-89,89,-75,50,-18,-18,50,-75,89,-89,75,-50,18,18,-50,75,-89,89,-75,50,-18,-
18,50,-75,89,-89,75,-50,18}
{13,-38,61,-78,88,-90,85,-73,54,-31,4,22,-46,67,-82,90,-90,82,-67,46,-22,-4,31,-54,73,-
85,90,-88,78,-61,38,-13}
{9,-25,43,-57,70,-80,87,-90,90,-87,80,-70,57,-43,25,-9,-9,25,-43,57,-70,80,-87,90,-
90,87,-80,70,-57,43,-25,9}
{4,-13,22,-31,38,-46,54,-61,67,-73,78,-82,85,-88,90,-90,90,-90,88,-85,82,-78,73,-
67,61,-54,46,-38,31,-22,13,-4}

10

20

【 0 0 3 9 】

[0041]図1は、本開示の技法を実行し得る例示的なビデオ符号化および復号システム100を示すブロック図である。本開示の技法は、一般に、ビデオデータをコーディング（符号化および/または復号）することを対象とする。一般に、ビデオデータは、ビデオを処理するための任意のデータを含む。したがって、ビデオデータは、生のコーディングされていないビデオ、符号化されたビデオ、復号された（例えば、再構成された）ビデオ、およびシグナリングデータなどのビデオメタデータを含み得る。

30

【 0 0 4 0 】

[0042]図1に示されるように、システム100は、この例では、宛先デバイス116によって復号および表示されることになる符号化されたビデオデータを提供するソースデバイス102を含む。特に、ソースデバイス102は、コンピュータ可読媒体110を介して、宛先デバイス116にビデオデータを提供する。ソースデバイス102および宛先デバイス116は、デスクトップコンピュータ、ノートブック（すなわち、ラップトップ）コンピュータ、タブレットコンピュータ、セットトップボックス、スマートフォンなどの電話ハンドセット、テレビジョン、カメラ、ディスプレイデバイス、デジタルメディアプレーヤ、ビデオゲームコンソール、ビデオストリーミングデバイス、または同様のものを含む、幅広い範囲のデバイスのうちの任意のものを備え得る。いくつかのケースでは、ソースデバイス102および宛先デバイス116は、ワイヤレス通信のために装備され得、したがって、ワイヤレス通信デバイスと呼ばれ得る。

40

【 0 0 4 1 】

[0043]図1の例では、ソースデバイス102は、ビデオソース104、メモリ106、ビデオエンコーダ200、および出力インターフェース108を含む。宛先デバイス116は、入力インターフェース122、ビデオデコーダ300、メモリ120、およびディスプレイデバイス118を含む。本開示によれば、ソースデバイス102のビデオエンコ

50

ーダ 200 および宛先デバイス 116 のビデオデコーダ 300 は、M T S データをコーディングするための技法を適用するように構成され得る。したがって、ソースデバイス 102 は、ビデオ符号化デバイスの一例を表し、一方、宛先デバイス 116 は、ビデオ復号デバイスの一例を表す。他の例では、ソースデバイスおよび宛先デバイスは、他の構成要素または配置を含み得る。例えば、ソースデバイス 102 は、外部カメラなどの外部ビデオソースからビデオデータを受信し得る。同様に、宛先デバイス 116 は、一体化されたディスプレイデバイスを含むのではなく、外部ディスプレイデバイスとインターフェースし得る。

【0042】

[0044] 図 1 に示されるようなシステム 100 は、単なる一例に過ぎない。一般に、任意のデジタルビデオ符号化および/または復号デバイスが、M T S データをコーディングするための技法を実行し得る。ソースデバイス 102 および宛先デバイス 116 は、ソースデバイス 102 が宛先デバイス 116 への送信のためのコーディングされたビデオデータを生成するような、コーディングデバイスの単なる例に過ぎない。本開示は、「コーディング」デバイスを、データのコーディング（符号化および/または復号）を実行するデバイスとして参照する。したがって、ビデオエンコーダ 200 およびビデオデコーダ 300 は、コーディングデバイスの例を表し、特に、それぞれビデオエンコーダおよびビデオデコーダを表す。いくつかの例では、デバイス 102、116 は、デバイス 102、116 の各々がビデオ符号化および復号構成要素を含むように、実質的に対称的な方法で動作し得る。したがって、システム 100 は、例えば、ビデオストリーミング、ビデオ再生、ビデオブロードキャスト、またはビデオテレフォニーのために、ビデオデバイス 102、116 間の一方向または双方向のビデオ送信をサポートし得る。

【0043】

[0045] 一般に、ビデオソース 104 は、ビデオデータ（すなわち、生のコーディングされていないビデオデータ）のソースを表し、ビデオデータの連続する一連のピクチャ（「フレーム」とも呼ばれる）を、ピクチャのためのデータを符号化するビデオエンコーダ 200 に提供する。ソースデバイス 102 のビデオソース 104 は、ビデオカメラなどのビデオキャプチャデバイス、以前にキャプチャされた生のビデオを含むビデオアーカイブ、および/またはビデオコンテンツプロバイダからのビデオを受信するためのビデオフィードインターフェースを含み得る。さらなる代替として、ビデオソース 104 は、ソースビデオとしてコンピュータグラフィックススペースのデータ、または、ライブビデオ、アーカイブされたビデオ、およびコンピュータ生成されたビデオの組合せを生成し得る。各ケースにおいて、ビデオエンコーダ 200 は、キャプチャされた、事前にキャプチャされた、またはコンピュータ生成されたビデオデータを符号化する。ビデオエンコーダ 200 は、ピクチャを、受信された順序（「表示順序」と呼ばれることもある）から、コーディングのためのコーディング順序に並べ替え得る。ビデオエンコーダ 200 は、符号化されたビデオデータを含むビットストリームを生成し得る。次いで、ソースデバイス 102 は、例えば、宛先デバイス 116 の入力インターフェース 122 による、受信および/または取り出しのために、符号化されたビデオデータを、出力インターフェース 108 を介してコンピュータ可読媒体 110 上に出し得る。

【0044】

[0046] ソースデバイス 102 のメモリ 106 および宛先デバイス 116 のメモリ 120 は、汎用メモリを表す。いくつかの例では、メモリ 106、120 は、生のビデオデータ、例えば、ビデオソース 104 からの生のビデオおよびビデオデコーダ 300 からの生の復号されたビデオデータを記憶し得る。追加または代替として、メモリ 106、120 は、例えば、それぞれ、ビデオエンコーダ 200 およびビデオデコーダ 300 によって実行可能なソフトウェア命令を記憶し得る。この例では、ビデオエンコーダ 200 およびビデオデコーダ 300 とは別個に示されているが、ビデオエンコーダ 200 およびビデオデコーダ 300 はまた、機能的に類似したまたは同等の目的のために内部メモリを含み得ることが理解されるべきである。さらに、メモリ 106、120 は、符号化されたビデオデー

タ、例えば、ビデオエンコーダ 2 0 0 からの出力およびビデオデコーダ 3 0 0 への入力を記憶し得る。いくつかの例では、メモリ 1 0 6、1 2 0 の一部は、例えば、生の復号されたおよび / または符号化されたビデオデータを記憶するための、1 つまたは複数のビデオバッファとして割り振られ得る。

【 0 0 4 5 】

[0047] コンピュータ可読媒体 1 1 0 は、符号化されたビデオデータをソースデバイス 1 0 2 から宛先デバイス 1 1 6 にトランスポートすることが可能な任意のタイプの媒体またはデバイスを表し得る。一例では、コンピュータ可読媒体 1 1 0 は、ソースデバイス 1 0 2 が、例えば、無線周波数ネットワークまたはコンピュータベースのネットワークを介して、符号化されたビデオデータをリアルタイムで宛先デバイス 1 1 6 に直接送信することを可能にする通信媒体を表す。出力インターフェース 1 0 8 は、符号化されたビデオデータを含む送信信号を変調し得、入力インターフェース 1 2 2 は、ワイヤレス通信プロトコルなどの通信規格に従って、受信された送信信号を復調し得る。通信媒体は、無線周波数 (R F) スペクトルあるいは 1 つまたは複数の物理伝送線などの、任意のワイヤレスまたはワイヤード通信媒体を備え得る。通信媒体は、ローカルエリアネットワーク、ワイドエリアネットワーク、またはインターネットのようなグローバルネットワークなどの、パケットベースのネットワークの一部を形成し得る。通信媒体は、ルータ、スイッチ、基地局、またはソースデバイス 1 0 2 から宛先デバイス 1 1 6 への通信を容易にするのに有用であり得るその他任意の機器を含み得る。

【 0 0 4 6 】

[0048] いくつかの例では、ソースデバイス 1 0 2 は、符号化されたデータを出力インターフェース 1 0 8 から記憶デバイス 1 1 2 に出力し得る。同様に、宛先デバイス 1 1 6 は、入力インターフェース 1 2 2 を介して、記憶デバイス 1 1 2 からの符号化されたデータにアクセスし得る。記憶デバイス 1 1 6 は、ハードドライブ、ブルーレイディスク、DVD、CD-ROM、フラッシュメモリ、揮発性もしくは不揮発性メモリ、または符号化されたビデオデータを記憶するためのその他任意の好適なデジタル記憶媒体などの、様々な分散されたまたはローカルにアクセスされるデータ記憶媒体のうちの任意のものを含み得る。

【 0 0 4 7 】

[0049] いくつかの例では、ソースデバイス 1 0 2 は、ソースデバイス 1 0 2 によって生成された符号化されたビデオを記憶し得るファイルサーバ 1 1 4 または別の中間記憶デバイスに、符号化されたビデオデータを出力し得る。宛先デバイス 1 1 6 は、ストリーミングまたはダウンロードを介して、ファイルサーバ 1 1 4 からの記憶されたビデオデータにアクセスし得る。ファイルサーバ 1 1 4 は、符号化されたビデオデータを記憶し、その符号化されたビデオデータを宛先デバイス 1 1 6 に送信することが可能な任意のタイプのサーバデバイスであり得る。ファイルサーバ 1 1 4 は、(例えば、ウェブサイトのための) ウェブサーバ、ファイル転送プロトコル (F T P) サーバ、コンテンツ配信ネットワークデバイス、またはネットワーク接続ストレージ (N A S) デバイスを表し得る。宛先デバイス 1 1 6 は、インターネット接続を含む任意の標準的なデータ接続を通じて、ファイルサーバ 1 1 4 からの符号化されたビデオデータにアクセスし得る。これは、ファイルサーバ 1 1 4 上に記憶された符号化されたビデオデータにアクセスするのに好適である、ワイヤレスチャネル (例えば、Wi-Fi 接続)、ワイヤード接続 (例えば、DSL、ケーブルモデム、等)、または両方の組合せを含み得る。ファイルサーバ 1 1 4 および入力インターフェース 1 2 2 は、ストリーミング送信プロトコル、ダウンロード送信プロトコル、またはこれらの組合せに従って動作するように構成され得る。

【 0 0 4 8 】

[0050] 出力インターフェース 1 0 8 および入力インターフェース 1 2 2 は、ワイヤレス送信機 / 受信機、モデム、ワイヤードネットワーク構成要素 (例えば、イーサネット (登録商標) カード)、様々な IEEE 8 0 2 . 1 1 規格のうちの任意のものに従って動作するワイヤレス通信構成要素、または他の物理的構成要素を表し得る。出力インターフ

10

20

30

40

50

ケース 108 および入力インターフェース 122 がワイヤレス構成要素を備える例では、出力インターフェース 108 および入力インターフェース 122 は、4G、4G-LTE（登録商標）（ロングタームエボリューション）、LTEアドバンスド、5G、または同様のものなどのセルラ通信規格に従って、符号化されたビデオデータなどのデータを転送するように構成され得る。出力インターフェース 108 がワイヤレス送信機を備えるいくつかの例では、出力インターフェース 108 および入力インターフェース 122 は、IEEE 802.11仕様、IEEE 802.15仕様（例えば、ZigBee（登録商標））、Bluetooth（登録商標）規格、または同様のものなどの他のワイヤレス規格に従って、符号化されたビデオデータなどのデータを転送するように構成され得る。いくつかの例では、ソースデバイス 102 および/または宛先デバイス 116 は、それぞれのシステムオンチップ（SoC）デバイスを含み得る。例えば、ソースデバイス 102 は、ビデオエンコーダ 200 および/または出力インターフェース 108 に帰属する（attributed to）機能を実行するためのSoCデバイスを含み得、宛先デバイス 116 は、ビデオデコーダ 300 および/または入力インターフェース 122 に帰属する機能を実行するためのSoCデバイスを含み得る。

10

【0049】

[0051]本開示の技法は、無線テレビ放送、ケーブルテレビ送信、衛星テレビ送信、HTTPを介した動的適応型ストリーミング（DASH）などのインターネットストリーミングビデオ送信、データ記憶媒体上に符号化されるデジタルビデオ、データ記憶媒体に記憶されたデジタルビデオの復号、または他のアプリケーションなどの、様々なマルチメディアアプリケーションのうちの任意のものをサポートするビデオコーディングに適用され得る。

20

【0050】

[0052]宛先デバイス 116 の入力インターフェース 122 は、コンピュータ可読媒体 110（例えば、記憶デバイス 112、ファイルサーバ 114、または同様のもの）から符号化されたビデオビットストリームを受信する。コンピュータ可読媒体 110 の符号化されたビデオビットストリームは、ビデオブロックまたは他のコーディングされたユニット（例えば、スライス、ピクチャ、ピクチャのグループ、シーケンス、または同様のもの）の特性および/または処理を記述する値を有するシンタックス要素などの、ビデオエンコーダ 200 によって定義されるシグナリング情報を含み得、これはまた、ビデオデコーダ 300 によっても使用される。ディスプレイデバイス 118 は、復号されたビデオデータの復号されたピクチャをユーザに表示する。ディスプレイデバイス 118 は、ブラウン管（CRT）、液晶ディスプレイ（LCD）、プラズマディスプレイ、有機発光ダイオード（OLED）ディスプレイ、または別のタイプのディスプレイデバイスなどの様々なディスプレイデバイスのうちの任意のものを表し得る。

30

【0051】

[0053]図1には示されていないが、いくつかの例では、ビデオエンコーダ 200 およびビデオデコーダ 300 は、オーディオエンコーダおよび/またはオーディオデコーダとそれぞれ一体化され得、共通のデータストリーム中にオーディオとビデオとの両方を含む多重化ストリームを処理するために、適切なMUX-DEMUXユニット、あるいは他のハードウェアおよび/またはソフトウェアを含み得る。適用可能な場合、MUX-DEMUXユニットは、ITU-H.223マルチプレクサプロトコル、またはユーザデータグラムプロトコル（UDP）などの他のプロトコルに準拠し得る。

40

【0052】

[0054]ビデオエンコーダ 200 およびビデオデコーダ 300 は、1つまたは複数のマイクロプロセッサ、デジタルシグナルプロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、ディスクリート論理回路、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェア、またはこれらの任意の組合せなどの、様々な好適なエンコーダおよび/またはデコーダ回路のうちの任意のものとしてそれぞれインプリメントされ得る。本技法が部分的にソフトウェアにおいてインプリメントされる

50

とき、デバイスは、好適な非一時的なコンピュータ可読媒体にソフトウェアのための命令を記憶し、本開示の技法を実行するために、1つまたは複数のプロセッサを使用してハードウェアにおいて命令を実行し得る。ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300の各々は、1つまたは複数のエンコーダまたはデコーダに含まれ得、これらのいずれもが、それぞれのデバイスにおいて複合エンコーダ/デコーダ(CODEC)の一部として一体化され得る。ビデオエンコーダ200および/またはビデオデコーダ300を含むデバイスは、集積回路、マイクロプロセッサ、および/またはセルラ電話などのワイヤレス通信デバイスを備え得る。

【0053】

[0055]ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、高効率ビデオコーディング(HEVC)とも呼ばれる、ITU-T H.265などのビデオコーディング規格、またはマルチビューおよび/またはスケーラブルビデオコーディング拡張などの、それに対する拡張に従って動作し得る。代替として、ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、ITU-T H.266になることが計画されている最新の汎用のビデオコーディング(VVC)規格などの、他のプロプライエタリ規格または業界標準規格に従って動作し得る。VVCのワーキングドラフトが、Bross他、“Versatile Video Coding (Draft 5)” Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, 14th Meeting, Geneva, CH, 19-27 Mar. 2019, document JVET-N1001-v5である。しかしながら、本開示の技法は、いかなる特定のコーディング規格にも限定されない。

【0054】

[0056]一般に、ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、ピクチャのブロックベースのコーディングを実行し得る。「ブロック」という用語は、一般に、処理される(例えば、符号化される、復号される、あるいは、符号化および/または復号プロセスにおいて別様に使用される)べきデータを含む構造を指す。例えば、ブロックは、ルミナンスおよび/またはクロミナンスデータのサンプルの2次元行列を含み得る。一般に、ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、YUV(例えば、Y、Cb、Cr)フォーマットで表されるビデオデータをコーディングし得る。すなわち、ピクチャのサンプルについての赤、緑、および青(RGB)データをコーディングするのではなく、ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、ルミナンス成分およびクロミナンス成分をコーディングし得、ここで、クロミナンス成分は、赤の色相クロミナンス成分と青の色相クロミナンス成分との両方を含み得る。いくつかの例では、ビデオエンコーダ200は、受信されたRGBフォーマットされたデータを、符号化する前にYUV表現に変換し、ビデオデコーダ300は、YUV表現をRGBフォーマットに変換する。代替として、前処理ユニットおよび後処理ユニット(図示せず)が、これらの変換を実行し得る。

【0055】

[0057]本開示は、一般に、ピクチャのデータを符号化または復号するプロセスを含むように、ピクチャのコーディング(例えば、符号化および復号)を参照し得る。同様に、本開示は、ブロックのためのデータを符号化または復号するプロセス、例えば、予測および/または残差コーディングを含むように、ピクチャのブロックのコーディングを参照し得る。符号化されたビデオビットストリームは、一般に、コーディング決定(例えば、コーディングモード)と、ピクチャのブロックへの区分とを表すシンタックス要素についての一連の値を含む。したがって、ピクチャまたはブロックをコーディングすることへの参照は、一般に、ピクチャまたはブロックを形成するシンタックス要素の値をコーディングすることとして、理解されるべきである。

【0056】

[0058]HEVCは、コーディングユニット(CU)、予測ユニット(PU)、および変換ユニット(TU)を含む、様々なブロックを定義する。HEVCによれば、ビデオコーダ(ビデオエンコーダ200など)は、4分木構造に従って、コーディングツリーユニット(CTU)をCUに区分する。すなわち、ビデオコーダは、CTUおよびCUを4つの

等しい重複しない正方形に区分し、4分木の各ノードは、ゼロか4つのいずれかの子ノードを有する。子ノードを有さないノードは、「リーフノード」と呼ばれ得、そのようなリーフノードのCUは、1つまたは複数のPU、および/または、1つまたは複数のTUを含み得る。ビデオコードは、PUおよびTUをさらに区分し得る。例えば、HEVCでは、残差4分木(RQT)は、TUの区分を表す。HEVCでは、PUは、インター予測データを表し、一方、TUは、残差データを表す。イントラ予測されるCUは、イントラモードインジケーションなどのイントラ予測情報を含む。

【0057】

[0059]別の例として、ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、VVCに従って動作するように構成され得る。VVCによれば、ビデオコード(ビデオエンコーダ200など)は、ピクチャを複数のコーディングツリーユニット(CTU)に区分する。ビデオエンコーダ200は、4分木2分木(QTBT)構造などのツリー構造に従ってCTUを区分し得る。VVCのQTBT構造は、HEVCのCU、PU、およびTU間の分離などの、複数の区分タイプの概念を除去する。VVCのQTBT構造は、4分木区分に従って区分された第1のレベルと、2分木区分に従って区分された第2のレベルとの2つのレベルを含む。QTBT構造のルートノードは、CTUに対応する。2分木のリーフノードは、コーディングユニット(CU)に対応する。

【0058】

[0060]いくつかの例では、ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、ルミナンス成分およびクロミナンス成分の各々を表すために、単一のQTBT構造を使用し得、一方、他の例では、ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、ルミナンス成分のための1つのQTBT構造および両方のクロミナンス成分のための別のQTBT構造(または、それぞれのクロミナンス成分のための2つのQTBT構造)などの、2つ以上のQTBT構造を使用し得る。

【0059】

[0061]ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、HEVCによる4分木区分、VVCによるQTBT区分、または他の区分構造を使用するように構成され得る。説明を目的として、本開示の技法の説明は、QTBT区分に関して提示される。しかしながら、本開示の技法はまた、4分木区分、または他のタイプの区分も使用するように構成されたビデオコードに適用され得ることが理解されるべきである。

【0060】

[0062]本開示は、「 $N \times N$ 」および「 N 掛ける N (N by N)」を交換可能に使用して、垂直寸法および水平寸法に関するブロック(CUまたは他のビデオブロックなど)のサンプル寸法、例えば、 16×16 サンプルまたは 16 掛ける 16 (16 by 16)サンプルを参照し得る。一般に、 16×16 のCUは、垂直方向に 16 個のサンプル($y = 16$)と、水平方向に 16 個のサンプル($x = 16$)とを有することになる。同様に、 $N \times N$ のCUは、一般に、垂直方向に N 個のサンプルと、水平方向に N 個のサンプルとを有し、ここで、 N は、非負整数値を表す。CU中のサンプルは、行および列に配置され得る。さらに、CUは、水平方向に、垂直方向と同じ数のサンプルを必ずしも有する必要はない。例えば、CUは、 $N \times M$ 個のサンプルを備え得、ここで、 M は、必ずしも N に等しいとは限らない。

【0061】

[0063]ビデオエンコーダ200は、予測情報および/または残差情報、ならびに他の情報を表す、CUについてのビデオデータを符号化する。予測情報は、CUのための予測ブロックを形成するために、どのようにCUが予測されるべきかを示す。残差情報は、一般に、予測ブロックおよび符号化する前のCUのサンプル間のサンプルごとの差分を表す。

【0062】

[0064]CUを予測するために、ビデオエンコーダ200は、一般に、インター予測またはイントラ予測を通じて、CUのための予測ブロックを形成し得る。インター予測は、一般に、以前にコーディングされたピクチャのデータからCUを予測することを指し、一方

10

20

30

40

50

、イントラ予測は、一般に、同じピクチャの以前にコーディングされたデータからCUを予測することを指す。インター予測を実行するために、ビデオエンコーダ200は、1つまたは複数の動きベクトルを使用して予測ブロックを生成し得る。ビデオエンコーダ200は、一般に、例えば、CUと参照ブロックとの間の差分に関して、CUに密接に(closely)マッチする参照ブロックを識別するために、動き探索を実行し得る。ビデオエンコーダ200は、参照ブロックが現在のCUに密接にマッチするかどうかを決定するために、絶対差分和(SAD: sum of absolute difference)、2乗差分和(SSD: sum of squared differences)、平均絶対差分(MAD: mean absolute difference)、平均2乗差分(MSD: mean squared differences)、または他のそのような差分算出を使用して、差分メトリックを算出し得る。いくつかの例では、ビデオエンコーダ200は、単方向予測または双方向予測を使用して、現在のCUを予測し得る。

10

【0063】

[0065]VV Cはまた、アフィン動き補償モードを提供し、これは、インター予測モードと見なされ得る。アフィン動き補償モードでは、ビデオエンコーダ200は、ズームインまたはズームアウト、回転、遠近動き(perspective motion)、または他の不規則な動きタイプなどの、非並進動きを表す2つ以上の動きベクトルを決定し得る。

【0064】

[0066]イントラ予測を実行するために、ビデオエンコーダ200は、予測ブロックを生成するためのイントラ予測モードを選択し得る。VV Cは、様々な方向性モード、ならびにプレーナモード(planar mode)およびDCモードを含む、67個のイントラ予測モードを提供する。一般に、ビデオエンコーダ200は、現在のブロック(例えば、CUのブロック)のサンプルをそこから予測するための、現在のブロックに隣接するサンプルを記述する(describes)イントラ予測モードを選択する。このようなサンプルは、一般に、ビデオエンコーダ200がラスト走査順序(左から右、上から下)でCTUおよびCUをコーディングすると仮定すると、現在のブロックと同じピクチャ内の、現在のブロックの上、左上、または左にあり得る。

20

【0065】

[0067]ビデオエンコーダ200は、現在のブロックのための予測モードを表すデータを符号化する。例えば、インター予測モードの場合、ビデオエンコーダ200は、様々な利用可能なインター予測モードのうちのどれが使用されるかを表すデータ、ならびに対応するモードについての動き情報を符号化し得る。単方向または双方向インター予測の場合、例えば、ビデオエンコーダ200は、アドバンスド動きベクトル予測(AMVP: advanced motion vector prediction)またはマージモードを使用して、動きベクトルを符号化し得る。ビデオエンコーダ200は、アフィン動き補償モードのための動きベクトルを符号化するために、同様のモードを使用し得る。

30

【0066】

[0068]ブロックのイントラ予測またはインター予測などの予測に続いて、ビデオエンコーダ200は、ブロックについての残差データを算出し得る。残差ブロックなどの残差データは、ブロックと、対応する予測モードを使用して形成された、ブロックのための予測ブロックとの間のサンプルごとの差分を表す。ビデオエンコーダ200は、変換されたデータを、サンプルドメインの代わりに変換ドメインにおいて生成するために、残差ブロックに1つまたは複数の変換を適用し得る。例えば、ビデオエンコーダ200は、残差ビデオデータに、離散コサイン変換(DCT)、整数変換、ウェーブレット変換、または概念的に同様の変換を適用し得る。加えて、ビデオエンコーダ200は、第1の変換に続いて、モード依存非分離可能2次変換(MDNST: mode-dependent non-separable secondary transform)、信号依存変換、カルーネンレーベ変換(KLT: Karhunen-Loeve transform)、または同様のものなどの2次変換を適用し得る。ビデオエンコーダ200は、1つまたは複数の変換の適用に続いて、変換係数を生成する。

40

【0067】

[0069]本開示の技法によれば、ビデオエンコーダ200は、現在のブロックのための残

50

差ブロックに適用すべき特定の変換のタイプ (a particular type of transform) (または複数の変換) を決定し得る。決定された変換のタイプは、1 次変換を含み得、これは、水平変換および垂直変換を含む分離可能変換であり得る。いくつかの例では、決定された変換のタイプは、2 次変換 (例えば、非分離可能変換) をさらに含み得る。ビデオエンコーダ 200 は、選択された変換のタイプを表す第 1 のコードワードを符号化し得、これは、1 次変換と、選択された変換のタイプが 2 次変換を含むか否かを表す。選択された変換のタイプが 2 次変換を含むことを第 1 のコードワードが示すケースでは、ビデオエンコーダ 200 は、利用可能な 2 次変換のセットのうちの選択された 2 次変換を表す第 2 のコードワードをさらに符号化し得る。さらに、ビデオエンコーダ 200 は、1 次変換と 2 次変換との両方を適用し得る。コードワードのこのような組合せの例については、表 1 ~ 表 12 および図 6 ~ 図 8 に関して以下でより詳細に説明される。

10

【0068】

[0070] 上述されたように、変換係数を生成するための任意の変換に続いて、ビデオエンコーダ 200 は、変換係数の量子化を実行し得る。量子化は、一般に、変換係数が量子化されて、係数を表すために使用されるデータ量をできる限り (possibly) 低減し、さらなる圧縮を提供するプロセスを指す。量子化プロセスを実行することによって、ビデオエンコーダ 200 は、係数のうちのいくつかまたは全てに関連付けられたビット深度を低減し得る。例えば、ビデオエンコーダ 200 は、量子化中に n ビット値を m ビット値に切り捨て得、ここで、 n は m よりも大きい。いくつかの例では、量子化を実行するために、ビデオエンコーダ 200 は、量子化されるべき値のビット単位の右シフトを実行し得る。

20

【0069】

[0071] 量子化に続いて、ビデオエンコーダ 200 は、変換係数を走査し得、量子化された変換係数を含む 2 次元行列から 1 次元ベクトルを生成する。走査は、ベクトルの前方により高いエネルギー (したがって、より低い周波数) 係数を置き、ベクトルの後方により低いエネルギー (したがって、より高い周波数) 変換係数を置くように設計され得る。いくつかの例では、ビデオエンコーダ 200 は、直列化されたベクトルを生成するために、量子化された変換係数を走査するための予め定義された走査順序を利用し、次いで、ベクトルの量子化された変換係数をエントロピー符号化し得る。他の例では、ビデオエンコーダ 200 は、適応走査を実行し得る。1 次元ベクトルを形成するために、量子化された変換係数を走査した後、ビデオエンコーダ 200 は、例えば、コンテキスト適応型バイナリ算術コーディング (CABAC) に従って、1 次元ベクトルをエントロピー符号化し得る。ビデオエンコーダ 200 はまた、ビデオデータを復号する際にビデオデコーダ 300 による使用のための、符号化されたビデオデータに関連付けられたメタデータを記述するシンタックス要素の値をエントロピー符号化し得る。

30

【0070】

[0072] CABAC を実行するために、ビデオエンコーダ 200 は、送信されることになるシンボルに、コンテキストモデル内のコンテキストを割り当て得る。コンテキストは、例えば、シンボルの隣接値がゼロ値であるか否かに関連し得る。確率の決定は、シンボルに割り当てられたコンテキストに基づき得る。

【0071】

40

[0073] ビデオエンコーダ 200 は、例えば、ピクチャヘッダ、ブロックヘッダ、スライスヘッダ、またはシーケンスパラメータセット (SPS)、ピクチャパラメータセット (PPS)、もしくはビデオパラメータセット (VPS) などの他のシンタックスデータの中で、ビデオデコーダ 300 へのブロックベースのシンタックスデータ、ピクチャベースのシンタックスデータ、およびシーケンスベースのシンタックスデータなどの、シンタックスデータをさらに生成し得る。ビデオデコーダ 300 は、対応するビデオデータをどのように復号すべきかを決定するために、このようなシンタックスデータを同様に復号し得る。

【0072】

[0074] このようにして、ビデオエンコーダ 200 は、符号化されたビデオデータ、例え

50

ば、ピクチャのブロック（例えば、C U）への区分と、ブロックについての予測情報および/または残差情報と、を記述するシンタックス要素を含むビットストリームを生成し得る。最終的に、ビデオデコーダ300は、ビットストリームを受信し、符号化されたビデオデータを復号し得る。

【0073】

[0075]一般に、ビデオデコーダ300は、ビットストリームの符号化されたビデオデータを復号するために、ビデオエンコーダ200によって実行されたものとは逆のプロセスを実行する。例えば、ビデオデコーダ300は、ビデオエンコーダ200のC A B A C符号化プロセスと逆ではあるが、実質的に同様の方法でC A B A Cを使用して、ビットストリームのシンタックス要素の値を復号し得る。シンタックス要素は、C T Uへのピクチャの区分情報と、C T UのC Uを定義するための、Q T B T構造などの対応する区分構造に従う各C T Uの区分とを定義し得る。シンタックス要素は、ビデオデータのブロック（例えば、C U）についての予測情報および残差情報をさらに定義し得る。

10

【0074】

[0076]残差情報は、例えば、量子化された変換係数によって表され得る。ビデオデコーダ300は、ブロックについての残差ブロックを再生するために、ブロックの量子化された変換係数を逆量子化および逆変換し得る。

【0075】

[0077]本開示の技法によれば、ビデオデコーダ300は、ビデオデータの現在のブロックのための復号された変換係数に適用されるべき変換のタイプを表す第1のコードワードを復号し得る。上記で説明されたように、変換のタイプは、1次変換を表し得、これは、水平変換および垂直変換を含む分離可能変換であり得る。変換のタイプは、2次変換をさらに含み得る。変換のタイプが2次変換を含む場合、ビデオデコーダ300は、利用可能な2次変換のセットに含まれ得る2次変換を表す第2のコードワードを復号し得る。次いで、ビデオデコーダ300は、変換係数の中間セットを生成するために、復号された変換係数に2次変換を適用し、次いで、現在のブロックのための残差ブロックを再生するために、変換係数の中間セットに1次変換を適用し得る。

20

【0076】

[0078]ビデオデコーダ300は、ブロックのための予測ブロックを形成するために、シグナリングされた予測モード（イントラ予測またはインター予測）および関連する予測情報（例えば、インター予測のための動き情報）を使用する。次いで、ビデオデコーダ300は、元のブロックを再生するために、（サンプルごとの単位で）予測ブロックと残差ブロックとを組み合わせ得る。ビデオデコーダ300は、ブロックの境界に沿った視覚的アーティファクトを低減するために、デブロックングプロセスを実行することなど、追加の処理を実行し得る。

30

【0077】

[0079]上述されたように、ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、シンタックス要素の値にC A B A C符号化および復号を適用し得る。シンタックス要素にC A B A C符号化を適用するために、ビデオエンコーダ200は、シンタックス要素の値を2値化して、「ピン」と呼ばれる一連の1つまたは複数のビットを形成し得る。加えて、ビデオエンコーダ200は、コーディングコンテキストを識別し得る。コーディングコンテキストは、特定の値を有するピンの確率を識別し得る。例えば、コーディングコンテキストは、0値ピンをコーディングする0.7の確率と、1値ピンをコーディングする0.3の確率とを示し得る。コーディングコンテキストを識別した後、ビデオエンコーダ200は、区間（interval）を下側サブ区間と上側サブ区間とに分割し得る。一方のサブ区間は、値0に関連付けられ得、他方のサブ区間は、値1に関連付けられ得る。

40

【0078】

[0080]サブ区間の幅は、識別されたコーディングコンテキストによって関連する値について示された確率に比例し得る。シンタックス要素のピンが下側サブ区間に関連付けられた値を有する場合、符号化された値は、下側サブ区間の下側境界に等しくなり得る。シン

50

タックス要素の同じピンが上側サブ区間に関連付けられた値を有する場合、符号化された値は、上側サブ区間の下側境界に等しくなり得る。シンタックス要素の次のピンを符号化するために、ビデオエンコーダ 200 は、符号化されたビットの値に関連付けられたサブ区間である区間で (with)、これらのステップを繰り返し得る。ビデオエンコーダ 200 が次のピンについてこれらのステップを繰り返すとき、ビデオエンコーダ 200 は、符号化されるピンの実際の値および識別されたコーディングコンテキストによって示される確率に基づいて、修正された確率を使用し得る。

【0079】

[0081]ビデオデコーダ 300 がシンタックス要素の値に対して C A B A C 復号を実行するとき、ビデオデコーダ 300 は、コーディングコンテキストを識別し得る。次いで、ビデオデコーダ 300 は、区間を下側サブ区間と上側サブ区間とに分割し得る。一方のサブ区間は、値 0 に関連付けられ得、他方のサブ区間は、値 1 に関連付けられ得る。サブ区間の幅は、識別されたコーディングコンテキストによって関連する値について示された確率に比例し得る。符号化された値が下側サブ区間内にある場合、ビデオデコーダ 300 は、下側サブ区間に関連付けられた値を有するピンを復号し得る。符号化された値が上側サブ区間内にある場合、ビデオデコーダ 300 は、上側サブ区間に関連付けられた値を有するピンを復号し得る。シンタックス要素の次のピンを復号するために、ビデオデコーダ 300 は、符号化された値を含むサブ区間である区間で、これらのステップを繰り返し得る。ビデオデコーダ 300 が次のピンについてこれらのステップを繰り返すとき、ビデオデコーダ 300 は、復号されたピンおよび識別されたコーディングコンテキストによって示される確率に基づいて、修正された確率を使用し得る。次いで、ビデオデコーダ 300 は、シンタックス要素の値を復元するために、ピンを逆 2 値化し得る。

【0080】

[0082]H E V C より前のビデオコーディング規格では、D C T - 2 が垂直方向と水平方向との両方に使用される、固定された分離可能変換のみが使用される。H E V C では、D C T - 2 に加えて、D S T - 7 もまた、固定された分離可能変換として 4 × 4 ブロックのために用いられる。

【0081】

[0083]米国特許第 10,306,229 号、米国特許出願公開第 2018/0020218 号、および米国仮特許出願第 62/679,570 号は、マルチプル変換選択 (M T S) 技法を説明している。M T S は、以前は適応型マルチプル変換 (A M T : Adaptive Multiple Transforms) と呼ばれていた。米国仮特許出願第 62/679,570 号における M T S の一例が、J V E T (Joint Video Experts Team) の J E M (Joint Experimental Model) において採用されており (J E M - 7.0)、後に、M T S の簡略化バージョンが V V C において採用されている。

【0082】

[0084]本開示は、一般に、シンタックス要素などの、ある特定の情報の「シグナリング」に言及し得る。「シグナリング」という用語は、一般に、符号化されたビデオデータを復号するために使用されるシンタックス要素の値および/または他のデータの通信を指し得る。すなわち、ビデオエンコーダ 200 は、ビットストリーム中でシンタックス要素の値をシグナリングし得る。一般に、シグナリングは、ビットストリーム中で値を生成することを指す。上述されたように、ソースデバイス 102 は、実質的にリアルタイムで、または、宛先デバイス 116 による後の取り出しのために記憶デバイス 112 にシンタックス要素を記憶するときに起こり得るなど、リアルタイムではなく、宛先デバイス 116 にビットストリームをトランスポートし得る。

【0083】

[0085]図 2 A および図 2 B は、例示的な 4 分木 2 分木 (Q T B T) 構造 130、および対応するコーディングツリーユニット (C T U) 132 を示す概念図である。実線は、4 分木分割を表し、点線は、2 分木分割を示す。2 分木の各分割 (すなわち、非リーフ) ノードでは、1 つのフラグが、どの分割タイプ (すなわち、水平または垂直) が使用されて

いるかを示すためにシグナリングされ、ここで、この例では、0は、水平分割を示し、1は、垂直分割を示す。4分木分割の場合、4分木ノードが、ブロックを等しいサイズを有する4つのサブブロックへと水平および垂直に分割するので、分割タイプを示す必要はない。したがって、Q T B T構造130の領域ツリーレベル（すなわち、実線）についての（分割情報などの）シンタックス要素と、Q T B T構造130の予測ツリーレベル（すなわち、破線）についての（分割情報などの）シンタックス要素とを、ビデオエンコーダ200は符号化し得、ビデオデコーダ300は復号し得る。Q T B T構造130の終端リーフノードによって表されるCUについての、予測および変換データなどのビデオデータを、ビデオエンコーダ200は符号化し得、ビデオデコーダ300は復号し得る。

【0084】

[0086]一般に、図2BのCTU132は、第1および第2のレベルにおけるQ T B T構造130のノードに対応するブロックのサイズを定義するパラメータに関連付けられ得る。これらのパラメータは、CTUサイズ（サンプル中のCTU132のサイズを表す）、最小4分木サイズ（MinQTSize、最小許容4分木リーフノードサイズを表す）、最大2分木サイズ（MaxBTSize、最大許容2分木ルートノードサイズを表す）、最大2分木深度（MaxBTDepth、最大許容2分木深度を表す）、および最小2分木サイズ（MinBTSize、最小許容2分木リーフノードサイズを表す）を含み得る。

【0085】

[0087]CTUに対応するQ T B T構造のルートノードは、Q T B T構造の第1のレベルにおいて4つの子ノードを有し得、その各々は、4分木区分に従って区分され得る。すなわち、第1のレベルのノードは、リーフノード（子ノードを有さない）であるか、または4つの子ノードを有するかのいずれかである。Q T B T構造130の例は、そのようなノードを、分岐について実線を有する親ノードおよび子ノードを含むものとして表す。最大許容2分木ルートノードサイズ（MaxBTSize）よりも大きくない第1のレベルのノードは、それぞれの2分木によってさらに区分され得る。1つのノードの2分木分割は、分割の結果として生じるノードが、最小許容2分木リーフノードサイズ（MinBTSize）または最大許容2分木深度（MaxBTDepth）に達するまで、繰り返され得る。Q T B T構造130の例は、そのようなノードを、分岐について破線を有するものとして表す。2分木リーフノードは、コーディングユニット（CU）と呼ばれ、これは、それ以上の区分なしに（without any further partitioning）、予測（例えば、イントラピクチャ予測またはインターピクチャ予測）および変換のために使用される。上記で説明されたように、CUは、「ビデオブロック」または「ブロック」とも呼ばれ得る。

【0086】

[0088]Q T B T区分構造の一例では、CTUサイズは、 128×128 （ルーマサンプルおよび2つの対応する 64×64 クロマサンプル）として設定され、MinQTSizeは、 16×16 として設定され、MaxBTSizeは、 64×64 として設定され、MinBTSizeは（幅と高さの両方について）、4として設定され、MaxBTDepthは、4として設定される。4分木リーフノードを生成するために、最初に4分木区分がCTUに適用される。4分木リーフノードは、 16×16 （すなわち、MinQTSize）から 128×128 （すなわち、CTUサイズ）までのサイズを有し得る。リーフ4分木ノードが 128×128 である場合、サイズがMaxBTSize（すなわち、この例では、 64×64 ）を超えるので、それは、2分木によってそれ以上分割されないことになる。そうでない場合、リーフ4分木ノードは、2分木によってさらに区分されることになる。したがって、4分木リーフノードはまた、2分木のためのルートノードであり、0の2分木深度を有する。2分木深度がMaxBTDepth（この例では、4）に達したとき、それ以上の分割は許可されない。2分木ノードがMinBTSize（この例では、4）に等しい幅を有するとき、それは、それ以上の垂直分割が許可されないことを暗示する。同様に、MinBTSizeに等しい高さを有する2分木ノードは、その2分木ノードに対してそれ以上の水平分割が許可されないことを暗示する。上述されたように、2分木のリーフノードは、CUと呼ばれ、それ以上の区分なしに、予測および変換に

10

20

30

40

50

従ってさらに処理される。

【0087】

[0089]図3Aおよび図3Bは、HEVCの残差4分木に基づく例示的な変換方式を示す概念図である。HEVCでは、残差4分木(RQT)を使用する変換コーディング構造が、残差ブロックの様々な特性を適応させるために適用され、これは、www.hhi.fraunhofer.de/fields-of-competence/image-processing/research-groups/image-video-coding/hevc-high-efficiency-video-coding/transform-coding-using-the-residual-quadtree-rqt.htmlを出典とし、以下で簡単に説明される。

【0088】

[0090]HEVCでは、各ピクチャは、コーディングツリーユニット(CTU)に分割され、これは、特定のタイルまたはスライスについてラスト走査順序でコーディングされる。CTUは、正方形ブロックであり、4分木、すなわち、コーディングツリーのルートを表す。CTUサイズは、 8×8 から 64×64 ルーマサンプルまでの範囲にあり得るが、典型的に 64×64 が使用される。各CTUは、コーディングユニット(CU)と呼ばれるより小さい正方形ブロックにさらに分割され得る。

10

【0089】

[0091]CTUがCUに再帰的に分割された後、各CUは、予測ユニット(PU)および変換ユニット(TU)にさらに分割される。CUのTUへの区分は、4分木手法に基づいて再帰的に実行され、したがって、各CUの残差信号は、ツリー構造、すなわち、残差4分木(RQT)によってコーディングされる。RQTは、 4×4 から 32×32 ルーマサンプルまでのTUサイズを可能にする。

20

【0090】

[0092]図3Aは、CUが、文字a~jでラベル付けされた10個のTUを含む一例と、対応するブロック区分とを図示する。図3Bに示されるRQTの各ノードは、実際には、図3Aに対応する変換ユニット(TU)である。個々のTUは、図3Aにアルファベット順として示される深さ優先ツリートラバーサル順序(depth-first tree traversal order)で処理され、これは、深さ優先トラバーサルによる再帰的Z走査に従う。4分木手法は、残差信号の変動する空間周波数特性(the varying space-frequency characteristics)に対する変換の適応を可能にする。

【0091】

30

[0093]典型的に、より大きい空間サポートを有するより大きい変換ブロックサイズは、より良い周波数分解能を提供する。しかしながら、より小さい空間サポートを有するより小さい変換ブロックサイズは、より良い空間分解能を提供する。空間分解能と周波数分解能との2つの間のトレードオフは、例えば、レート歪み最適化技法(rate-distortion optimization technique)に基づいて、エンコーダモード決定によって選ばれる。レート歪み最適化技法は、各コーディングモード(例えば、特定のRQT分割構造)について、コーディングビットと再構成歪みとの加重和、すなわち、レート歪みコストを算出し、最小のレート歪みコストを有するコーディングモードを最良のモードとして選択する。

【0092】

[0094]3つのパラメータがHEVCによるRQTにおいて定義されており、すなわち、ツリーの最大深度、最小許容変換サイズ、および最大許容変換サイズである。最小および最大変換サイズは、 4×4 から 32×32 サンプルまでの範囲内で変動し得、これは、前の段落で述べたサポートされるブロック変換に対応する。RQTの最大許容深度は、TUの数を制限する。ゼロに等しい最大深度は、各含まれたTBが最大許容変換サイズ、例えば、 32×32 に達した場合、CBがこれ以上分割され得ないことを意味する。

40

【0093】

[0095]これらのパラメータは全て、相互作用し、HEVCにおけるRQT構造に影響を及ぼす。ルートCBサイズが 64×64 であり、最大深度がゼロに等しく、最大変換サイズが 32×32 に等しいケースを考慮する。このケースでは、CBは、少なくとも1回区分される必要があり、これは、そうでない場合、 64×64 のTBをもたらすことになり

50

、これは許容されないからである。RQTパラメータ、すなわち、最大RQT深度、最小および最大変換サイズは、HEVCによる、シーケンスパラメータセットレベルにおいて、ビットストリーム中で送信される。RQT深度に関しては、異なる値が、イントラコーディングされたCUとインターコーディングされたCUとについて指定されおよびシグナリングされ得る。

【0094】

[0096]4分木変換は、HEVCではイントラ残差ブロックおよびインター残差ブロックの両方に適用される。典型的に、現在の残差4分木区分と同じサイズのDCT-II変換が、残差ブロックに対して適用される。しかしながら、現在の残差4分木ブロックが 4×4 であり、かつイントラ予測によって生成される場合、上記の 4×4 DST-VII変換が適用される。

10

【0095】

[0097]HEVCでは、より大きいサイズの変換、例えば、 64×64 変換は、主に、比較的より小さい解像度のビデオに対する比較的高い複雑さを考慮して、それらの限られた利益により採用されない。

【0096】

[0098]図4は、適応型変換選択を用いたハイブリッドビデオ符号化のための例示的なシステム140を示すブロック図である。本開示の技法は、このようなシステム、または対応する復号システムによって実行され得る。一般に、本開示の技法は、適応型変換コーディング方式に適用可能であり、ここで、予測残差の各ブロックについて、異なる変換が、ビデオエンコーダによって選択され、サイド情報としてシグナリングされ、サイド情報を使用してビデオデコーダによって決定され得る。

20

【0097】

[0099]図4のシステム140は、ブロック分離ユニット142、ブロック予測ユニット144、残差生成ユニット146、ブロック変換ユニット148、変換バンク150、量子化ユニット152、エントロピー符号化ユニット154、逆量子化ユニット156、逆ブロック変換ユニット158、ブロック再構成ユニット160、およびフレームバッファ162を含む。ブロック分離ユニット142は、一般に、生のコーディングされていないビデオデータを受信し、ビデオデータのピクチャをブロックに区分する。ブロック予測ユニット144は、符号化されるべきビデオデータの現在のブロックについての予測ブロックを生成する。ブロック分離ユニット142は、現在のブロックを残差生成ユニット146に提供し、ブロック予測ユニット144は、予測ブロックを残差生成ユニット146に提供する。残差生成ユニット146は、残差ブロック(r)を生成し、残差ブロックをブロック変換ユニット148に提供する。

30

【0098】

[0100]ブロック変換ユニット148は、変換バンク150から1つまたは複数の変換を選択する。例えば、本開示の技法によれば、変換バンク150は、1つまたは複数の1次変換(例えば、分離可能変換)と、1つまたは複数の2次変換(例えば、非分離可能変換)とを含み得る。次いで、ブロック変換ユニット148は、変換係数を生成するために、1次変換と、適用可能な場合、2次変換とを適用し得る。さらに、ブロック変換ユニット148は、(1つまたは複数の)変換のインジケーション(t)をエントロピー符号化ユニット154に送り得る。ブロック変換ユニット148は、変換係数($T^{(t)}r$)を量子化ユニット152に提供する。

40

【0099】

[0101]量子化ユニット152は、例えば、現在のブロックのための量子化パラメータ(QP)に従って、変換係数のビット深度を低減することによって、変換係数を量子化する。量子化ユニット152は、量子化された変換係数を、エントロピー符号化ユニット154および逆量子化ユニット156に提供する。

【0100】

[0102]エントロピー符号化ユニット154は、量子化された変換係数および変換(t)

50

のインジェクションを含む、シンタックス要素の値のエントロピー符号化を実行する。本開示の技法によれば、エントロピー符号化ユニット 154 は、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択 (M T S) 方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第 1 のコードワードを符号化し得る。選択された変換方式は、1 次変換と、いくつかの例では、1 次変換に加えて適用されるべき 2 次変換とを含み得る。選択された変換方式が 2 次変換を含むケースでは、エントロピー符号化ユニット 154 は、利用可能な 2 次変換のセットにおける 2 次変換を表す第 2 のコードワードを符号化し得る。エントロピー符号化ユニット 154 は、符号化されたビデオビットストリーム中にエントロピー符号化されたデータ (例えば、第 1 および / または第 2 のコードワードと、量子化された変換係数についてのエントロピー符号化されたシンタックス要素) を含め得る。

10

【0101】

[0103]逆量子化ユニット 156 は、量子化された変換係数を逆量子化し、結果として得られた変換係数を逆ブロック変換ユニット 158 に渡し得る。逆ブロック変換ユニット 158 は、残差ブロックを再生するために、1 次変換と、適用可能な場合、2 次変換とを変換係数に適用し得る。逆ブロック変換ユニット 158 は、残差ブロックをブロック再構成ユニット 160 に提供し得、これは、再構成されたブロックを生成するために、残差ブロックを予測ブロックと組み合わせ、再構成されたブロックをフレームバッファ 162 に記憶し得る。フレームバッファ 162 は、復号ピクチャバッファ (D P B) と呼ばれ得る。

【0102】

[0104]図 4 の様々な構成要素の各々は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの組合せでインプリメントされ得る。ソフトウェアまたはファームウェアでインプリメントされるとき、様々な動作のための命令は、メモリに記憶され、1 つまたは複数の処理ユニットによって実行され得る。処理ユニットおよびメモリは、回路においてインプリメントされ得る。処理ユニットは、例えば、任意の組合せにおいて、1 つまたは複数のデジタルシグナルプロセッサ (D S P)、汎用マイクロプロセッサ、特定用途向け集積回路 (A S I C)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (F P G A)、または他の同等の集積されたまたはディスクリートロジック回路を含み得る。

20

【0103】

[0105]このようにして、図 4 のシステム 140 は、ビデオデータを記憶するように構成されたメモリと、回路においてインプリメントされ、かつビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択 (M T S) 方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第 1 のコードワードをコーディングすることと、選択された変換方式は、1 次変換に加えて適用されるべき利用可能な 2 次変換のセットのうちの 2 次変換であり、利用可能な 2 次変換のセットからの 2 次変換を表す第 2 のコードワードをコーディングすることと、現在のブロックのための残差データのコーディング中に、1 次変換および 2 次変換を適用することと、を行うように構成された 1 つまたは複数のプロセッサと、を含むビデオエンコーダの一例を表す。

30

【0104】

[0106]図 5 A および図 5 B は、別個の変換インプリメンテーションとして水平変換および垂直変換を示す概念図である。特に、残差値の水平ラインおよび垂直ライン (horizontal and vertical lines) は、水平変換および垂直変換を使用して独立に変換され得る (例えば、計算複雑さを低減するために、ブロック変換は、分離可能な方法で計算され得る)。

40

【0105】

[0107]H E V C より前のビデオコーディング規格では、D C T - 2 が垂直方向と水平方向との両方に使用される、固定された分離可能変換のみが使用される。H E V C では、D C T - 2 に加えて、D S T - 7 もまた、固定された分離可能変換として 4×4 ブロックのために用いられる。米国特許出願第 15 / 005, 736 号および第 15 / 649, 612 号は、それらの固定された変換の適応型拡張を説明しており、2016 年 1 月 25 日に出願された米国特許出願第 15 / 005, 736 号、2017 年 7 月 13 日に提出された米国特許出願第 15 / 649, 612 号、および 2018 年 6 月 1 日に提出された第 62

50

／ 6 7 9 , 5 7 0 号に説明されている M T S (適応型マルチプル変換 (A M T) と呼ばれる) の一例が、J V E T (Joint Video Experts Team) の J E M (Joint Experimental Model) において採用されている (Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, JEM Software、jvet.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HMJEMSoftware/tags/HM-16.6-JEM-7.0で入手可能) 。

【 0 1 0 6 】

[0108]図 6 は、2 つの変換を識別するために使用される M T S シグナリングの一例を表す概念図である。V T M の現在のバージョン (Versatile Video Coding (Draft 4), Joint Video Experts Team (JVET), ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, 13th Meeting: Marrakech, MA, 9-18 Jan. 2019, Document JVET-M1001、phenix.it-sudparis.eu/jvet/doc_end_user/documents/13_Marrakech/wg11/JVET-M1001-v7.zipで入手可能) では、複数の変換候補が、トランケーテッドユニナリー 2 値化 (truncated unary binarization) に基づいてシグナリングされ、これは、図 6 および図 7 における 2 分木を連結することによって示され得る。次いで、変換候補は、連結によって取得されるコードワードに関連付けられる。

10

【 0 1 0 7 】

[0109]図 7 は、例示的な変換割当ておよび対応するユニナリーコードワードを示す概念図である。V V C の現在のバージョンにおける M T S シグナリングは、図 6 の 2 分木を連結することによって取得されるコードワードに変換を割り当てることを含み、ここで、「H : D C T - 8 , V : D S T - 7」は、分離可能変換のために、D C T - 8 が水平に適用され、D S T - 7 が垂直に適用されることを意味し、I D T は、1 - D 恒等変換 (1-D identity transform) (スケーリングを実行すること) を示す。

20

【 0 1 0 8 】

[0110]V V C の M T S (マルチプル - 変換 - 選択) 設計は、(図 7 に示すように) 6 つの変換候補を使用し、それは、単一のタイプの変換を水平方向と垂直方向との両方において使用する以外の、D S T - 7 および D C T - 8 との組合せをサポートする (すなわち、I D T、D C T - 2、および D S T - 7 を水平および垂直に適用する) 。実際には、より良好なコーディング効率が、より多くの数の変換候補を許容することによって達成され得る。本開示は、コーディング効率を改善し得る現在の M T S 設計の様々な拡張を説明する。

【 0 1 0 9 】

30

[0111]M T S 方式は、指定されたシグナリング方法のコードワードに変換を割り当てることによって定義され得る。ビデオエンコーダ 2 0 0 および / またはビデオデコーダ 3 0 0 は、上記で説明され、および以下でより詳細に説明されるように、本開示の技法に従って構成され得る。特に、本開示による M T S 方式は、指定されたシグナリング方法のコードワードに変換を割り当てることによって定義され得る。したがって、M T S 方式は、(i) 変換の単一のセットまたは複数のセット (すなわち、変換候補) 、および (i i) 関連するシグナリング方法、を指定することによって完全に定義され得る。したがって、ビデオエンコーダ 2 0 0 およびビデオデコーダ 3 0 0 は、本開示の技法のうちの任意のものを単独でまたは任意の組合せで使用して、M T S 方式のインジケーションをコーディングするように構成され得る。

40

【 0 1 1 0 】

[0112]M T S 方式のインジケーションは、コードワードであり得る。いくつかの例では、M T S 方式は、分離可能変換 (例えば、水平変換および垂直変換) などの 1 次変換と、2 次変換との両方を含み得る。このような例では、ビデオエンコーダ 2 0 0 およびビデオデコーダ 3 0 0 は、2 次変換を表す第 2 のコードワードをコーディングし得、ここで、第 2 のコードワードは、利用可能な 2 次変換のセット中の 2 次変換を識別し得る。

【 0 1 1 1 】

[0113]V V C における M T S 設計は、下記表 1 に示されるような 6 つの分離可能変換候補を含む、単一の変換のセットを使用する：

【 0 1 1 2 】

50

【表 1】

表1—図7に示されるようなVVCにおいて許可される変換候補、および候補をシグナリングするために使用される対応するコードワード

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	110
4	DCT-8	DST-7	1110
5	DST-7	DCT-8	11110
6	DCT-8	DCT-8	11111

10

【0113】

[0114]上記の例示的な6つの変換候補は、図7(右)に示されるように、2分木(図6)を連結することによって生成されるコードワードを使用してシグナリングされ得る。各コードワードについて、図7(左)に示されるように、変換候補が割り当てられ得る。

【0114】

20

[0115]代替のMTS設計が、以下の技法の、1つまたは複数の組合せに基づいて定義され得る。すなわち、ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、単独でまたは任意の組合せで、以下で説明される技法のうちの任意のものを実行し得る。

1. MTS設計は、表1に示されるような、VVCにおける現在の候補のセットのうちのいくつかを置き換えて、または置き換えずに、新しい変換候補を含むことによって拡張され得る。

2. DCT-2およびDST-7の組合せが、追加の変換候補として含まれ得る。

a. 一例では、現在のVVCに加えて、さらに2つの変換候補が追加され得、その結果、表2に示されるように、合計8つの分離可能変換候補が許容される：

【0115】

30

【表 2】

表2—変換候補および関連するコードワード

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	110
4	DCT-8	DST-7	1110
5	DST-7	DCT-8	11110
6	DCT-8	DCT-8	111110
7	DCT-2	DST-7	1111110
8	DST-7	DCT-2	1111111

40

【0116】

50

b. 別の例では、さらに2つの変換候補が、「H:DCT-8, V:DCT-8」の組合せを削除することによって追加され得、その結果、表3に示されるように、合計7つの分離可能変換候補が許容される：

【0117】

【表3】

表3—H:DCT-8, V:DCT-8の組合せなしで、
DCT2およびDST7の組合せを含む例示的な変換候補

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	110
4	DCT-8	DST-7	1110
5	DST-7	DCT-8	11110
6	DCT-2	DST-7	111110
7	DST-7	DCT-2	111111

10

20

【0118】

3. IDTおよびDST-7の組合せが、追加の変換候補として含まれ得る。

a. 例えば、表4に示されるように、以下の7つの変換候補が、MTSにおいて使用され得る。

【0119】

【表4】

表4—H:DCT-8, V:DCT-8の組合せなしで、
IDTおよびDST7の組合せを含む例示的な変換候補

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	110
4	DCT-8	DST-7	1110
5	DST-7	DCT-8	11110
6	IDT	DST-7	111110
7	DST-7	IDT	111111

30

40

【0120】

b. 別の例では、以下の10個の変換候補が、DCT-2およびDST-7の組合せ、ならびにIDTおよびDST-7の組合せを追加することによって、MTSにおいて使用され得る。

【0121】

50

【表 5】

表5－H:DCT－8, V:DCT－8の組合せを6番目の候補として残したまま、DCT－2
およびDST－7ならびにIDTおよびDST－7の組合せを含む例示的な変換候補

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	110
4	DCT-8	DST-7	1110
5	DST-7	DCT-8	11110
6	DCT-8	DCT-8	111110
7	IDT	DST-7	1111110
8	DST-7	IDT	11111110
9	DCT-2	DST-7	111111110
10	DST-7	DCT-2	111111111

10

20

【0 1 2 2】

c. 別の例では、以下の9つの変換スキップ（これは、恒等候補（identity candidates）を適用することと同等である）が、上記リストからのDCT－8およびDCT－8の組合せを以下のように置き換えることによって、MTSにおいて使用され得る：

【0 1 2 3】

【表 6】

表6－H:DCT－8, V:DCT－8の組合せを削除することによる、DCT－2
およびDST－7ならびにIDTおよびDST－7の組合せを含む例示的な変換候補

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	110
4	DCT-8	DST-7	1110
5	DST-7	DCT-8	11110
6	IDT	DST-7	111110
7	DST-7	IDT	1111110
8	DCT-2	DST-7	11111110
9	DST-7	DCT-2	11111111

30

40

【0 1 2 4】

4. これら候補およびそれらの関連する2値化（すなわち、コードワード）は、異なる順序付け（ordering）を有し得る。

a. 順序付けは、予め定義され得、各変換候補の統計値／頻度（frequency）に

50

基づく固定された設計であり得る。

b. 例えば、順序付けは、使用される各変換候補の頻度をランク付けすることによって行われ得る。

c. 例えば、それは、変換候補をシグナリングするために使用される平均コードワード長を低減するように設計され得る（例えば、使用される各候補の確率に基づいて生成されるハフマンコード）。

d. 例えば、実用的なコーデックでは、H : DST - 7 , V : DST - 7 および H : DCT - 2 , V : DCT - 2 の組合せが頻繁に使用される。したがって、シグナリングオーバーヘッドを低減するために、表 1 の MTS 設計は、表 7 の以下の例のように順序付けられ得る：

【 0 1 2 5 】

【表 7】

表7ー表1の変換候補を並べ替えた例であり、
ここで、1番目と3番目の変換候補が入れ替わっている。

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	DST-7	DST-7	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	IDT	IDT	110
4	DCT-8	DST-7	1110
5	DST-7	DCT-8	11110
6	DCT-8	DCT-8	11111

【 0 1 2 6 】

5. 予測モードおよび/またはブロックサイズに依存して、異なる MTS 設計が、ブロックをコーディングするために使用され得、ここで、ブロックは、変換ユニット (TU) またはコーディングユニット (CU) であり得る。

a. 異なる MTS 設計は、以下を含み得る：

i. 変換候補の異なるセット、

ii. 異なるシグナリングおよび 2 値化（すなわち、各候補について使用されるコードワード）、

iii. 上記 i) および ii) の両方。

b. 複数の MTS 設計が、イントラおよび/またはインター予測モードに依存して、変換の選択肢 (transform choices) を決定するために使用され得る：

i. 異なるタイプの予測方法（例えば、イントラ予測およびインター予測）は、異なる MTS 設計を使用し得る。例えば、インター予測されたブロックをコーディングする場合、表 1 に定義された MTS が使用され得、一方、イントラ予測されたブロックの場合、表 5 に定義された MTS が変換を決定するために使用され得る。

ii. イントラ予測モードの異なるサブセットは、異なる MTS 設計を使用し得る。モードの異なるサブセットは、プレーナモード、DC モードおよび角度モードのサブセットの相互に排他的で集合的に網羅的な選択 (mutually exclusive and collectively exhaustive selection) によって定義され得る。例えば、プレーナモード (0)、DC モード (1) および対角モード (3 4) については、3 つの候補を有する表 8 の MTS 設計が使用され得る。(2) から (3 3) までの角度モードについては、表 9 が使用され得る。(3 5) から (6 6) までの残りの角度モードについては、表 10 が使用され得る。

【 0 1 2 7 】

10

20

30

40

50

【表 8】

表8－3つの候補を有するMTS設計の例

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	11

10

【 0 1 2 8 】

【表 9】

表9－5つの候補を有するMTS設計の例

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	110
4	DCT-8	DST-7	1110
5	DST-7	DCT-8	1111

20

【 0 1 2 9 】

【表 1 0】

表10－5つの候補を有するMTS設計の例、
ここで、表9の4番目と5番目の候補が入れ替わっている

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	110
4	DST-7	DCT-8	1110
5	DCT-8	DST-7	1111

30

【 0 1 3 0 】

40

c . 複数の M T S 設計が、ブロック形状およびブロックサイズに依存して、変換の選択肢を決定するために使用され得る。

i . 異なる M T S 設計が、異なるサイズおよび / または形状のブロックに対して使用され得る。

ii . 例えば、小さいブロックをコーディングする場合は、より少ない候補を有する M T S 設計が使用され得、一方、より大きいブロックの場合は、より多くの変換候補を有する別の M T S 設計が使用され得る。したがって、小さいブロックのための変換シグナリングオーバーヘッドが、低減され得る。

iii . 小さいブロックは、その幅および / または高さに基づいて定義され得る。例えば、8 より小さい幅または高さを有するブロックは、小さいブロックと見なされ得

50

、一方、残りのブロックは、大きいブロックと見なされ得る（例えば、ブロックの幅と高さの最小値が 16 より小さい場合には、ブロックは、小さいとして分類され得る）。

iv . ブロックはまた、正方形 / 長方形の形状に基づいて分類され得、ここで、幅と高さとの間の比が、異なる形状を有するブロックを分類するために使用され得る（例えば、 4×8 および 8×4 ブロックは、1つのクラスに属し得、サイズ 4×16 および 16×4 のブロックは、別のクラスに属し得る）。

d . 単一の（統合された）MTS 設計がまた、シグナリングのために使用され得る。

6 . 変換候補をシグナリングするためのコンテキスト導出がまた、以下のうちの 1 つまたは組合せに依存して行われ得る：

- a . ブロックサイズ、
- b . ブロック形状、
- c . イントラモード、
- d . インターモード。

- 別個のコンテキストが、イントラ予測およびインター予測された CU / TU のために定義され得る。

- 別個のコンテキストは、ブロックの幅および高さの最小値に基づいて定義され得る。

7 . 分離可能変換に加えて、MTS 設計は、変換候補として非分離可能変換も含み得る。一例が、表 11 に示される。

【0131】

【表 11】

表11－MTS設計における分離可能変換に加えて非分離可能変換を含む
例示的な変換候補

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	110
4	DCT-8	DST-7	1110
5	DST-7	DCT-8	11110
6	非分離可能変換1		111110
7	非分離可能変換2		111111

【0132】

[0116]さらに、2次変換が、分離可能変換に加えてMTS設計に含まれ得る。表12は、H : DCT - 8 , V : DCT - 8 の組合せが、2次変換のセットによって置き換えられる、MTS の一例を提示する。

【0133】

[0117]2次変換は、2016年9月20日に出願された米国特許出願第15 / 270 , 455号および2019年3月25日に出願された米国特許出願第16 / 364 , 007号に記載されている態様を含み得る。具体的には、エンコーダ側において、2次変換が、（例えば、2 - D DCT - 2 から得られた）1次変換係数のサブセットに適用され得、ここで、この順序は、デコーダにおいて逆にされる（最初に逆2次変換が適用され、次いで1次変換が適用される）。

【0134】

10

20

30

40

50

[0118] 2次変換は、図8に示され、以下でより詳細に説明されるように、複数の2次変換の中から選択される変換を決定するために、追加のシグナリングを必要とし得る。単一の2次変換候補のみが存在する（すなわち、セットが単一の2次変換のみであり得る）場合、表12におけるMTSシグナリングに加えて追加のシグナリングは必要とされないことに留意されたい。

【0135】

[0119] 2次変換の場合、変換候補はまた、予測モード、ブロックサイズおよびブロック形状のうちの1つまたは組合せに依存し得る。

【0136】

【表12】

表12—MTS設計における分離可能変換に加えて2次変換を含む変換候補

候補	水平(H)	垂直(V)	コードワード
1	IDT	IDT	0
2	DCT-2	DCT-2	10
3	DST-7	DST-7	110
4	DCT-8	DST-7	1110
5	DST-7	DCT-8	11110
6	2次変換		11111

【0137】

8. MTS設計における分離可能変換は、IDT、DST-7、DCT-8、およびDCT-2に加えて、他のタイプのDSTおよびDCTの組合せ（例えば、DST-4およびDCT-4）を使用して構築され得る。

9. 上記の方法のうちの1つまたは組合せは、イントラ予測されたCUのために使用され得る。

10. 上記の方法のうちの1つまたは組合せは、インター予測されたCUのために使用され得る。

11. 上記の方法のうちの1つまたは組合せは、イントラ予測されたCUとインター予測されたCUとの両方のために使用され得る。

12. 上記の方法のうちの1つまたは組合せが、ルーマチャネルもしくはクロマチャネルまたは両方のために使用され得る。

【0138】

[0120] 図8は、2次変換をサポートする例示的なMTS設計を示す概念図である。2次変換がシグナリングされた/選ばれた場合、追加のシグナリングが、N個の可能な2次変換の中から2次変換を示すために使用され得る。すなわち、ビデオエンコーダ200は、1次変換と、1次変換に加えて2次変換が適用されるべきであることを示す第1のコードワードを符号化し、変換のセットのうちの2次変換（例えば、図8に図示されるN個の利用可能な変換のうちの1つ）を示す第2のコードワードをさらに符号化し得る。同様に、ビデオデコーダ300は、第1のコードワードを復号し、第1のコードワードが、1次変換と、2次変換が適用されるべきであることを示すことを決定し得る。したがって、ビデオデコーダ300は、第1のコードワードに応答して第2のコードワードをさらに復号し、2次変換を決定するために、第2のコードワードを使用し得る。ビデオエンコーダ200およびビデオデコーダ300は、1次変換と2次変換との両方をさらに適用し得る。

【0139】

[0121] いくつかの例では、以下でより詳細に説明されるように、2次変換は、低周波数非分離可能変換（LFNST：Low-Frequency Non-separable Transformation）で

あり得る。したがって、第 1 のコードワードは、M S T シンタックス要素と呼ばれ得、第 2 のコードワードは、L F N S T シンタックス要素と呼ばれ得る。

【 0 1 4 0 】

[0122]図 9 および図 10 は、低周波数非分離可能変換 (L F N S T) の使用を示す概念図である。L F N S T は、M T S のコーディング効率をさらに改善するために、J E M - 7 . 0 において使用され、ここで、L F N S T のインプリメンテーションは、ハイパーキューブギブンス変換 (H y G T : Hypercube-Givens Transform) に基づき、これは、米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 2 3 8 0 1 3 号、米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 0 9 4 3 1 3 号、第 2 0 1 7 / 0 2 3 8 0 1 4 号、米国特許出願第 1 6 / 3 6 4 , 0 0 7 号、ならびに米国仮特許出願第 6 2 / 6 6 8 , 1 0 5 号および第 6 2 / 8 4 9 , 6 8 9 号 (代替の設計およびさらなる詳細を説明している) に記載されている。L F N S T は、以前は非分離可能 2 次変換 (N S S T) または 2 次変換と呼ばれていたが、L F N S T 、N S S T 、および 2 次変換は、一般に同じ技法を指し得る。最近では、Koo 他、" CE6: Reduced Secondary Transform (RST) (CE6-3.1), " Joint Video Experts Team (JVET) of IT U-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, 14th Meeting, Geneva, CH, 19-27 Mar. 2019, document JVET-N0193 に記載されているように、L F N S T がドラフト V V C 規格へと採用された。

10

【 0 1 4 1 】

[0123]図 9 は、ビデオエンコーダ 2 0 0 およびビデオデコーダ 3 0 0 によって適用される L F N S T 変換を示す概念図である。L F N S T は、コーデックにおいて、分離可能変換と量子化との間に新たな段階を導入している。図 10 は、H x W ブロックの (左上の部分における) 係数のサブセットに適用される L F N S T を示す概念図である。

20

【 0 1 4 2 】

[0124]V V C ドラフト 5 は、有意なコーディング利益なしに、いくつかのエンコーダ / デコーダの複雑さを導入する以下の仕様を含む：

1) L F N S T は、変換スキップ (T S) モードを除く、任意の M T S 変換と共に使用され得る、

2) L F N S T インデックスをシグナリングするために使用されるコンテキストモデルは、M T S インデックスに依存する。例えば、ビデオコーダは、M T S インデックスに基づいて、L F N S T インデックスを C A B A C コーディングする (または他のコーディング技法の) 際に使用されるコンテキストモデルを選択し得る。コンテキストモデルは、L F N S T インデックスの第 1 のビットが特定の値を有する確率を示し得る。

30

3) L F N S T は、クロマチャネルをコーディングする際に使用され得るが、M T S は、クロマに対して規範的に (normatively) 無効にされる、

4) 4 x 4 および 8 x 8 ブロックに適用される L F N S T は、単一の段階を使用して (すなわち、単一の非分離可能変換を使用して) インプリメントされ得るが、現在のインプリメンテーションは、2 段階プロセスに基づく。

【 0 1 4 3 】

[0125]本開示は、上記の問題に対処することによって、L F N S T 設計を簡略化し得る技法を説明する。本開示で説明される L F N S T 設計は、個別に、または任意の組合せで使用され得る。

40

【 0 1 4 4 】

[0126]V V C ドラフト 5 では、L F N S T は、3 つのモードを含み、これらは、L F N S T インデックス値 0 、 1 および 2 を使用してシグナリングされ、ここで：

・ L F N S T インデックス 0 は、L F N S T プロセスをスキップすることに対応する (例えば、M T S のみが使用される) 、

・ L F N S T インデックス 1 および 2 は、ブロック (例えば、C U 、T U など) のモードおよびサイズに依存して選ばれる 2 つの変換のセットから非分離可能変換を決定するために使用される。

【 0 1 4 5 】

50

[0127]この設計に基づいて、L F N S Tは、ある特定の条件下で使用されるように制限され得る：

- ・ L F N S Tは、変換の予め定義されたセット（すなわち、ある特定のM T S候補）と共に適用され得る。したがって、L F N S Tインデックスは、予め定義されたセットからの変換が選択された場合にシグナリングされ得、このセットは、ブロック寸法（幅および高さ）に依存し得る。そうでない場合、すなわち、予め定義されたセット外の（out of）変換が選ばれた場合、L F N S Tインデックスは、ゼロであると推定（inferred）され得、その結果、L F N S Tは、スキップされる（すなわち、適用されない）。

L F N S Tの使用は、変換タイプおよび／またはM T Sインデックス／フラグおよび／またはブロック寸法に基づいて制限され得る。

10

L F N S Tは、予め定義された変換タイプおよび／またはM T Sインデックス／フラグが使用されるときに有効にされ得る。

- ・ L F N S Tは、分離可能2 - D D C T - 2が使用される場合（すなわち、D C T - 2が水平および垂直に適用される場合）、有効にされ得る

V V Cにおいて、これは、M T Sインデックス／フラグがゼロである（すなわち、2 - D D C T - 2が使用される）場合に、L F N S Tインデックスをシグナリングすることに対応し、M T Sインデックス／フラグが0とは異なる場合、L F N S Tインデックス／フラグは、シグナリングされず、ビデオデコード3 0 0によって、ゼロと推定される。

このケースでは、L F N S Tインデックス／フラグをコーディングするためのコンテキストモデルは、M T Sインデックスに依存しない。

20

L F N S Tは、変換スキップモードに対して無効にされ得る。

- ・ 変換スキップが有効にされたとき、L F N S Tプロセスはスキップされ、L F N S Tインデックス／フラグは、0と推定される。

L F N S Tインデックスのシグナリングをコーディングするためのコンテキストモデルは、M T Sインデックスに依存し得る。各M T Sインデックスについて、別個のコンテキストが、L F N S Tインデックスをコーディングするために定義され得る。

- ・ L F N S Tは、ルーマブロックのために使用され得、クロマチャネルに対して無効にされ得る。したがって、L F N S Tインデックスは、シグナリングされず、クロマチャネルについて0と推定される。

30

【0146】

[0128]したがって、本開示の1つまたは複数の技法による一例では、ビデオエンコード2 0 0は、L F N S Tインデックスのシグナリングに対する1つまたは複数の制限が現在のブロックには適用されない場合、ビデオデータの符号化された表現を備えるビットストリームに、ビデオデータの現在のブロックのためのL F N S Tインデックスを追加し得る。加えて、この例では、ビデオエンコード2 0 0は、現在のブロックのための中間データを生成するために、生成すべき現在のブロックのための残差データに変換を適用し得る。この例では、L F N S Tインデックスの値に基づいて、ビデオエンコード2 0 0は、現在のブロックのための変換係数を生成するために、中間データにL F N S Tを適用し得る。ビデオエンコード2 0 0は、ビットストリーム中に現在のブロックのための変換係数を表すデータを含め得る。

40

【0147】

[0129]本開示の1つまたは複数の技法による一例では、ビデオデコード3 0 0は、L F N S Tインデックスのシグナリングに対する1つまたは複数の制限が現在のブロックには適用されない場合、ビデオデータの符号化された表現を含むビットストリームから、ビデオデータの現在のブロックのためのL F N S Tインデックスを取得し得る。この例では、ビデオデコード3 0 0は、ビットストリーム中のデータに基づいて、変換係数のブロックを決定し得る。L F N S Tインデックスの値に基づいて、ビデオデコード3 0 0は、現在のブロックのための中間データを生成するために、変換係数のブロックに逆L F N S Tを適用し得る。ビデオデコード3 0 0は、現在のブロックのための残差データを生成するた

50

めに、現在のブロックのための中間データに変換の逆を適用し得る。この例では、ビデオデコーダ 300 は、現在のブロックのための残差データに基づいて、現在のブロックのサンプルを再構成し得る。

【0148】

[0130] 図 11A および図 11B は、2019 年 5 月 30 日の VVC テストモデル (VTM) による、例示的な 2 ステップ LFNST プロセスのインプリメンテーションを示す概念図である。この例では、LFNST は、左上領域におけるより濃い網掛けのサブブロック内で、分離可能変換係数 (例えば、MTS 係数) のサブセットに加えて (on top of a subset of separable transform coefficients) 適用される。この 2 ステップ手順は、図 11A のブロック形状 / サイズでは回避できない場合がある。しかしながら、図 11B に示されるような、 4×4 および 8×8 ブロックの場合、LFNST 変換サイズと分離可能変換サイズとが揃っている (すなわち、LFNST 変換および分離可能変換のサポートは、濃い網掛けのブロック内の同じ係数ロケーション / 位置を含み得る)。このケースでは、この変換プロセスは、以下のように単一の段階の非分離可能変換に低減され得る：

- 2 段階で LFNST を適用する代わりに (例えば、分離可能変換と共に LFNST を適用する代わりに)、ビデオエンコーダ 200 およびビデオデコーダ 300 は、1 段階で非分離可能変換から係数を直接取得し得る。例えば：

4×4 のケースについては、16 長の非分離可能変換が使用され、これは、行列 - ベクトル乗算としてインプリメントされ得る。

8×8 のケースについては、64 長の非分離可能変換が使用され、これもまた、行列 - ベクトル乗算としてインプリメントされ得る。

- さらに、ゼロアウト方式 (zero-out scheme) (例えば、米国仮特許出願第 62 / 849,689 号に記載されている) が、行列ベースのインプリメンテーションに必要とされる乗算の数を低減するために使用され得る。

ゼロアウト方式では、最初の K 個の最も低い周波数係数 (the first K lowest-frequency coefficients) が計算される必要があり得、残りの変換係数は、規範的にゼロアウトされ得る (すなわち、ビデオエンコーダ 200 とビデオデコーダ 300 との両方において、ゼロであると仮定される)。

K の値は、ブロックサイズに依存し得る。例えば：

・ 4×4 ブロックの場合、K は 8 であり得、したがって、残りの 8 個の係数は、規範的にゼロアウトされる。

・ 8×8 ブロックの場合、K は 8 であり得、したがって、残りの 56 個の係数は、規範的にゼロアウトされる。

・ 8×8 ブロックの場合、K は 16 であり得、したがって、残りの 48 個の係数は、規範的にゼロアウトされる。

- LFNST は、 4×4 および 8×8 の場合、単一の段階の非分離可能変換としてインプリメントされ得、他のケースでは、LFNST は、米国仮特許出願第 62 / 337,736 号に記載されているような 2 ステッププロセスとしてインプリメントされ得る。

【0149】

[0131] 本開示の技法による一例では、ビデオエンコーダ 200 は、ビデオデータの第 1 のブロックのための残差データを決定し得る。加えて、ビデオエンコーダ 200 は、ビデオデータの第 2 のブロックのための残差データを決定し得る。第 1 のブロックの幅が第 1 のブロックの高さに等しいことに基づいて、ビデオエンコーダ 200 は、第 1 のブロックのための変換係数を生成するために、第 1 のブロックのための残差データに非分離可能変換を適用し、ビデオデータの符号化された表現を含むビットストリーム中に、第 1 のブロックのための変換係数を表すデータを含め得る。この例では、第 2 のブロックの幅が第 2 のブロックの高さに等しくないことに基づいて、ビデオエンコーダ 200 は、第 2 のブロックのための中間データを生成するために、第 2 のブロックのための残差データに変換を適用し、第 2 のブロックのための変換係数を生成するために、第 2 のブロックのための中間データに LFNST を適用し、ビットストリーム中に、第 2 のブロックのための変換係

数を表すデータを含め得る。

【 0 1 5 0 】

[0132]本開示の技法による別の例では、ビデオデコーダ 3 0 0 は、ビデオデータの符号化された表現を含むビットストリーム中の第 1 のデータに基づいて、ビデオの第 1 のブロックのための変換係数を決定し得る。さらに、ビデオデコーダ 3 0 0 は、ビットストリーム中の第 2 のデータに基づいて、ビデオデータの第 2 のブロックのための変換係数を決定し得る。第 1 のブロックの幅が第 1 のブロックの高さに等しいことに基づいて、ビデオデコーダ 3 0 0 は、第 1 のブロックのための残差データを生成するために、第 1 のブロックのための変換係数に非分離可能変換の逆を適用し、第 1 のブロックのための残差データに基づいて、第 1 のブロックのサンプルを再構成し得る。この例では、第 2 のブロックの幅が第 2 のブロックの高さに等しくないことに基づいて、ビデオデコーダ 3 0 0 は、第 2 のブロックのための中間データを生成するために、第 2 のブロックのための変換係数に逆変換を適用し、第 2 のブロックのための残差データを生成するために、第 2 のブロックのための中間データに L F N S T の逆を適用し、第 2 のブロックのための残差データに基づいて、第 2 のブロックのサンプルを再構成し得る。

10

【 0 1 5 1 】

[0133]図 1 2 は、本開示の技法を実行し得る例示的なビデオエンコーダ 2 0 0 を示すブロック図である。図 1 2 は、説明を目的として提供されており、本開示において広く実証および説明される技法を限定するものとみなされるべきではない。説明を目的として、本開示は、H E V C ビデオコーディング規格および開発中の H . 2 6 6 / V V C ビデオコーディング規格などのビデオコーディング規格のコンテキストにおいて、ビデオエンコーダ 2 0 0 を説明する。しかしながら、本開示の技法は、これらのビデオコーディング規格に限定されず、一般にビデオ符号化および復号に適用可能である。

20

【 0 1 5 2 】

[0134]図 1 2 の例では、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、ビデオデータメモリ 2 3 0、モード選択ユニット 2 0 2、残差生成ユニット 2 0 4、変換処理ユニット 2 0 6、量子化ユニット 2 0 8、逆量子化ユニット 2 1 0、逆変換処理ユニット 2 1 2、再構成ユニット 2 1 4、フィルタユニット 2 1 6、復号ピクチャバッファ (D P B) 2 1 8、およびエントロピー符号化ユニット 2 2 0 を含む。図 1 2 は、上記の図 4 に示されるように、本開示の技法に従って、変換処理ユニット 2 0 6 および逆変換処理ユニット 2 1 2 がそこから変換を選択する変換バンクをさらに含み得る。同様に、図 4 に示されるように、変換処理ユニット 2 0 6 は、選択された変換のインジケーションをエントロピー符号化ユニット 2 2 0 に提供し得、これは、本開示の技法に従って、M T S 方式のための様々な変換のうちのどれがビデオデータの現在のブロックのために選択されるかを表すデータを符号化し得る。

30

【 0 1 5 3 】

[0135]ビデオデータメモリ 2 3 0 は、ビデオエンコーダ 2 0 0 の構成要素によって符号化されるべきビデオデータを記憶し得る。ビデオエンコーダ 2 0 0 は、例えば、ビデオソース 1 0 4 (図 1) から、ビデオデータメモリ 2 3 0 に記憶されたビデオデータを受信し得る。D P B 2 1 8 は、ビデオエンコーダ 2 0 0 による後続のビデオデータの予測において使用するための参照ビデオデータを記憶する参照ピクチャメモリとして機能し得る。ビデオデータメモリ 2 3 0 および D P B 2 1 8 は、同期 D R A M (S D R A M) を含むダイナミックランダムアクセスメモリ (D R A M)、磁気抵抗 R A M (M R A M)、抵抗 R A M (R R A M (登録商標))、または他のタイプのメモリデバイスなどの、様々なメモリデバイスのうちの任意のものによって形成され得る。ビデオデータメモリ 2 3 0 および D P B 2 1 8 は、同じメモリデバイスまたは別個のメモリデバイスによって提供され得る。様々な例では、ビデオデータメモリ 2 3 0 は、例示されるように、ビデオエンコーダ 2 0 0 の他の構成要素とともにオンチップであり得、またはそれらの構成要素に対してオフチップであり得る。

40

【 0 1 5 4 】

[0136]本開示では、ビデオデータメモリ 2 3 0 への参照は、そのように明記されていない

50

い限り、ビデオエンコーダ 200 の内部にあるメモリに、またはそのように明記されていない限り、ビデオエンコーダ 200 の外部にあるメモリに、限定されると解釈されるべきではない。むしろ、ビデオデータメモリ 230 への参照は、ビデオエンコーダ 200 が符号化のために受信するビデオデータ（例えば、符号化されるべき現在のブロックについてのビデオデータ）を記憶する参照メモリとして理解されるべきである。図 1 のメモリ 106 はまた、ビデオエンコーダ 200 の様々なユニットからの出力の一時記憶（temporary storage）を提供し得る。

【0155】

[0137] 図 12 の様々なユニットは、ビデオエンコーダ 200 によって実行される動作の理解を助けるために例示される。これらユニットは、固定機能回路、プログラマブル回路、またはこれらの組合せとしてインプリメントされ得る。固定機能回路は、特定の機能を提供する回路を指し、実行され得る動作で予め設定されている。プログラマブル回路は、様々なタスクを実行するようにプログラムされ得る回路を指し、実行され得る動作において柔軟な機能を提供する。例えば、プログラマブル回路は、ソフトウェアまたはファームウェアの命令によって定義された方法でプログラマブル回路を動作させるソフトウェアまたはファームウェアを実行し得る。固定機能回路は、（例えば、パラメータを受け取るまたはパラメータを出力するために）ソフトウェア命令を実行し得るが、固定機能回路が実行する動作のタイプは、一般に変更不可能である。いくつかの例では、これらユニットのうちの 1 つまたは複数は、個別の回路ブロック（固定機能またはプログラマブル）であり得、いくつかの例では、1 つまたは複数のユニットは、集積回路であり得る。

【0156】

[0138] ビデオエンコーダ 200 は、プログラマブル回路から形成された、演算論理ユニット（ALU）、初等関数ユニット（EFU）、デジタル回路、アナログ回路、および / またはプログラマブルコアを含み得る。ビデオエンコーダ 200 の動作が、プログラマブル回路によって実行されるソフトウェアを使用して実行される例では、メモリ 106（図 1）が、ビデオエンコーダ 200 が受信および実行するソフトウェアのオブジェクトコードを記憶し得るか、またはビデオエンコーダ 200 内の別のメモリ（図示せず）が、そのような命令を記憶し得る。

【0157】

[0139] ビデオデータメモリ 230 は、受信されたビデオデータを記憶するように構成される。ビデオエンコーダ 200 は、ビデオデータメモリ 230 からビデオデータのピクチャを取り出し、ビデオデータを残差生成ユニット 204 およびモード選択ユニット 202 に提供し得る。ビデオデータメモリ 230 内のビデオデータは、符号化されるべき生のビデオデータであり得る。

【0158】

[0140] モード選択ユニット 202 は、動き推定ユニット 222、動き補償ユニット 224、およびイントラ予測ユニット 226 を含む。モード選択ユニット 202 は、他の予測モードに従ってビデオ予測を実行するための追加の機能ユニットを含み得る。例として、モード選択ユニット 202 は、パレットユニット、イントラブロックコピーユニット（これは、動き推定ユニット 222 および / または動き補償ユニット 224 の一部であり得る）、アフィンユニット、線形モデル（LM）ユニット、または同様のものを含み得る。

【0159】

[0141] モード選択ユニット 202 は、一般に、複数の符号化パスを調整して、符号化パラメータの組合せと、そのような組合せについての結果として得られるレート歪み値とをテストする。符号化パラメータは、CTU の CU への区分、CU のための予測モード、CU の残差データのための変換タイプ、CU の残差データのための量子化パラメータなどを含み得る。モード選択ユニット 202 は、最終的に、他のテストされた組合せよりも良好なレート歪み値を有する符号化パラメータの組合せを選択し得る。

【0160】

[0142] ビデオエンコーダ 200 は、ビデオデータメモリ 230 から取り出されたピクチャ

10

20

30

40

50

ヤを一連のCTUに区分し、スライス内に1つまたは複数のCTUをカプセル化し得る。モード選択ユニット202は、上記で説明されたHEVCの4分木構造またはQTBT構造などのツリー構造に従って、ピクチャのCTUを区分し得る。上記で説明されたように、ビデオエンコーダ200は、ツリー構造に従ってCTUを区分することから1つまたは複数のCUを形成し得る。このようなCUは、一般に「ビデオブロック」または「ブロック」とも呼ばれ得る。

【0161】

[0143]一般に、モード選択ユニット202はまた、現在のブロック（例えば、現在のCU、またはHEVCでは、PUとTUとの重複部分）についての予測ブロックを生成するように、その構成要素（例えば、動き推定ユニット222、動き補償ユニット224、およびイントラ予測ユニット226）を制御する。現在のブロックのインター予測のために、動き推定ユニット222は、1つまたは複数の参照ピクチャ（例えば、DPB218に記憶された1つまたは複数の以前にコーディングされたピクチャ）内の、1つまたは複数の密接にマッチする参照ブロックを識別するために、動き探索を実行し得る。特に、動き推定ユニット222は、例えば、絶対差分和（SAD）、2乗差分和（SSD）、平均絶対差分（MAD）、平均2乗差分（MSD）、または同様のものに従って、潜在的な参照ブロックが現在のブロックにどれだけ類似しているかを表す値を算出し得る。動き推定ユニット222は、一般に、現在のブロックと考慮されている参照ブロックとの間のサンプルごとの差分を使用して、これらの算出を実行し得る。動き推定ユニット222は、現在のブロックに最も密接にマッチする参照ブロックを示す、これらの算出の結果として生じる最低値を有する参照ブロックを識別し得る。

【0162】

[0144]動き推定ユニット222は、現在のピクチャ内の現在のブロックの位置に対する参照ピクチャ内の参照ブロックの位置を定義する、1つまたは複数の動きベクトル（MV）を形成し得る。次いで、動き推定ユニット222は、動きベクトルを動き補償ユニット224に提供し得る。例えば、単方向インター予測の場合、動き推定ユニット222は、単一の動きベクトルを提供し得る一方で、双方向インター予測の場合、動き推定ユニット222は、2つの動きベクトルを提供し得る。次いで、動き補償ユニット224は、動きベクトルを使用して予測ブロックを生成し得る。例えば、動き補償ユニット224は、動きベクトルを使用して参照ブロックのデータを取り出し得る。別の例として、動きベクトルが分数サンプル精度（fractional sample precision）を有する場合、動き補償ユニット224は、1つまたは複数の補間フィルタに従って、予測ブロックの値を補間し得る。さらに、双方向インター予測の場合、動き補償ユニット224は、それぞれの動きベクトルによって識別された2つの参照ブロックについてのデータを取り出し、例えば、サンプルごとの平均化または重み付け平均化を通じて、取り出されたデータを組み合わせ得る。

【0163】

[0145]別の例として、イントラ予測、またはイントラ予測コーディングの場合、イントラ予測ユニット226は、現在のブロックに隣接するサンプルから予測ブロックを生成し得る。例えば、方向性モードの場合、イントラ予測ユニット226は、一般に、隣接サンプルの値を数学的に組み合わせ、これらの算出された値を現在のブロックにわたって定義された方向にポピュレートして（populate）、予測ブロックを生成し得る。別の例として、DCモードの場合、イントラ予測ユニット226は、現在のブロックに対する隣接サンプルの平均を算出し、予測ブロックの各サンプルについてのこの結果として得られる平均を含むように予測ブロックを生成し得る。

【0164】

[0146]モード選択ユニット202は、予測ブロックを残差生成ユニット204に提供する。残差生成ユニット204は、ビデオデータメモリ230から現在のブロックの生のコーディングされていないバージョンを受信し、モード選択ユニット202から予測ブロックを受信する。残差生成ユニット204は、現在のブロックと予測ブロックとの間のサンプルごとの差分を算出する。結果として得られるサンプルごとの差分は、現在のブロック

についての残差ブロックを定義する。いくつかの例では、残差生成ユニット 204 はまた、残差差分パルスコード変調 (RDP CM: residual differential pulse code modulation) を使用して残差ブロックを生成するために、残差ブロック中のサンプル値間の差分を決定し得る。いくつかの例では、残差生成ユニット 204 は、バイナリ減算を実行する 1 つまたは複数の減算器回路を使用して形成され得る。

【0165】

[0147]モード選択ユニット 202 が CU を PU に区分する例では、各 PU は、ルーマ予測ユニットおよび対応するクロマ予測ユニットに関連付けられ得る。ビデオエンコーダ 200 およびビデオデコーダ 300 は、様々なサイズを有する PU をサポートし得る。上記で示されたように、CU のサイズは、CU のルーマコーディングブロックのサイズを指し得、PU のサイズは、PU のルーマ予測ユニットのサイズを指し得る。特定の CU のサイズが $2N \times 2N$ であると仮定すると、ビデオエンコーダ 200 は、イントラ予測の場合、 $2N \times 2N$ または $N \times N$ の PU サイズ、およびインター予測の場合、 $2N \times 2N$ 、 $2N \times N$ 、 $N \times 2N$ 、 $N \times N$ 、または同様の対称 PU サイズをサポートし得る。ビデオエンコーダ 200 およびビデオデコーダ 300 はまた、インター予測の場合、 $2N \times nU$ 、 $2N \times nD$ 、 $nL \times 2N$ 、および $nR \times 2N$ の PU サイズについての非対称区分をサポートし得る。

10

【0166】

[0148]モード選択ユニットが CU を PU にそれ以上区分しない例では、各 CU は、ルーマコーディングブロックおよび対応するクロマコーディングブロックに関連付けられ得る。上記のように、CU のサイズは、CU のルーマコーディングブロックのサイズを指し得る。ビデオエンコーダ 200 およびビデオデコーダ 300 は、 $2N \times 2N$ 、 $2N \times N$ 、または $N \times 2N$ の CU サイズをサポートし得る。

20

【0167】

[0149]ほんの一例として、イントラブロックコピーモードコーディング、アフィンモードコーディング、および線形モデル (LM) モードコーディングなどの他のビデオコーディング技法の場合、モード選択ユニット 202 は、これらコーディング技法に関連付けられたそれぞれのユニットを介して、符号化されている現在のブロックのための予測ブロックを生成する。パレットモードコーディングなどのいくつかの例では、モード選択ユニット 202 は、予測ブロックを生成せず、代わりに、選択されたパレットに基づいてブロックを再構成する方法を示すシンタックス要素を生成し得る。このようなモードでは、モード選択ユニット 202 は、これらのシンタックス要素をエントロピー符号化ユニット 220 に提供して、符号化されるようにし得る。

30

【0168】

[0150]上記で説明されたように、残差生成ユニット 204 は、現在のブロックについてのビデオデータと、対応する予測ブロックとを受信する。次いで、残差生成ユニット 204 は、現在のブロックについての残差ブロックを生成する。残差ブロックを生成するために、残差生成ユニット 204 は、予測ブロックと現在のブロックとの間のサンプルごとの差分を算出する。

【0169】

40

[0151]変換処理ユニット 206 は、変換係数のブロック (本明細書では「変換係数ブロック」と呼ばれる) を生成するために、残差ブロックに 1 つまたは複数の変換を適用する。変換処理ユニット 206 は、変換係数ブロックを形成するために、残差ブロックに様々な変換を適用し得る。例えば、変換処理ユニット 206 は、残差ブロックに、離散コサイン変換 (DCT)、方向性変換、カルーネンレーベ変換 (KLT)、または概念的に同様の変換を適用し得る。いくつかの例では、変換処理ユニット 206 は、残差ブロックに複数の変換、例えば、回転変換などの 1 次変換および 2 次変換を実行し得る。いくつかの例では、変換処理ユニット 206 は、残差ブロックに変換を適用しない。

【0170】

[0152]本開示の技法によれば、変換処理ユニット 206 は、1 次変換と 2 次変換との両

50

方を含む変換方式（例えば、M T S方式）を選択し得る。1次変換は、様々なD C Tおよび/またはD S Tのうちの1つなどの、水平変換および垂直変換を含む分離可能変換であり得る。2次変換は、L F N S Tであり得る。変換処理ユニット206は、追加として、選択された変換方式のインジケーションと、選択された変換方式が2次変換を含む場合は、選択された2次変換のインジケーションとをエンтроピー符号化ユニット220に提供し得る。エンтроピー符号化ユニット220は、順に、選択された変換方式を表す第1のコードワードを符号化し得る（これはまた、選択された変換方式が2次変換を含むかどうかを示し得る）。選択された変換方式がL F N S Tなどの2次変換を含む場合、エンтроピー符号化ユニット220は、選択された2次変換を表す第2のコードワードをさらに符号化し得る。ビデオエンコーダ200は、例えば、上記で説明されたように、1次変換がD C T - 2水平変換とD C T - 2垂直変換とを含む場合、選択された変換方式が2次変換を含むと決定し得る。さらに、変換処理ユニット206は、残差ブロックに1次変換を適用し得る。選択された変換方式が2次変換を含む場合、変換処理ユニット206はまた、1次変換に続いて2次変換を適用し得る。

【0171】

[0153]量子化ユニット208は、量子化された変換係数ブロックを生成するために、変換係数ブロックにおける変換係数を量子化し得る。量子化ユニット208は、現在のブロックに関連付けられた量子化パラメータ（Q P）値に従って、変換係数ブロックの変換係数を量子化し得る。ビデオエンコーダ200は（例えば、モード選択ユニット202を介して）、C Uに関連付けられたQ P値を調整することによって、現在のブロックに関連付けられた係数ブロックに適用される量子化の程度を調整し得る。量子化は、情報の損失をもたらし得、したがって、量子化された変換係数は、変換処理ユニット206によって生成された元の変換係数よりも低い精度を有し得る。

【0172】

[0154]逆量子化ユニット210および逆変換処理ユニット212は、変換係数ブロックから残差ブロックを再構成するために、それぞれ、量子化された変換係数ブロックに逆量子化および逆変換を適用し得る。本開示の技法によれば、逆変換処理ユニット212は、変換係数に対して、逆2次変換を適用し、次いで、逆1次変換を適用し得る。再構成ユニット214は、再構成された残差ブロックと、モード選択ユニット202によって生成された予測ブロックとに基づいて、（潜在的にある程度の歪みを伴ってではあるが）現在のブロックに対応する再構成されたブロックを生成し得る。例えば、再構成ユニット214は、再構成されたブロックを生成するために、再構成された残差ブロックのサンプルを、モード選択ユニット202によって生成された予測ブロックからの対応するサンプルに加算し得る。

【0173】

[0155]フィルタユニット216は、再構成されたブロックに対して1つまたは複数のフィルタ動作を実行し得る。例えば、フィルタユニット216は、C Uのエッジに沿ったブロックネスアーティファクトを低減するために、デブロック動作を実行し得る。いくつかの例では、フィルタユニット216の動作は、スキップされ得る。

【0174】

[0156]ビデオエンコーダ200は、再構成されたブロックをD P B 218に記憶する。例えば、フィルタユニット216の動作が必要とされない例では、再構成ユニット214が、再構成されたブロックをD P B 218に記憶し得る。フィルタユニット216の動作が必要とされる例では、フィルタユニット216が、フィルタリングされた再構成されたブロックをD P B 218に記憶し得る。動き推定ユニット222および動き補償ユニット224は、その後に符号化されるピクチャ（subsequently encoded pictures）のブロックをインター予測するために、再構成された（および潜在的にフィルタリングされた）ブロックから形成された参照ピクチャを、D P B 218から取り出し得る。加えて、イントラ予測ユニット226は、現在のピクチャ内の他のブロックをイントラ予測するために、現在のピクチャのD P B 218中の再構成されたブロックを使用し得る。

10

20

30

40

50

【 0 1 7 5 】

[0157]一般に、エントロピー符号化ユニット 2 2 0 は、ビデオエンコーダ 2 0 0 の他の機能的構成要素から受信されたシンタックス要素をエントロピー符号化し得る。例えば、エントロピー符号化ユニット 2 2 0 は、量子化ユニット 2 0 8 からの量子化された変換係数ブロックをエントロピー符号化し得る。別の例として、エントロピー符号化ユニット 2 2 0 は、モード選択ユニット 2 0 2 からの予測シンタックス要素（例えば、インター予測のための動き情報またはイントラ予測のためのイントラモード情報）をエントロピー符号化し得る。エントロピー符号化ユニット 2 2 0 は、エントロピー符号化されたデータを生成するために、ビデオデータの別の例であるシンタックス要素に対して 1 つまたは複数のエントロピー符号化オペレーションを実行し得る。例えば、エントロピー符号化ユニット 2 2 0 は、データに対して、コンテキスト適応型可変長コーディング（C A V L C）演算（operation）、C A B A C 演算、V 2 V（variable-to-variable）長コーディング演算、シンタックススペースのコンテキスト適応型バイナリ算術コーディング（S B A C）演算、確率間隔区分エントロピー（P I P E）コーディング演算、指数ゴロム符号化演算、または別のタイプのエントロピー符号化演算を実行し得る。いくつかの例では、エントロピー符号化ユニット 2 2 0 は、シンタックス要素がエントロピー符号化されないバイパスモードで動作し得る。

10

【 0 1 7 6 】

[0158]ビデオエンコーダ 2 0 0 は、スライスまたはピクチャのブロックを再構成するために必要とされるエントロピー符号化されたシンタックス要素を含むビットストリームを出力し得る。特に、エントロピー符号化ユニット 2 2 0 が、ビットストリームを出力し得る。

20

【 0 1 7 7 】

[0159]上記で説明された動作は、ブロックに関して説明されたものである。このような説明は、ルーマコーディングブロックおよび/またはクロマコーディングブロックのための動作であると理解されるべきである。上記で説明されたように、いくつかの例では、ルーマコーディングブロックおよびクロマコーディングブロックは、C U のルーマ成分およびクロマ成分である。いくつかの例では、ルーマコーディングブロックおよびクロマコーディングブロックは、P U のルーマ成分およびクロマ成分である。

【 0 1 7 8 】

30

[0160]いくつかの例では、ルーマコーディングブロックに関して実行される動作は、クロマコーディングブロックに対して繰り返される必要はない。一例として、ルーマコーディングブロックのための動きベクトル（M V）および参照ピクチャを識別するための動作は、クロマブロックのための M V および参照ピクチャを識別するために繰り返される必要はない。むしろ、ルーマコーディングブロックのための M V は、クロマブロックのための M V を決定するためにスケーリングされ得、参照ピクチャは、同じであり得る。別の例として、イントラ予測プロセスは、ルーマコーディングブロックとクロマコーディングブロックとで同じであり得る。

【 0 1 7 9 】

[0161]ビデオエンコーダ 2 0 0 は、ビデオデータを符号化するように構成されたデバイスの一例を表し、このデバイスは、ビデオデータを記憶するように構成されたメモリと、回路においてインプリメントされる 1 つまたは複数の処理ユニットとを含み、1 つまたは複数の処理ユニットは、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択（M T S）方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第 1 のコードワードをコーディングすることと、選択された変換方式は、1 次変換に加えて適用されるべき利用可能な 2 次変換のセットのうちの 2 次変換であり、利用可能な 2 次変換のセットからの 2 次変換を表す第 2 のコードワードをコーディングすることと、現在のブロックのための残差データのコーディング中に、1 次変換および 2 次変換を適用することと、を行うように構成される。

40

【 0 1 8 0 】

50

[0162]図 1 3 は、本開示の技法を実行し得る例示的なビデオデコーダ 3 0 0 を示すブロック図である。図 1 3 は、説明を目的として提供されており、本開示において広く実証および説明される技法を限定するものではない。説明を目的として、本開示は、V V C および H E V C の技法に従って説明されるビデオデコーダ 3 0 0 を説明する。しかしながら、本開示の技法は、他のビデオコーディング規格に合わせて構成されたビデオコーディングデバイスによっても実行され得る。

【 0 1 8 1 】

[0163]図 1 3 の例では、ビデオデコーダ 3 0 0 は、コーディングされたピクチャバッファ (C P B) メモリ 3 2 0、エントローピー復号ユニット 3 0 2、予測処理ユニット 3 0 4、逆量子化ユニット 3 0 6、逆変換処理ユニット 3 0 8、再構成ユニット 3 1 0、フィルタユニット 3 1 2、および復号ピクチャバッファ (D P B) 3 1 4 を含む。図 1 3 は、上記の図 4 に示されるように、本開示の技法に従って、逆変換処理ユニット 3 0 8 がそこから変換を選択する変換バンクをさらに含み得る。同様に、図 4 に示された技法とは逆に、エントローピー復号ユニット 3 0 2 は、本開示の技法に従って、M T S 方式のための様々な変換のうちのどれがビデオデータの現在のブロックのために選択されるかを表すデータを復号し、変換のインジケーションを逆変換処理ユニット 3 0 8 に提供し得る。

【 0 1 8 2 】

[0164]予測処理ユニット 3 0 4 は、動き補償ユニット 3 1 6 およびイントラ予測ユニット 3 1 8 を含む。予測処理ユニット 3 0 4 は、他の予測モードに従って予測を実行するための追加のユニットを含み得る。例として、予測処理ユニット 3 0 4 は、パレットユニット、イントラブロックコピーユニット (これは、動き補償ユニット 3 1 6 の一部を形成し得る)、アフィンユニット、線形モデル (L M) ユニット、または同様のものを含み得る。他の例では、ビデオデコーダ 3 0 0 は、より多い数の、より少ない数の、または異なる機能的構成要素を含み得る。

【 0 1 8 3 】

[0165]C P B メモリ 3 2 0 は、ビデオデコーダ 3 0 0 の構成要素によって復号されることになる、符号化されたビデオビットストリームなどのビデオデータを記憶し得る。C P B メモリ 3 2 0 に記憶されるビデオデータは、例えば、コンピュータ可読媒体 1 1 0 (図 1) から取得され得る。C P B メモリ 3 2 0 は、符号化されたビデオビットストリームからの符号化されたビデオデータ (例えば、シンタックス要素) を記憶する C P B を含み得る。また、C P B メモリ 3 2 0 は、ビデオデコーダ 3 0 0 の様々なユニットからの出力を表す一時データなど、コーディングされたピクチャのシンタックス要素以外のビデオデータを記憶し得る。D P B 3 1 4 は、一般に、ビデオデコーダ 3 0 0 が、出力し得、および / または符号化されたビデオビットストリームの後続のデータまたはピクチャを復号するときに、参照ビデオデータとして使用し得る、復号されたピクチャを記憶する。C P B メモリ 3 2 0 および D P B 3 1 4 は、同期 D R A M (S D R A M) を含むダイナミックランダムアクセスメモリ (D R A M)、磁気抵抗 R A M (M R A M)、抵抗 R A M (R R A M)、または他のタイプのメモリデバイスなどの、様々なメモリデバイスのうちの任意のものによって形成され得る。C P B メモリ 3 2 0 および D P B 3 1 4 は、同じメモリデバイスまたは別個のメモリデバイスによって提供され得る。様々な例では、C P B メモリ 3 2 0 は、ビデオデコーダ 3 0 0 の他の構成要素とともにオンチップであり得、またはそれらの構成要素に対してオフチップであり得る。

【 0 1 8 4 】

[0166]追加または代替として、いくつかの例では、ビデオデコーダ 3 0 0 は、メモリ 1 2 0 (図 1) からコーディングされたビデオデータを取り出し得る。すなわち、メモリ 1 2 0 は、C P B メモリ 3 2 0 について上記で説明されたようなデータを記憶し得る。同様に、メモリ 1 2 0 は、ビデオデコーダ 3 0 0 の機能のうちのいくつかまたは全てが、ビデオデコーダ 3 0 0 の処理回路によって実行されるソフトウェアにおいてインプリメントされるとき、ビデオデコーダ 3 0 0 によって実行されることになる命令を記憶し得る。

【 0 1 8 5 】

10

20

30

40

50

[0167]図 13 に示される様々なユニットは、ビデオデコーダ 300 によって実行される動作の理解を助けるために例示される。これらユニットは、固定機能回路、プログラマブル回路、またはこれらの組合せとしてインプリメントされ得る。図 12 と同様に、固定機能回路は、特定の機能を提供する回路を指し、実行され得る動作で予め設定されている。プログラマブル回路は、様々なタスクを実行するようにプログラムされ得る回路を指し、実行され得る動作において柔軟な機能を提供する。例えば、プログラマブル回路は、ソフトウェアまたはファームウェアの命令によって定義された方法でプログラマブル回路を動作させるソフトウェアまたはファームウェアを実行し得る。固定機能回路は、（例えば、パラメータを受け取るまたはパラメータを出力するために）ソフトウェア命令を実行し得るが、固定機能回路が実行する動作のタイプは、一般に変更不可能である。いくつかの例では、これらユニットのうちの 1 つまたは複数は、個別の回路ブロック（固定機能またはプログラマブル）であり得、いくつかの例では、1 つまたは複数のユニットは、集積回路であり得る。

10

【0186】

[0168]ビデオデコーダ 300 は、プログラマブル回路から形成される、ALU、EFU、デジタル回路、アナログ回路、および / またはプログラマブルコアを含み得る。ビデオデコーダ 300 の動作がプログラマブル回路で実行中のソフトウェアによって実行される例では、オンチップまたはオフチップメモリが、ビデオデコーダ 300 が受信および実行するソフトウェアの命令（例えば、オブジェクトコード）を記憶し得る。

【0187】

20

[0169]エントロピー復号ユニット 302 は、CPB から符号化されたビデオデータを受信し、ビデオデータをエントロピー復号して、シンタックス要素を再生し得る。予測処理ユニット 304、逆量子化ユニット 306、逆変換処理ユニット 308、再構成ユニット 310、およびフィルタユニット 312 は、ビットストリームから抽出されたシンタックス要素に基づいて、復号されたビデオデータを生成し得る。

【0188】

[0170]本開示の技法によれば、エントロピー復号ユニット 302 は、ビデオデータの現在のブロックのための復号された変換係数に適用されるべき変換方式を表す第 1 のコードワードを復号し得る。エントロピー復号ユニット 302 は、選択された変換方式が、1 次変換に加えて適用されるべき 2 次変換（例えば、LFNST）を含むかどうかをさらに決定し得る。例えば、1 次変換が DCT - 2 水平変換と DCT - 2 垂直変換とを含む場合、エントロピー復号ユニット 302 は、2 次変換も適用されるべきであると決定し得る。さらに、2 次変換が適用されるべきであると決定することに応答して、エントロピー復号ユニット 302 はまた、利用可能な 2 次変換のセットのうちの 2 次変換を表す第 2 のコードワードを復号し得る。

30

【0189】

[0171]一般に、ビデオデコーダ 300 は、ブロックごとの単位でピクチャを再構成する。ビデオデコーダ 300 は、各ブロックに対して個々に再構成動作を実行し得る（ここで、現在再構成されている、すなわち、復号されているブロックは、「現在のブロック」と呼ばれ得る）。

40

【0190】

[0172]エントロピー復号ユニット 302 は、量子化された変換係数ブロックの量子化された変換係数を定義するシンタックス要素、ならびに量子化パラメータ（QP）および / または（1 つまたは複数の）変換モードインジケーションなどの、変換情報をエントロピー復号し得る。逆量子化ユニット 306 は、量子化の程度、また同様に、逆量子化ユニット 306 が適用すべき逆量子化の程度（degree）を決定するために、量子化された変換係数ブロックに関連付けられた QP を使用し得る。逆量子化ユニット 306 は、例えば、量子化された変換係数を逆量子化するために、ビット単位の左シフト演算を実行し得る。逆量子化ユニット 306 は、それによって、変換係数を含む変換係数ブロックを形成し得る。

【0191】

50

[0173]逆量子化ユニット 306 が変換係数ブロックを形成した後、逆変換処理ユニット 308 は、現在のブロックに関連付けられた残差ブロックを生成するために、変換係数ブロックに 1 つまたは複数の逆変換を適用し得る。例えば、逆変換処理ユニット 308 は、係数ブロックに、逆 DCT、逆整数変換、逆カルーネンレーベ変換 (KLT)、逆回転変換、逆方向性変換、または別の逆変換を適用し得る。変換方式が 2 次変換を含む場合、逆量子化ユニット 306 は、1 次変換を適用するより前に 2 次変換を適用し得る。

【0192】

[0174]さらに、予測処理ユニット 304 は、エントロピー復号ユニット 302 によってエントロピー復号された予測情報シンタックス要素に従って、予測ブロックを生成する。例えば、現在のブロックがインター予測されることを予測情報シンタックス要素が示す場合、動き補償ユニット 316 が、予測ブロックを生成し得る。このケースでは、予測情報シンタックス要素は、参照ブロックをそこから取り出す DPB 314 中の参照ピクチャ、ならびに、現在のピクチャ内の現在のブロックのロケーションに対する参照ピクチャ内の参照ブロックのロケーションを識別する動きベクトルを示し得る。動き補償ユニット 316 は、一般に、動き補償ユニット 224 (図 12) に関して説明されたのと実質的に同様の方法で、インター予測プロセスを実行し得る。

10

【0193】

[0175]別の例として、現在のブロックがイントラ予測されることを予測情報シンタックス要素が示す場合、イントラ予測ユニット 318 は、予測情報シンタックス要素によって示されるイントラ予測モードに従って、予測ブロックを生成し得る。この場合も、イントラ予測ユニット 318 は、一般に、イントラ予測ユニット 226 (図 12) に関して説明されたのと実質的に同様の方法で、イントラ予測プロセスを実行し得る。イントラ予測ユニット 318 は、DPB 314 から、現在のブロックに隣接するサンプルのデータを取り出し得る。

20

【0194】

[0176]再構成ユニット 310 は、予測ブロックおよび残差ブロックを使用して、現在のブロックを再構成し得る。例えば、再構成ユニット 310 は、現在のブロックを再構成するために、残差ブロックのサンプルを予測ブロックの対応するサンプルに加算し得る。

【0195】

[0177]フィルタユニット 312 は、再構成されたブロックに対して 1 つまたは複数のフィルタ動作を実行し得る。例えば、フィルタユニット 312 は、再構成されたブロックのエッジに沿ったブロックネスアーティファクトを低減させるために、デブロッキング動作を実行し得る。フィルタユニット 312 の動作は、必ずしも全ての例において実行される訳ではない。

30

【0196】

[0178]ビデオデコーダ 300 は、再構成されたブロックを DPB 314 に記憶し得る。上記で説明されたように、DPB 314 は、予測処理ユニット 304 に、後続の動き補償のための以前に復号されたピクチャおよびイントラ予測のための現在のピクチャのサンプルなどの、参照情報を提供し得る。さらに、ビデオデコーダ 300 は、図 1 のディスプレイデバイス 118 などの、ディスプレイデバイス上での後続の表示のために、復号されたピクチャを DPB から出力し得る。

40

【0197】

[0179]ビデオデコーダ 300 は、ビデオ復号デバイスの一例を表し、ビデオ復号デバイスは、ビデオデータを記憶するように構成されたメモリと、回路においてインプリメントされる 1 つまたは複数の処理ユニットとを含み、1 つまたは複数の処理ユニットは、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択 (MTS) 方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第 1 のコードワードをコーディングすることと、選択された変換方式は、1 次変換に加えて適用されるべき利用可能な 2 次変換のセットのうちの 2 次変換であり、利用可能な 2 次変換のセットからの 2 次変換を表す第 2 のコードワードをコーディングすることと、現在のブロックのための残差データのコーディング中に

50

、 1 次変換および 2 次変換を適用することと、を行うように構成される。

【 0 1 9 8 】

[0180]図 1 4 は、本開示の技法による、現在のブロックを符号化するための例示的な方法を示すフローチャートである。現在のブロックは、現在の C U を備え得る。ビデオエンコーダ 2 0 0 (図 1 および図 1 2) に関して説明されるが、他のデバイスが図 1 4 と同様の方法を実行するように構成され得ることが理解されるべきである。

【 0 1 9 9 】

[0181]この例では、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、最初に現在のブロックを予測する (3 5 0) 。例えば、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、現在のブロックのための予測ブロックを形成し得る。次いで、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、現在のブロックのための残差ブロックを算出し得る (3 5 2) 。残差ブロックを算出するために、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、元のコーディングされていないブロックと、現在のブロックのための予測ブロックとの間の差分を算出し得る。次いで、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、変換を選択し、選択された変換を使用し、残差ブロックの係数を量子化し得る (3 5 4) 。選択された変換は、1 次変換および / または L F N S T などの 2 次変換を含み得る。ビデオエンコーダ 2 0 0 は、選択された変換に従って、1 次変換および / または 2 次変換のいずれかまたは両方を適用し得る。

【 0 2 0 0 】

[0182]次に、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、残差ブロックの量子化された変換係数を走査し得る (3 5 6) 。走査中、または走査に続いて、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、係数、ならびに選択された変換を表すデータをエントロピー符号化し得る (3 5 8) 。例えば、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、上記で説明されたような本開示の様々な技法のうちの任意のものを使用して、変換を表すデータをエントロピー符号化し得る。ビデオエンコーダ 2 0 0 は、C A V L C または C A B A C を使用して、係数を符号化し得る。特に、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、本開示の技法に従って変換方式を選択し、本開示の技法のうちの任意のものに従って、選択された変換を表すコードワードをエントロピー符号化し得る。選択された変換方式が 2 次変換を含む場合、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、例えば、図 8 に関して上記で説明されたように、利用可能な 2 次変換のセットからの 2 次変換を表す第 2 のコードワードをさらに符号化し得る。次いで、ビデオエンコーダ 2 0 0 は、ブロックの (1 つまたは複数の) 変換および係数を表すエントロピー符号化されたデータを出力し得る (3 6 0) 。

【 0 2 0 1 】

[0183]このようにして、図 1 4 の方法は、ビデオデータを符号化する方法の一例を表し、この方法は、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択 (M T S) 方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第 1 のコードワードをコーディングすることと、選択された変換方式は、1 次変換に加えて適用されるべき利用可能な 2 次変換のセットのうちの 2 次変換であり、利用可能な 2 次変換のセットからの 2 次変換を表す第 2 のコードワードをコーディングすることと、現在のブロックのための残差データのコーディング中に、1 次変換および 2 次変換を適用することと、を含む。

【 0 2 0 2 】

[0184]図 1 5 は、本開示の技法による、ビデオデータの現在のブロックを復号するための例示的な方法を示すフローチャートである。現在のブロックは、現在の C U を備え得る。ビデオデコーダ 3 0 0 (図 1 および図 1 3) に関して説明されるが、他のデバイスが図 1 5 のものと同様の方法を実行するように構成され得ることが理解されるべきである。

【 0 2 0 3 】

[0185]ビデオデコーダ 3 0 0 は、現在のブロックに対応する残差ブロックの係数についてのエントロピーコーディングされたデータおよびエントロピーコーディングされた予測情報などの、現在のブロックについてのエントロピーコーディングされたデータを受信し得る (3 7 0) 。ビデオデコーダ 3 0 0 は、現在のブロックについての予測情報、現在のブロックのための変換を決定し、残差ブロックの係数を再生するために、エントロピーコ

10

20

30

40

50

ーディングされたデータをエントロピー復号し得る(372)。ビデオデコーダ300は、本開示の様々な技法のうちの任意のものに従って、変換情報をエントロピー復号し得る。ビデオデコーダ300は、現在のブロックのための予測ブロックを算出するために、例えば、現在のブロックについての予測情報によって示されるようなイントラ予測モードまたはインター予測モードを使用して、現在のブロックを予測し得る(374)。次いで、ビデオデコーダ300は、量子化された変換係数のブロックを作成するために、再生された係数を逆走査し得る(376)。次いで、ビデオデコーダ300は、残差ブロックを生成するために、示された変換を使用して、係数を逆量子化および逆変換し得る(378)。例えば、ビデオデコーダ300は、本開示の技法のうちの任意のものに従って適用されるべき変換を表すコードワードを復号し得る。ビデオデコーダ300は、最終的に、予測ブロックと残差ブロックとを組み合わせること(380)によって、現在のブロックを復号し得る。

10

【0204】

[0186]このようにして、図15の方法は、ビデオデータを復号する方法の一例を表し、この方法は、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択(MTS)方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第1のコードワードをコーディングすることと、選択された変換方式は、1次変換に加えて適用されるべき利用可能な2次変換のセットのうちの2次変換であり、利用可能な2次変換のセットからの2次変換を表す第2のコードワードをコーディングすることと、現在のブロックのための残差データのコーディング中に、1次変換および2次変換を適用することと、を含む。

20

【0205】

[0187]図16は、本開示の技法による、例示的なビデオ符号化方法を示すフローチャートである。例を目的として、図16の方法は、図1および図12のビデオエンコーダ200に関して説明されるが、他のビデオエンコーダがこの方法または同様の方法を実行するように構成され得ることが理解されるべきである。

【0206】

[0188]最初に、ビデオエンコーダ200は、1次変換と2次変換とを含む変換方式を選択し得る(400)。モード選択ユニット202はまた、利用可能な2次変換のセットから2次変換を選択し得る(402)。例えば、モード選択ユニット202は、ビデオエンコーダ200の様々な構成要素に、様々な変換方式をテストすることを含む、様々な符号化パスを実行させ得る。モード選択ユニット202は、レート歪みメトリックを算出し、1次変換と選択された2次変換とを含む選択された変換方式が、最良のテストされたレート歪み特性をもたらすと決定し得る。

30

【0207】

[0189]次いで、ビデオエンコーダ200は、選択された変換方式を表す第1のコードワードを符号化し得る(404)。加えて、ビデオエンコーダ200は、選択された2次変換方式を表す第2のコードワードを符号化し得る(406)。特に、エントロピー符号化ユニット220は、第1のコードワードと第2のコードワードとをエントロピー符号化し得る。

【0208】

40

[0190]次いで、ビデオエンコーダ200は、残差ブロックに1次変換を適用し得る(408)。特に、変換処理ユニット206は、残差ブロックに1次変換を適用し得、変換係数の変換ブロックを生成する。ビデオエンコーダ200(特に、変換処理ユニット206)はまた、変換ブロックに2次変換を適用し得る(410)。

【0209】

[0191]このようにして、図16の方法は、ビデオデータを符号化する方法の一例を表し、この方法は、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択(MTS)方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第1のコードワードをコーディングすることと、選択された変換方式は、1次変換に加えて適用されるべき利用可能な2次変換のセットのうちの2次変換であり、利用可能な2次変換のセットからの2次変換を

50

表す第2のコードワードをコーディングすることと、現在のブロックのための残差データのコーディング中に、1次変換および2次変換を適用することと、を含む。

【0210】

[0192]図17は、本開示の技法による、例示的なビデオ復号方法を示すフローチャートである。例を目的として、図17の方法は、図1および図13のビデオデコーダ300に関して説明されるが、他のビデオエンコーダがこの方法または同様の方法を実行するように構成され得ることが理解されるべきである。

【0211】

[0193]ビデオデコーダ300は、最初に、1次変換と2次変換との両方を含む変換方式を表す第1のコードワードを復号し得る(420)。特に、エンтроピー復号ユニット302は、第1のコードワードをエンтроピー復号し得る。ビデオデコーダ300のエンтроピー復号ユニット302はまた、利用可能な2次変換のセットにおける2次変換を表す第2のコードワードをエンтроピー復号し得る(422)。例えば、第2のコードワードは、利用可能な2次変換のセットへのインデックスとして機能し得る。

【0212】

[0194]次いで、ビデオデコーダ300は、中間変換ブロックを生成するために、変換ブロックの復号された変換係数に2次変換を適用し得る(424)。ビデオデコーダ300はまた、残差ブロックを再生するために、中間変換ブロックに1次変換を適用し得る(426)。特に、逆変換処理ユニット308は、2次変換および1次変換を適用し得る。

【0213】

[0195]このようにして、図17の方法は、ビデオデータを復号する方法の一例を表し、この方法は、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択(MTS)方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第1のコードワードをコーディングすることと、選択された変換方式は、1次変換に加えて適用されるべき利用可能な2次変換のセットのうちの2次変換であり、利用可能な2次変換のセットからの2次変換を表す第2のコードワードをコーディングすることと、現在のブロックのための残差データのコーディング中に、1次変換および2次変換を適用することと、を含む。

【0214】

[0196]例に依存して、本明細書で説明された技法のうちの任意のもののある特定の動作(act)またはイベントは、異なる順序で実行され得、追加、併合、または完全に省略され得る(例えば、全ての説明された動作またはイベントが本技法の実施に必ずしも必要ではない)ことを認識されたい。さらに、ある特定の例では、動作またはイベントは、シーケンシャル順にではなく、例えば、マルチスレッド処理、割り込み処理、または複数のプロセッサを通じて、同時並行(concurrently)に実行され得る。

【0215】

[0197]1つまたは複数の例では、説明された機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの任意の組合せでインプリメントされ得る。ソフトウェアでインプリメントされる場合、これら機能は、コンピュータ可読媒体上で1つまたは複数の命令またはコードとして記憶または送信され、ハードウェアベースの処理ユニットによって実行され得る。コンピュータ可読媒体は、データ記憶媒体などの有形の媒体に対応するコンピュータ可読記憶媒体、または、例えば、通信プロトコルに従って、1つの場所から別の場所へのコンピュータプログラムの転送を容易にする任意の媒体を含む通信媒体を含み得る。このように、コンピュータ可読媒体は、一般に、(1)非一時的である有形のコンピュータ可読記憶媒体、または(2)信号または搬送波などの通信媒体に対応し得る。データ記憶媒体は、本開示で説明された技法のインプリメンテーションのための命令、コードおよび/またはデータ構造を取り出すために、1つまたは複数のコンピュータまたは1つまたは複数のプロセッサによってアクセスされ得る任意の利用可能な媒体であり得る。コンピュータプログラム製品は、コンピュータ可読媒体を含み得る。

【0216】

[0198]限定ではなく例として、このようなコンピュータ可読記憶媒体は、RAM、RO

10

20

30

40

50

M、EEPROM（登録商標）、CD-ROMまたは他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置、または他の磁気記憶デバイス、フラッシュメモリ、あるいは、データ構造または命令の形で所望のプログラムコードを記憶するために使用され得、かつコンピュータによってアクセスされ得る、その他任意の媒体を備え得る。また、任意の接続が、厳密にはコンピュータ可読媒体と称される。例えば、命令が、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、デジタル加入者回線（DSL）、または赤外線、無線、およびマイクロ波などのワイヤレス技術を使用して、ウェブサイト、サーバ、またはその他の遠隔ソースから送信される場合には、この同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、DSL、または赤外線、無線、およびマイクロ波などのワイヤレス技術は、媒体の定義に含まれる。しかしながら、コンピュータ可読記憶媒体およびデータ記憶媒体は、接続、搬送波、信号、または他の一時的な媒体を含まないが、代わりに、非一時的な有形の記憶媒体に向けられることが理解されるべきである。本明細書で使用される場合、ディスク（disk）およびディスク（disc）は、コンパクトディスク（CD）、レーザーディスク（登録商標）、光ディスク、デジタル多目的ディスク（DVD）、フロッピー（登録商標）ディスク、およびブルーレイ（登録商標）ディスクを含み、ここでディスク（disks）は、通常磁氣的にデータを再生し、一方、ディスク（discs）は、レーザーを用いて光学的にデータを再生する。上記の組合せもまた、コンピュータ可読媒体の範囲内に含まれるべきである。

【0217】

[0199]命令は、1つまたは複数のデジタルシグナルプロセッサ（DSP）、汎用マイクロプロセッサ、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、または他の同等の集積されたまたはディスクリートロジック回路などの、1つまたは複数のプロセッサによって実行され得る。したがって、本明細書で使用される場合、「プロセッサ」という用語は、前述の構造の任意のものまたは本明細書で説明された技法のインプリメンテーションに好適なその他任意の構造を指し得る。加えて、いくつかの態様では、本明細書で説明された機能は、符号化および復号のために構成された専用のハードウェアおよび/またはソフトウェアモジュール内で提供され得、または、複合コーデックに組み込まれ得る。また、これら技法は、1つまたは複数の回路または論理要素において完全にインプリメントされ得る。

【0218】

[0200]本開示の技法は、ワイヤレスハンドセット、集積回路（IC）またはICのセット（例えば、チップセット）を含む、幅広い様々なデバイスまたは装置でインプリメントされ得る。様々な構成要素、モジュール、またはユニットは、開示された技法を実行するように構成されたデバイスの機能的な態様を強調するために、本開示において説明されているが、必ずしも異なるハードウェアユニットによる実現を必要とする訳ではない。むしろ、上記で説明されたように、様々なユニットは、コーデックハードウェアユニットにおいて組み合わせられ得るか、または、好適なソフトウェアおよび/またはファームウェアと併せて、上記で説明されたような1つまたは複数のプロセッサを含む、相互運用のハードウェアユニット（interoperative hardware units）の集合によって提供され得る。

【0219】

[0201]様々な例が説明された。これらおよび他の例は、以下の特許請求の範囲の範囲内にある。

以下に、本願出願の当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

〔C1〕 ビデオデータをコーディングする方法であって、前記方法は、

ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択（MTS）方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第1のコードワードをコーディングすることと、前記選択された変換方式は、1次変換に加えて適用されるべき利用可能な2次変換のセットのうちの2次変換であり、

前記利用可能な2次変換のセットからの前記2次変換を表す第2のコードワードをコーディングすることと、

10

20

30

40

50

前記現在のブロックのための残差データのコーディング中に、前記1次変換および前記2次変換を適用することと、
を備える、方法。

[C2] 前記変換候補のセットは、

- 1) 水平恒等変換および垂直恒等変換と、
 - 2) 離散コサイン変換(DCT) - 2水平変換およびDCT - 2垂直変換と、
 - 3) 離散サイン変換(DST) - 7水平変換およびDST - 7垂直変換と、
 - 4) DCT - 8水平変換およびDST - 7垂直変換と、
 - 5) DST - 7水平変換およびDST - 8垂直変換と、
 - 6) 第1の非分離可能変換と、
 - 7) 第2の非分離可能変換と、
- を含む、[C1]に記載の方法。

10

[C3] 前記変換候補のセットは、

- 1) 水平恒等変換および垂直恒等変換と、
 - 2) 離散コサイン変換(DCT) - 2水平変換およびDCT - 2垂直変換と、
 - 3) 離散サイン変換(DST) - 7水平変換およびDST - 7垂直変換と、
 - 4) DCT - 8水平変換およびDST - 7垂直変換と、
 - 5) DST - 7水平変換およびDST - 8垂直変換と、
 - 6) 前記利用可能な2次変換のセットのうちの前記2次変換と、
- を含む、[C1]に記載の方法。

20

[C4] 前記変換候補のセットは、離散コサイン変換(DCT) - 8水平変換およびDCT - 8垂直変換の組合せを除外する、[C1]に記載の方法。

[C5] 前記変換候補に関連付けられたコードワードはハフマンコードを備える、[C1]に記載の方法。

[C6] 前記第1のコードワードをコーディングすることは、前記現在のブロックのサイズまたは予測モードのうちの少なくとも1つに従って、前記第1のコードワードをコーディングすることを備える、[C1]に記載の方法。

[C7] 前記現在のブロックの前記サイズまたは前記予測モードのうちの少なくとも1つに従って、変換候補の異なるセットまたは前記変換候補についての異なる2値化のうちの少なくとも1つをそれぞれ含むMTS方式のセットから、前記MTS方式を選択することをさらに備える、[C6]に記載の方法。

30

[C8] 前記予測モードがイントラ予測モードであるか、またはインター予測モードであるかに従って、前記MTS方式を選択することをさらに備える、[C6]に記載の方法。

[C9] 前記現在のブロックの形状または前記現在のブロックのサイズのうちの少なくとも1つに従って、MTS方式のセットから前記MTS方式を選択することをさらに備える、[C6]に記載の方法。

[C10] 前記MTS方式のセットは、第1のサイズのブロックのための第1の数の変換候補を有する第1のMTS方式と、第2のサイズのブロックのための第2の数の変換候補を有する第2のMTS方式とを含み、前記第2の数は、前記第1の数より大きく、前記第2のサイズは、前記第1のサイズより大きい、[C9]に記載の方法。

40

[C11] 前記現在のブロックの前記サイズは、前記現在のブロックの幅または前記現在のブロックの高さのうちの少なくとも1つに従って定義される、[C6]に記載の方法。

[C12] 前記現在のブロックの形状が、正方形または長方形として定義される、[C6]に記載の方法。

[C13] 前記現在のブロックのサイズ、前記現在のブロックの形状、または前記現在のブロックのための予測モードのうちの少なくとも1つに従って、前記第1のコードワードをコーディングするためのコンテキストを決定することをさらに備える、[C1]に記載の方法。

[C14] 前記変換候補のセットは、1つまたは複数の分離可能変換候補と、1つまたは複数の非分離可能変換候補とを含む、[C1]に記載の方法。

50

〔C15〕 前記第2のコードワードは、低周波数非分離可能変換（L F N S T）シンタックス要素の値を備え、前記方法は、

前記選択された変換方式に従って、前記L F N S Tシンタックス要素の前記値がコーディングされると決定すること、

をさらに備え、

ここにおいて、前記L F N S Tシンタックス要素の前記値をコーディングすることは、前記L F N S Tシンタックス要素の前記値がコーディングされると決定することに応答して、前記L F N S Tシンタックス要素の前記値をコーディングすることを備える、

〔C1〕に記載の方法。

〔C16〕 前記第1のコードワードは、M T Sシンタックス要素を備え、前記L F N S Tシンタックス要素の前記値がコーディングされると決定することは、前記第1のコードワードに従って、前記L F N S Tシンタックス要素の前記値がコーディングされると決定することを備える、〔C15〕に記載の方法。

〔C17〕 前記L F N S Tシンタックス要素の前記値がコーディングされると決定することは、前記選択された変換方式が離散コサイン変換（D C T）- 2水平変換およびD C T - 2垂直変換を含むかどうかに従って、前記L F N S Tシンタックス要素の前記値がコーディングされると決定することを備える、〔C15〕に記載の方法。

〔C18〕 前記第1のコードワードをコーディングすることは、前記第1のコードワードを復号することを備え、

前記第2のコードワードをコーディングすることは、前記第2のコードワードを復号することを備え、

前記1次変換および前記2次変換を適用することは、

中間変換係数を生成するために、復号された変換係数に前記2次変換を適用することと、

前記現在のブロックのための残差ブロックを生成するために、前記中間変換係数に前記1次変換を適用することと、

を備える、〔C1〕に記載の方法。

〔C19〕 前記第1のコードワードをコーディングすることは、前記第1のコードワードを符号化することを備え、

前記第2のコードワードをコーディングすることは、前記第2のコードワードを符号化することを備え、

前記1次変換および前記2次変換を適用することは、

中間変換係数を生成するために、前記現在のブロックのための残差ブロックに前記1次変換を適用することと、

前記中間変換係数に前記2次変換を適用することと、

を備える、〔C1〕に記載の方法。

〔C20〕 ビデオデータをコーディングするためのデバイスであって、前記デバイスは、ビデオデータを記憶するように構成されたメモリと、

回路においてインプリメントされる1つまたは複数のプロセッサと、

を備え、前記1つまたは複数のプロセッサは、

ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択（M T S）方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第1のコードワードをコーディングすることと、前記選択された変換方式は、1次変換に加えて適用されるべき利用可能な2次変換のセットのうちの2次変換であり、

前記利用可能な2次変換のセットからの前記2次変換を表す第2のコードワードをコーディングすることと、

前記現在のブロックのための残差データのコーディング中に、前記1次変換および前記2次変換を適用することと、

を行うように構成される、デバイス。

〔C21〕 前記変換候補のセットは、

1) 水平恒等変換および垂直恒等変換と、

10

20

30

40

50

2) 離散コサイン変換 (DCT) - 2 水平変換および DCT - 2 垂直変換と、
 3) 離散サイン変換 (DST) - 7 水平変換および DST - 7 垂直変換と、
 4) DCT - 8 水平変換および DST - 7 垂直変換と、
 5) DST - 7 水平変換および DST - 8 垂直変換と、
 6) 第 1 の非分離可能変換と、
 7) 第 2 の非分離可能変換と、
 を含む、[C20] に記載のデバイス。

[C22] 前記変換候補のセットは、

1) 水平恒等変換および垂直恒等変換と、
 2) 離散コサイン変換 (DCT) - 2 水平変換および DCT - 2 垂直変換と、
 3) 離散サイン変換 (DST) - 7 水平変換および DST - 7 垂直変換と、
 4) DCT - 8 水平変換および DST - 7 垂直変換と、
 5) DST - 7 水平変換および DST - 8 垂直変換と、
 6) 前記利用可能な 2 次変換のセットのうちの前記 2 次変換と、
 を含む、[C20] に記載のデバイス。

10

[C23] 前記変換候補のセットは、離散コサイン変換 (DCT) - 8 水平変換および DCT - 8 垂直変換の組合せを除外する、[C20] に記載のデバイス。

[C24] 前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記現在のブロックのサイズまたは予測モードのうちの少なくとも 1 つに従って、前記第 1 のコードワードをコーディングするように構成される、[C20] に記載のデバイス。

20

[C25] 前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記現在のブロックのサイズ、前記現在のブロックの形状、または前記現在のブロックのための予測モードのうちの少なくとも 1 つに従って、前記第 1 のコードワードをコーディングするためのコンテキストを決定するようにさらに構成される、[C20] に記載のデバイス。

[C26] 前記第 2 のコードワードは、低周波数非分離可能変換 (LFNST) シンタックス要素の値を備え、前記 1 つまたは複数のプロセッサは、
 前記選択された変換方式に従って、前記 LFNST シンタックス要素の値がコーディングされると決定すること、
 を行うようにさらに構成され、

ここにおいて、前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記 LFNST シンタックス要素の前記値がコーディングされると決定することに対応して、前記 LFNST の前記値をコーディングするように構成される、

30

[C20] に記載のデバイス。

[C27] 前記第 1 のコードワードは、MTS シンタックス要素を備え、前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記第 1 のコードワードに従って、前記 LFNST シンタックス要素の前記値がコーディングされるかどうかを決定するように構成される、[C26] に記載のデバイス。

[C28] 前記 1 つまたは複数のプロセッサは、前記選択された変換方式が離散コサイン変換 (DCT) - 2 水平変換および DCT - 2 垂直変換を含むかどうかに従って、前記 LFNST シンタックス要素の前記値がコーディングされると決定するように構成される、[C26] に記載のデバイス。

40

[C29] 前記デバイスは、ビデオデコーダを備え、前記 1 つまたは複数のプロセッサは、

前記第 1 のコードワードを復号することと、

前記第 2 のコードワードを復号することと、

中間変換係数を生成するために、復号された変換係数に前記 2 次変換を適用することと、
 前記現在のブロックのための残差ブロックを生成するために、前記中間変換係数に前記 1 次変換を適用することと、

を行うように構成される、[C20] に記載のデバイス。

[C30] 前記デバイスは、ビデオエンコーダを備え、前記 1 つまたは複数のプロセッサ

50

サは、

前記第 1 のコードワードを符号化することと、

前記第 2 のコードワードを符号化することと、

中間変換係数を生成するために、前記現在のブロックのための残差ブロックに前記 1 次変換を適用することと、

前記中間変換係数に前記 2 次変換を適用することと、

を行うように構成される、[C 2 0] に記載のデバイス。

[C 3 1] 復号されたビデオデータを表示するように構成されたディスプレイをさらに備える、[C 2 0] に記載のデバイス。

[C 3 2] 前記デバイスは、カメラ、コンピュータ、モバイルデバイス、ブロードキャスト受信機デバイス、またはセットトップボックスのうちの 1 つまたは複数を備える、[C 2 0] に記載のデバイス。

[C 3 3] 前記デバイスは、

集積回路、

マイクロプロセッサ、または

ワイヤレス通信デバイス、

のうちの少なくとも 1 つを備える、[C 2 0] に記載のデバイス。

[C 3 4] ビデオデータをコーディングするためのデバイスであって、前記デバイスは、ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択 (M T S) 方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第 1 のコードワードをコーディングするための手段と、前記選択された変換方式は、1 次変換に加えて適用されるべき利用可能な 2 次変換のセットのうちの 2 次変換であり、

前記利用可能な 2 次変換のセットからの前記 2 次変換を表す第 2 のコードワードをコーディングするための手段と、

前記現在のブロックのための残差データのコーディング中に、前記 1 次変換および前記 2 次変換を適用するための手段と、

を備える、デバイス。

[C 3 5] 前記第 2 のコードワードは、低周波数非分離可能変換 (L F N S T) シンタックス要素の値を備え、

前記選択された変換方式に従って、前記 L F N S T シンタックス要素の前記値がコーディングされると決定するための手段、

をさらに備え、

ここにおいて、前記 L F N S T シンタックス要素の前記値をコーディングするための前記手段は、前記 L F N S T シンタックス要素の前記値がコーディングされると決定することに応答して、前記 L F N S T シンタックス要素の前記値をコーディングするための手段を備える、

[C 3 4] に記載のデバイス。

[C 3 6] 前記デバイスは、ビデオデコードを備え、

前記第 1 のコードワードをコーディングするための前記手段は、前記第 1 のコードワードを復号するための手段を備え、

前記第 2 のコードワードをコーディングするための前記手段は、前記第 2 のコードワードを復号するための手段を備え、

前記 1 次変換および前記 2 次変換を適用するための前記手段は、

中間変換係数を生成するために、復号された変換係数に前記 2 次変換を適用するための手段と、

前記現在のブロックのための残差ブロックを生成するために、前記中間変換係数に前記 1 次変換を適用するための手段と、

を備える、[C 3 4] に記載のデバイス。

[C 3 7] 命令を記憶したコンピュータ可読記憶媒体であって、前記命令は、実行されると、ビデオデータをコーディングするためのデバイスのプロセッサに、

10

20

30

40

50

ビデオデータの現在のブロックのためのマルチプル変換選択 (M T S) 方式の変換候補のセットのうちの選択された変換方式を表す第 1 のコードワードをコーディングすることと、前記選択された変換方式は、1 次変換に加えて適用されるべき利用可能な 2 次変換のセットのうちの 2 次変換であり、

前記利用可能な 2 次変換のセットからの前記 2 次変換を表す第 2 のコードワードをコーディングすることと、

前記現在のブロックのための残差データのコーディング中に、前記 1 次変換および前記 2 次変換を適用することと、

を行わせる、コンピュータ可読記憶媒体。

[C 3 8] 前記第 2 のコードワードは、低周波数非分離可能変換 (L F N S T) シンタックス要素の値を備え、

前記プロセッサに、

前記選択された変換方式に従って、前記 L F N S T シンタックス要素の前記値がコーディングされると決定すること、

を行わせる命令をさらに備え、

ここにおいて、前記プロセッサに、前記 L F N S T シンタックス要素の前記値をコーディングすることを行わせる前記命令は、前記プロセッサに、前記 L F N S T シンタックス要素の前記値がコーディングされると決定することに応答して、前記 L F N S T シンタックス要素の前記値をコーディングすることを行わせる命令を備える、

[C 3 7] に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

[C 3 9] 前記プロセッサに、前記第 1 のコードワードをコーディングすることを行わせる前記命令は、前記プロセッサに、前記第 1 のコードワードを復号することを行わせる命令を備え、

前記プロセッサに、前記第 2 のコードワードをコーディングすることを行わせる前記命令は、前記プロセッサに、前記第 2 のコードワードを復号することを行わせる命令を備え、

前記プロセッサに、前記 1 次変換および前記 2 次変換を適用することを行わせる前記命令は、前記プロセッサに、

中間変換係数を生成するために、復号された変換係数に前記 2 次変換を適用することと、

前記現在のブロックのための残差ブロックを生成するために、前記中間変換係数に前記 1 次変換を適用することと、

を行わせる命令を備える、[C 3 7] に記載のコンピュータ可読記憶媒体。

10

20

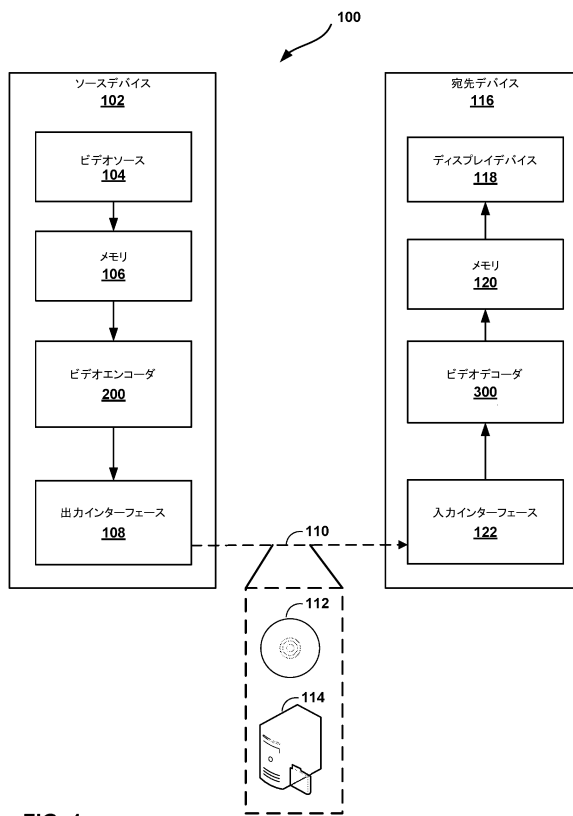
30

40

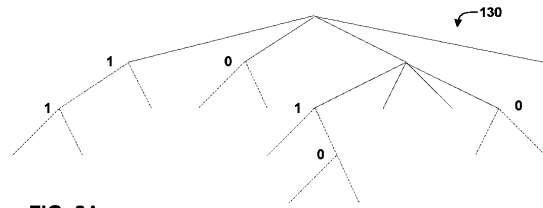
50

【図面】

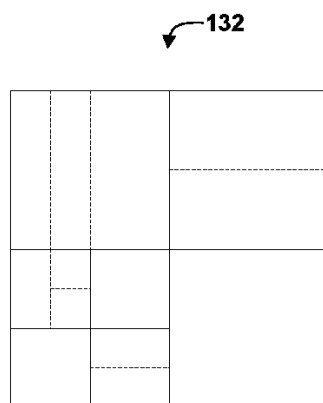
【 図 1 】



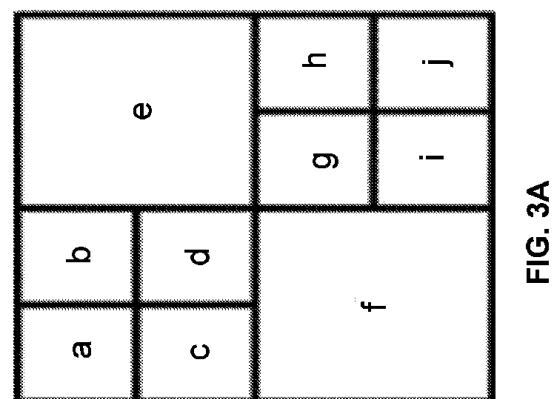
【 図 2 A 】



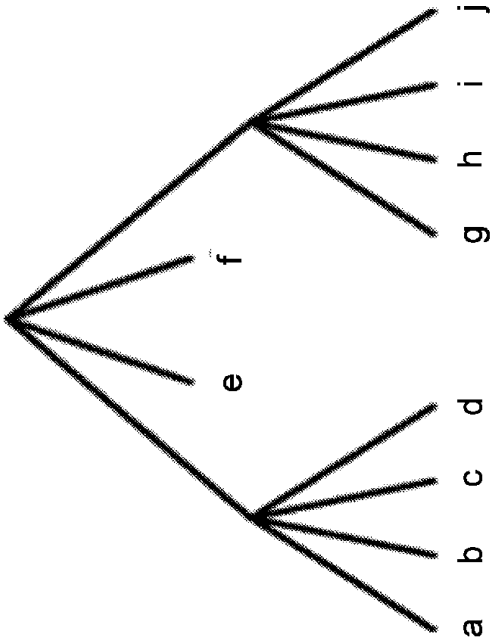
【 図 2 B 】



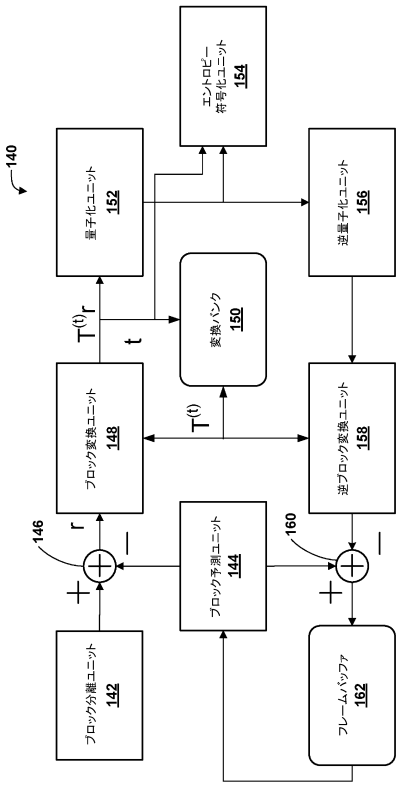
【図 3 A】



【 図 3 B 】



【 図 4 】



【 図 5 A 】

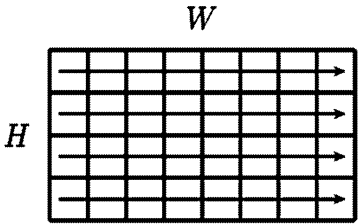


FIG. 5A

【 図 5 B 】

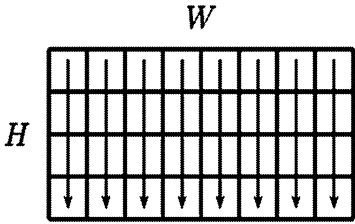


FIG. 5B

10

20

30

40

50

【 図 6 】

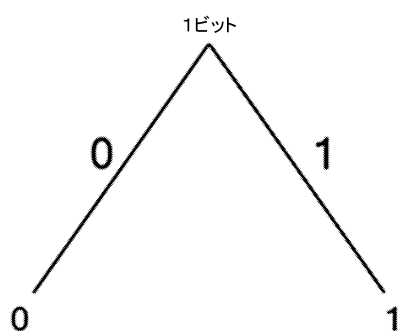


FIG. 6

【圖 7】

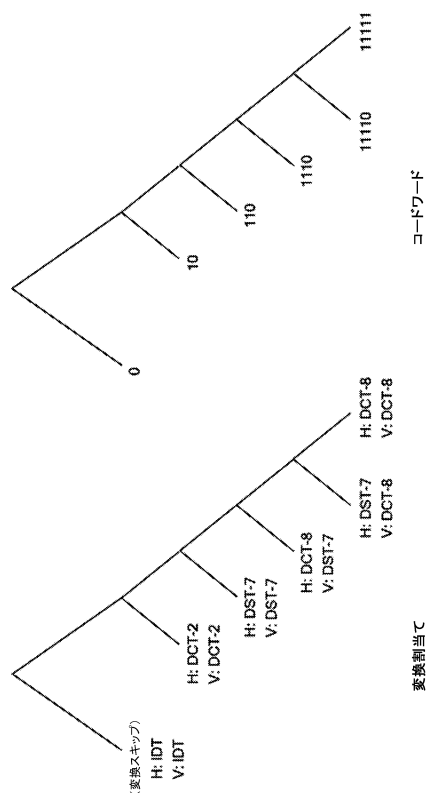


FIG. 7

【 図 8 】

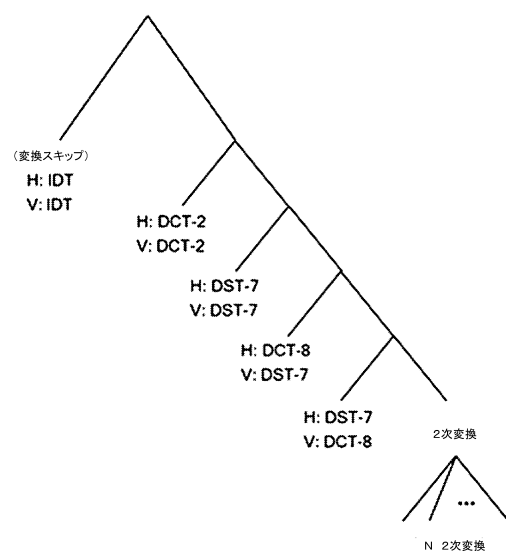


FIG. 8

【 図 9 】

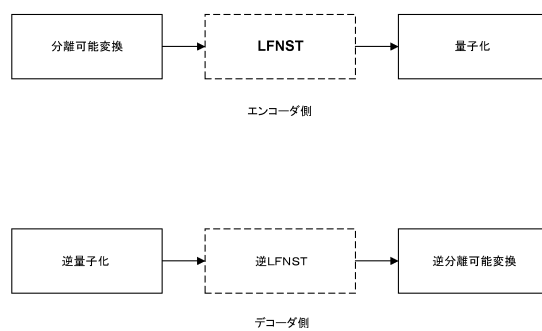


FIG. 9

【 ㄨ 1 0 】

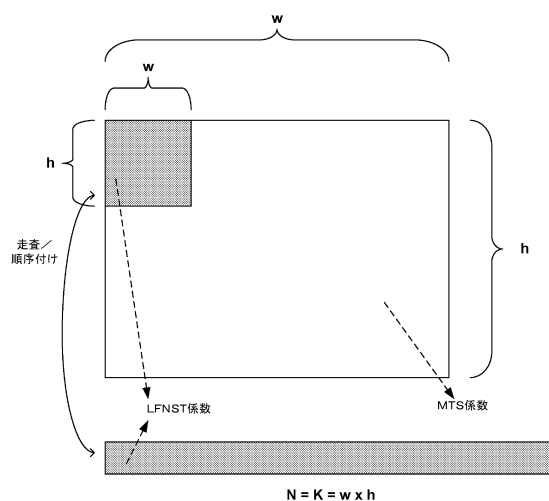


FIG. 10

【図 1 1 A】

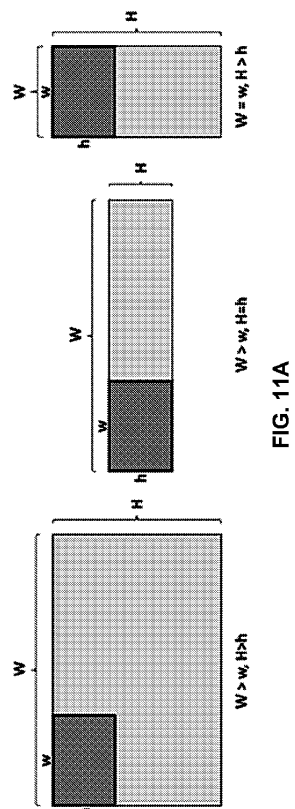


FIG. 11A

【 図 1 1 B 】

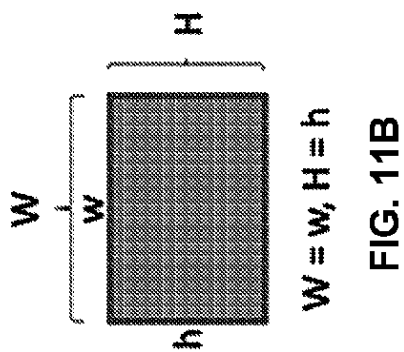


FIG. 11B

【圖 1 2】

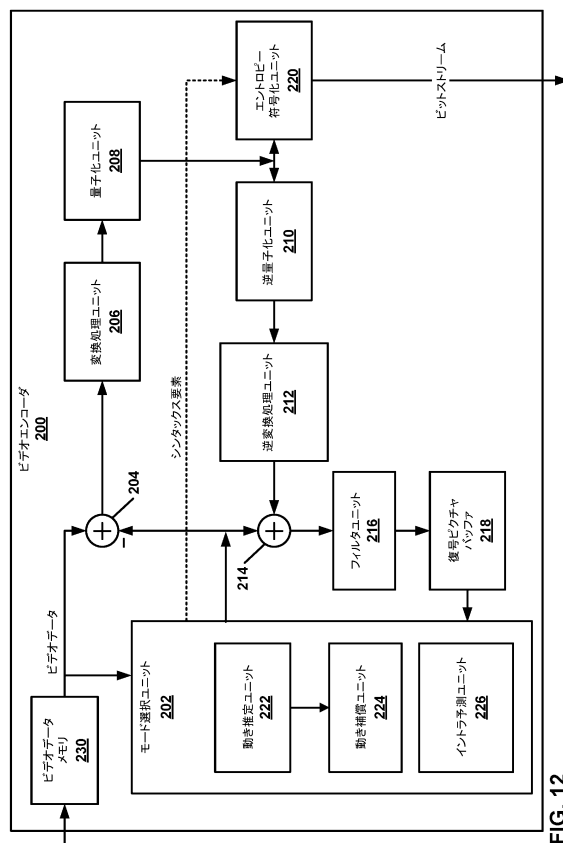


FIG. 12

【図 13】

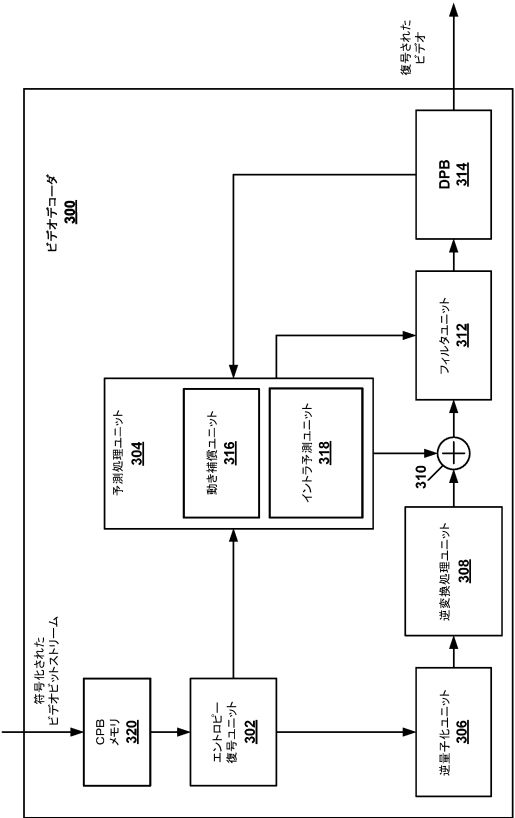


FIG. 13

【図 14】

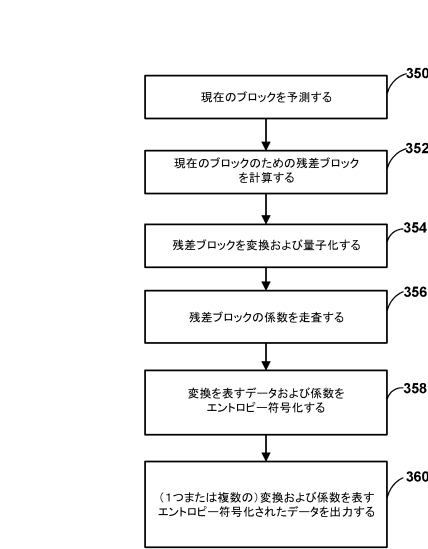


FIG. 14

【図 15】

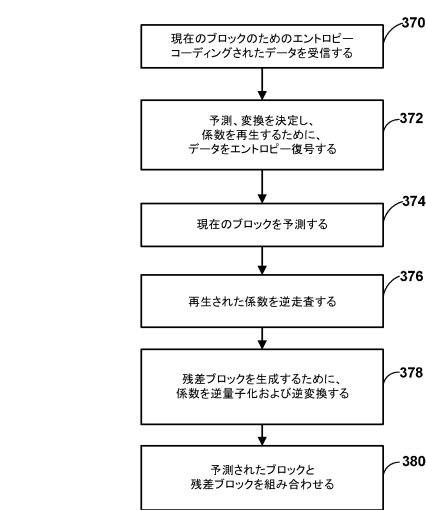


FIG. 15

【図 16】

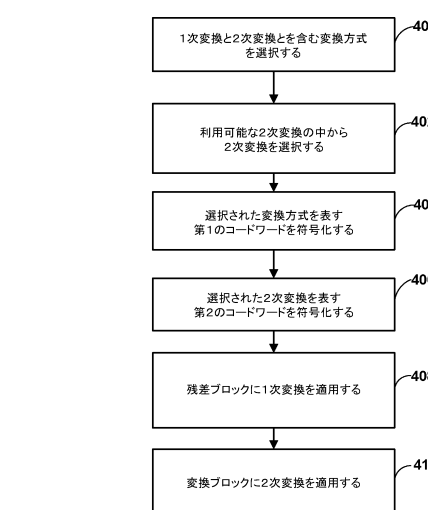


FIG. 16

10

20

30

40

50

【 図 17 】

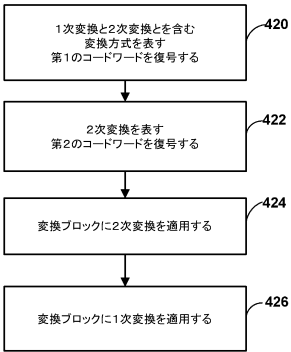


FIG. 17

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 16/838,553

(32)優先日 令和2年4月2日(2020.4.2)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(72)発明者 エイイレメゼ、ヒルミ・エネス

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 1 2 1 - 1 7 1 4、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5 7 7 5

(72)発明者 セレジン、バディム

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 1 2 1 - 1 7 1 4、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5 7 7 5

(72)発明者 サイド、アミール

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 1 2 1 - 1 7 1 4、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5 7 7 5

(72)発明者 カルチェビチ、マルタ

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 2 1 2 1 - 1 7 1 4、サン・ディエゴ、モアハウス・ドライブ 5 7 7 5

審査官 久保 光宏

(56)参考文献

国際公開第 2 0 1 9 / 0 0 9 1 2 9 (WO , A 1)

国際公開第 2 0 1 8 / 0 6 6 9 8 8 (WO , A 1)

国際公開第 2 0 1 9 / 0 2 7 3 0 2 (WO , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 0 2 0 2 1 8 (US , A 1)

Tadamasa Toma, et al. , "Description of SDR video coding technology proposal by Panasonic" , Document: JVET-J0020-v1, [online] , JVET-J0020 (version 2) , Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 , 2018年04月11日 , Pages 10 and 11 , [令和6年2月20日検索] , インターネット , URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/current_document.php?id=3444 and URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/documents/10_San%20Diego/wg11/JVET-J0020-v2.zip , (See document file "JVET-J0020-v1.docx" in the zip file "JVET-J0020-v2.zip".)

Kiyofumi Abe, et al. , "CE6: AMT and NSST complexity reduction (CE6-3.3)" , Document: JVET-K0127-v1, [online] , JVET-K0127 (version 1) , Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 , 2018年07月02日 , Pages 1-6 , [令和6年2月20日検索] , インターネット , URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/current_document.php?id=3632 and URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/documents/11_Ljubljana/wg11/JVET-K0127-v1.zip , (See document file "JVET-K0127.doc" in the zip file "JVET-K0127-v1.zip".)

Yi-Wen Chen, et al. , "Description of SDR, HDR and 360 ° video coding technology proposal by Qualcomm and Technicolor - low and high complexity versions" , Document: JVET-J0021, [online] , JVET-J0021 (version 2) , Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 , 2018年04月06日 , Pages 1-3,8,9 , [令和6年2月20日検索] , インターネット , URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/current_document.php?id=3423 and URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/documents/10_San%20Diego/wg11/JVET-J0021-v2.zip , (See document file "JVET-J0021_r1.doc" in the zip file "JVET-J0021-v2.zip".)

Hilmi E. Egilmez, et al. , "CE6.3.3: Secondary Transforms Coupled with a Simplified Primary Transformation" , Document: JVET-L0387-v2, [online] , JVET-L0387 (version 2) , Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 , 2018年09月26日 , Pages 1-5 , [令和6年2月20日検索] , インターネット , URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/current_document.php?id=3423

org/doc_end_user/current_document.php?id=4484 and URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/documents/12_Macao/wg11/JVET-L0387-v2.zip . , (See document file "JVET-L0387.docx" in the zip file "JVET-L0387-v2.zip".)

Jianle Chen, et al. , "Algorithm description for Versatile Video Coding and Test Model 2 (VT M 2)" , Document: JVET-K1002-v2, [online] , JVET-K1002 (version 3) , Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 , 2018年10月02日 , Pages 1,19-21 , [令和5年10月31日検索], インターネット, URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/current_document.php?id=4117 and URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/documents/11_Ljubljana/wg11/JVET-K1002-v3.zip . , (See document file "JVET-K1002-v2.docx" in the zip file "JVET-K1002-v3.zip".)

B. Bross, et al. , "Non-CE8: Unified Transform Type Signalling and Residual Coding for Transform Skip" , Document: JVET-M0464-v4, [online] , JVET-M0464 (version 4) , Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 , 2019年01月15日 , Pages 1-13 , [令和5年10月31日検索], インターネット, URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/current_document.php?id=5273 and URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/documents/13_Marrakech/wg11/JVET-M0464-v4.zip . , (See document file "JVET-M0464-v4.docx" in the zip file "JVET-M0464-v4.zip".)

Xin Zhao, et al. , "Coupled primary and secondary transform" , Document: JVET-J0054-v2, [online] , JVET-J0054 (version 2) , Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 , 2018年04月08日 , Pages 1-4 , [令和6年7月23日検索], インターネット, URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/current_document.php?id=3463 and URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/documents/10_San%20Diego/wg11/JVET-J0054-v2.zip . , (See document file "JVET-J0054-v2.docx" in the zip file "JVET-J0054-v2.zip".)

Jianle Chen, et al. , "Algorithm Description of Joint Exploration Test Model 2" , Document: JVET-B1001_v3, [online] , JVET-B1001 (version 3) , Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 , 2016年03月25日 , Pages 21-23 , [令和4年8月9日検索], インターネット, URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/current_document.php?id=2616 and URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/documents/2_San%20Diego/wg11/JVET-B1001-v3.zip . , (See document file "JVET-B1001_V3.doc" in the zip file "JVET-B1001-v3.zip".)

Moonmo Koo, et al. , "CE6: Reduced Secondary Transform (RST) (CE6-3.1)" , Document: JVET-N0193, [online] , JVET-N0193 (version 3) , Joint Video Experts Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 , 2019年03月16日 , Pages 1-19 , [令和5年10月31日検索], インターネット, URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/current_document.php?id=5913 and URL: https://jvet-experts.org/doc_end_user/documents/14_Geneva/wg11/JVET-N0193-v3.zip . , (See document file "JVET-N0193_r3.docx" in the zip file "JVET-N0193-v3.zip".)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

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

C S D B (日本国特許庁)

学術文献等データベース (日本国特許庁)

I E E E X p l o r e (I E E E)