

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4865796号
(P4865796)

(45) 発行日 平成24年2月1日(2012.2.1)

(24) 登録日 平成23年11月18日(2011.11.18)

(51) Int.Cl. F 1
HO4N 7/26 (2006.01) HO4N 7/13 Z

請求項の数 8 (全 19 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2008-529501 (P2008-529501) (86) (22) 出願日 平成18年8月25日 (2006.8.25) (65) 公表番号 特表2009-507440 (P2009-507440A) (43) 公表日 平成21年2月19日 (2009.2.19) (86) 国際出願番号 PCT/EP2006/008371 (87) 国際公開番号 W02007/028515 (87) 国際公開日 平成19年3月15日 (2007.3.15) 審査請求日 平成20年5月2日 (2008.5.2) (31) 優先権主張番号 102005042134.2 (32) 優先日 平成17年9月5日 (2005.9.5) (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)</p>	<p>(73) 特許権者 591037214 フラウンホッフアーゲーゼルシャフト ツ ァ フェルダールング デア アンゲヴァ ンテン フォアシュンク エー. ファオ ドイツ連邦共和国 80686 ミュンヘ ン ハンザシュトラッセ 27ツェー (74) 代理人 100079577 弁理士 岡田 全啓 (72) 発明者 フェルバー ニコラウス ドイツ連邦共和国 91052 エアラン ゲン トーマス-デーラー-シュトラッセ 28</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド符号化スキームのための符号化パラメータ決定法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハイブリッド符号化スキームによるフレームシーケンスの符号化に用いるために、N個のフレームの前記フレームシーケンスの各フレームに対して符号化パラメータに関するM個の所定の値の所定のセットから選択される値を含むハイブリッド符号化スキームの符号化パラメータの値のシーケンスを決定するための装置であって、

前記ハイブリッド符号化スキームを用いて、前記フレームシーケンスのフレームに対して歪みおよび圧縮率を設定するデータ設定手段(10)であって、

M^Nの可能なシーケンスの中の前記符号化パラメータに関する値の異なるサポーティング・シーケンスを使って前記フレームシーケンスを完全に符号化し、各サポーティング・シーケンスに対してフレームごとに完全な符号化の歪みおよび圧縮率を決定し、

前記フレームシーケンスの第2のフレームから前記フレームシーケンスのN番目のフレームまでの前記フレームシーケンスの各フレームに関して、各サポーティング・シーケンスに対して、前記フレームシーケンスの第1フレームからそれぞれのフレームまでの各フレームに関してそれぞれ各サポーティング・シーケンスと同じ値を含むがそれぞれのフレームに関する符号化パラメータに関する値のそれぞれのサポーティング・シーケンスとは異なる符号化パラメータに関する値のフラグメント・シーケンスを使って、前記フレームシーケンスの第1フレームから前記フレームシーケンスのそれぞれのフレームまでフレームシーケンスを符号化し、各フラグメント・シーケンスに関して、前記フレームシーケンスの第1フレームから前記フレームシーケンスのそれぞれのフレームまで包括的にフレ

10

20

ームごとに符号化の歪みおよび圧縮率を決定することにより歪みおよび圧縮率を設定するデータ設定手段(10)と、

前記フレームシーケンスの所定のフレームに関して、所定のフレームの決定した歪みが、それぞれのフラグメント・シーケンスを使って得られた所定のフレームに関する歪みに対して最も小さな違いを含むような前記サポータィング・シーケンスの1つに対するそれぞれのフラグメント・シーケンスの関連性の下で、所定のフレームに続く前記フレームシーケンスのフレームに対する見積もられた歪みおよび圧縮率を、前記フレームシーケンスの第1フレームから所定のフレームまでの各フレームに関してそれぞれ前記サポータィング・シーケンスの1つと同じ値を含むがそれぞれのフレームに関する符号化パラメータに関する値の所定のサポータィング・シーケンスとは異なるフラグメント・シーケンスごとに設定するデータ見積もり手段(202)と、

10

前記データ設定手段(10)によって符号化から決定される歪みおよび圧縮率、および前記データ見積もり手段(202)によって設定された見積もられた歪みおよび圧縮率に基づいて、前記ハイブリッド符号化スキームの前記符号化パラメータに対する値のシーケンスを決定する決定手段(204)とを含む、装置。

【請求項2】

前記データ設定手段(10)は、

前記ハイブリッド符号化スキームを用い、前記フレームシーケンスの各フレームに対する前記符号化パラメータに関する値の前記異なるサポータィング・シーケンスを使って前記フレームシーケンスを符号化し、各サポータィング・シーケンスに対して符号化されたフレームのシーケンスを得る符号化手段(102)と、

20

前記サポータィング・シーケンスの一つに対し得られる符号化フレームの各シーケンスの各符号化フレームに対する歪みおよび圧縮率を算定し、各サポータィング・シーケンスが、それぞれのサポータィング・シーケンスに対し得られる符号化フレームのシーケンスの前記符号化フレームの歪みおよび圧縮率に関連付けられるようにする算定手段(104)と、

前記フレームシーケンスの第2のフレームから前記フレームシーケンスのN番目のフレームまでの前記フレームシーケンスの各フレームに関して、各サポータィング・シーケンスに対して、それぞれのフレームに関するそれぞれのサポータィング・シーケンスの1つとは異なる符号化パラメータの値を用いてそれぞれのフレームの符号化を実行し、前記符号化パラメータのそれぞれの異なる値に関するそれぞれの符号化フレームの歪みおよび圧縮率を決定し設定する設定手段(106)を含む、請求項1に記載の装置。

30

【請求項3】

前記データ見積もり手段(202)は、

所定のサポータィング・シーケンスに関して、所定のサポータィング・シーケンスを用いた符号化から前記算定手段によって算定された所定のフレームの歪みを、それぞれのフレームにおける前記所定のサポータィング・シーケンスとは異なるそれぞれのフラグメント・シーケンスを用いた符号化から前記設定手段によって設定される所定のフレームの歪みと比較し、比較結果を得る比較手段(202a)を含む、請求項2に記載の装置。

40

【請求項4】

前記ハイブリッド符号化スキームはI P P P ... Pの符号化パターンを含む、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の装置。

【請求項5】

前記符号化パラメータは、前記ハイブリッド符号化スキームにおける予測誤差値の量子化に用いる量子化パラメータを規定する、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の装置。

【請求項6】

前記ハイブリッド符号化スキームを用い、前記符号化パラメータに関する値の決定されたシーケンスを使って前記フレームシーケンスを符号化する手段(30)をさらに含む、請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の装置。

50

【請求項 7】

ハイブリッド符号化スキームによるフレームシーケンスの符号化に使われる、N個のフレームの前記フレームシーケンスの各フレームに対する符号化パラメータに関するM個の所定の値の所定のセットから選択される値を含むハイブリッド符号化スキームの符号化パラメータの値のシーケンスを決定するための方法であって、

前記ハイブリッド符号化スキームを用いて、前記フレームシーケンスのフレームに対して歪みおよび圧縮率を設定するデータ設定工程であって、

M^N の可能なシーケンスの中の前記符号化パラメータに関する値の異なるサポーティング・シーケンスを使って前記フレームシーケンスを完全に符号化し、各サポーティング・シーケンスに対してフレームごとに完全な符号化の歪みおよび圧縮率を決定し、

前記フレームシーケンスの第2のフレームから前記フレームシーケンスのN番目のフレームまでの前記フレームシーケンスの各フレームに関して、前記フレームシーケンスの第1フレームから前記フレームシーケンスのそれぞれのフレームまで包括的にフレームごとに歪みおよび圧縮率を得るために、各サポーティング・シーケンスに対して、前記フレームシーケンスの第1フレームからそれぞれのフレームまでの各フレームに関して、それぞれ各サポーティング・シーケンスと同じ値を含むがそれぞれのフレームに関する符号化パラメータに関する値のそれぞれのサポーティング・シーケンスとは異なる符号化パラメータに関する値のフラグメント・シーケンスを使って、前記フレームシーケンスの第1フレームから前記フレームシーケンスのそれぞれのフレームまでフレームシーケンスを符号化し、各フラグメント・シーケンスに関して、前記フレームシーケンスの第1フレームから前記フレームシーケンスのそれぞれのフレームまで包括的にフレームごとに符号化の歪みおよび圧縮率を決定することにより歪みおよび圧縮率を設定するデータ設定工程と、

前記フレームシーケンスの所定のフレームに関して、所定のフレームの決定した歪みが、それぞれのフラグメント・シーケンスを使って得られた所定のフレームに関する歪みに対して最も小さな違いを含むような前記サポーティング・シーケンスの1つに対するそれぞれのフラグメント・シーケンスの関連性の下で、所定のフレームに続く前記フレームシーケンスのフレームに対する見積もられた歪みおよび圧縮率を、前記フレームシーケンスの第1フレームから所定のフレームまでの各フレームに関してそれぞれ前記サポーティング・シーケンスの1つと同じ値を含むがそれぞれのフレームに関する符号化パラメータに関する値の所定のサポーティング・シーケンスとは異なるフラグメント・シーケンスごとに設定する(202)データ見積もり設定工程と、

前記データ設定工程において符号化から決定される歪みおよび圧縮率、および前記データ見積もり工程において設定された見積もられた歪みおよび圧縮率に基づいて、前記ハイブリッド符号化スキームの前記符号化パラメータに対する値のシーケンスを決定する(30)工程とを含む、方法。

【請求項 8】

コンピュータ・プログラムが実行されたとき、請求項7による前記方法を実施するためのプログラム・コードを有する、コンピュータ・プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、圧縮率 歪み (compression rate - distortion) 挙動をできる限り最適化した符号化を達成するための、ハイブリッド符号化スキームを用いるフレームシーケンスの符号化に使われるハイブリッド符号化スキームの符号化パラメータの決定法に関する。

【背景技術】

【0002】

H.264/AVCなどのいわゆるハイブリッド符号化スキームは、映像圧縮設計の中では最も成功した部類であろう。動き補償予測およびその後の予測誤差ないし残差の符号化または変換は、これらの符号化スキームの基本的要素である。ハイブリッド映像符号器

10

20

30

40

50

のオペレーションには、符号化の遅延と複雑性とに関する制約を考慮しながら、圧縮率ないしレートと、歪みないし画像劣化との間で可能な最善のトレードオフを実現するための多くの決定が含まれる。しかしながら、動き補償予測を使っているために、通常、これら全ての決定は、符号化シーケンスの多くの画像ないしフレームに亘って相互に依存し合っている。

【0003】

これにより、MPEG-2、MPEG-4、またはH.264/AVCといった現在の映像コーディング規格全てに採用されているハイブリッド符号化のフレームワークが、時間を通してのコーディング決定、またはコーディング・パラメータの最適化を適用すること、すなわち、映像シーケンスのいくつかの連続するフレームまたは画像を一緒に検討する、あるいはこれらをまとめて最適化の対象にすることが非常に難しい作業となっている。現在のフレームにおける決定が、後続ないし将来のフレームのレート歪み挙動(R-D挙動)に対し大きな影響を有するという事実は、指数関数的に拡大する探索空間に依存して作動する符号化スキームをもたらす。結果として、R-D最適化は、通常、フレーム毎のベースで行われる。こういったフレーム毎のR-D最適化については、例えば、A. Ortega (オルテガ)、K. Ramchandran (ラムチャンドラン)、およびM. Vetterli (ベッターリ)、「Bit Allocation for Dependent Quantization with Applications to Multiresolution and MPEG Video Coders (多重分解能およびMPEG映像コーダへの応用のための依存型量子化に対するビット割当て)」、IEEE Transactions on Image Processing (映像処理のトランザクション)、巻3、No. 5、1994年9月; および、G. J. Sullivan (サリバン) およびT. Wiegand (ウィーガント)、「Rate-Distortion Optimization for Video Compression (映像圧縮のためのレート変形最適化)」IEEE Signal Processing 誌74~90頁、1998年11月; に記載されている。

【0004】

【非特許文献1】A. Ortega (オルテガ)、K. Ramchandran (ラムチャンドラン)、およびM. Vetterli (ベッターリ)、「Bit Allocation for Dependent Quantization with Applications to Multiresolution and MPEG Video Coders (多重分解能およびMPEG映像コーダへの応用のための依存型量子化に対するビット割当て)」、IEEE Transactions on Image Processing (映像処理のトランザクション)、巻3、No. 5、1994年9月

【非特許文献2】G. J. Sullivan (サリバン) およびT. Wiegand (ウィーガント)、「Rate-Distortion Optimization for Video Compression (映像圧縮のためのレート変形最適化)」IEEE Signal Processing 誌74~90頁、1998年11月

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

現在のフレームだけでなく、シーケンスの全体的特質を考慮するアプローチの一つは、マルチパス符号化である。第1の符号化パスではフレームシーケンスの統計量データが収集され、次いでそれが分析されて第2パスが最適化される。次に、第2パスからの結果が第3パスに使われる、といったように続く。一般的に、マルチパス符号化スキームは、利用可能なビットをフレームシーケンス全体に亘ってより合理的に配分する助力となるが、通常これらはR-Dの最適化はされない。

【0006】

本発明の目的は、妥当なコストでフレーム全体に亘ってR-D最適化ができるように、ハイブリッド符号化スキームを用いたフレームシーケンスの符号化に使われる、フレーム

10

20

30

40

50

シーケンスの各フレームに対するハイブリッド符号化スキームの符号化パラメータ値のシーケンスを決定する方法および装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この目的は、請求項1に記載の装置および請求項7に記載の方法によって達成される。

【発明の効果】

【0008】

本発明の発見は、映像符号化のためマルチパス符号化とR-D最適化とを組み合わせれば、妥当なコストでフレーム群を通してR-D最適化ないしレート歪み最適化ができるということである。本発明のさらなる発見は、まず最初に、フレームシーケンスの符号化が、符号化パラメータに関する値のサポータイング・シーケンスに対しハイブリッド符号化スキームを用いて前マルチパスにおいて実施されれば、前述の発見が実現可能であり、フレームシーケンスの各フレームの符号化のために、符号化パラメータに関する所定の値の所定のセットから選択された値を有するものである。符号化パラメータに関する所定の値の所定のセットの該所定値の数をMで表し、フレームシーケンスのフレームの数をNで表したとき、実際上は、可能な全ての M^N のパスを実施する必要はない。それどころか、本発明の発見によれば、不完全で実際はR-D最適化に対しまだ適当でなくても、追加の符号化を、フレームシーケンスの第1フレームにおける開始部などのようなフレームシーケンスの実部分シーケンス(real partial sequence)に限定しても十分である。本発明の前述のさらなる発見は、フレームシーケンスまたはしかるべく符号化されるフレーム群の将来ないし後続フレームのR-D挙動は、実際は、符号化の正確なシーケンスまたは先行フレームに使われる符号化パラメータ値にはそれほど大きく依存しておらず、主として、その前に再構築された参照フレームの品質または歪みに依存しているという観察がされたことによる。本発明によれば、継続してフレーム群の実部分シーケンスの符号化を行うため、実際の歪みないし画像品質値、およびこの実部分シーケンスに対し、符号化パラメータの対応フラグメント・シーケンスを使って得られる歪み値と類似したまたは同程度の歪み値を有する符号化からまたは前のフレームシーケンスの符号化に対する見積もりから得られる圧縮率値とを見積もることによって、この発見を活用する。

【0009】

本発明の特定の実施形態によれば、フレームシーケンスの前処理符号化は、フレームシーケンスのフレームに対し、符号化パラメータに関する値のそれぞれ異なる一組の所定セットを常を含むサポータイング・シーケンスを備えたハイブリッド符号化スキームを用い、フレームシーケンスの各フレームの符号化パラメータに関する値の異なるサポータイング・シーケンスを使って実施される。これらの前処理符号化では、ツリー構造の根元からその葉部への主パスが規定される。符号化パラメータ値のサポータイング・シーケンスを使ってフレームシーケンスを符号化する際、歪みおよび圧縮率の値の双方は、各々の現在フレームに対し、主パスの値とは別の、符号化パラメータ値の所定のセットからの値を使って算定されることになる。この結果、ツリー構造の根元からのパスは、主パス上の分岐点において主パスから末端に直接に分岐し、これにより該ツリー構造全体に亘り不完全なパスが生成される。これら不完全パスの末端における歪み値がツリー構造上の同一レベルの主パス沿いのノードにおける歪み値と対比され、これらは主パス上に「復帰」される。しかして、これらの不完全パスの末端は、移行分岐を介して、従前のツリー構造レベルから主パス上の現在のツリー構造レベルに復帰され、これにより状態移行図が得られ、これから、圧縮率と画像品質または画像歪みとの間の所望のトレードオフで、フレームシーケンスを符号化するための符号化パラメータの最適のシーケンスが得られるように最適パスを設定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以降に、添付の図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態を詳しく説明する。

【0011】

10

20

30

40

50

以下に、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明するが、これは、圧縮率/歪み率が所望の仕方ですべてとして最適化されるように、各フレームに対する最適量子化パラメータ(Q)を選定することを対象としている。このような状況において、本発明を、ハイブリッド符号化スキームの他の符号化パラメータを最適化するためにも適用できることを理解すべきであり、これについては後記でさらに詳しく説明する。

【0012】

全てのマルチパス符号化スキームと同様に、以下に説明する実施形態においても、ビットレートの変化の増大と複雑性の増加とを受け入れる必要があるが、これは、MMS(マルチメディア・メッセージ・サービス)からDVD(デジタル・ヴァーサタイル・ディスク)に亘る多くのアプリケーションに対して受容可能な制約である。というのは、本実施形態の符号化は、オフラインでまたは事前に、しかも一回行われるだけだからである。

10

【0013】

量子化パラメータ決定のオペレーションの方法を実際に説明する前に、まず、実際上の問題を再度明確にする。次に、図1~4を参照してアルゴリズムを説明し、その後、図1~4による方法をMP EG-4 SPに適用して得られた符号化の結果、並びに、該結果とさらなる周知のマルチパス符号化スキームであるDivX5.2を使って得られた結果との比較を提示する。

【0014】

ハイブリッド符号化スキームでは、フレームシーケンスの先行フレーム群の符号化およびそれに続く予測誤差の符号化からのそれぞれのフレームの動き補償予測によって、フレームシーケンスの特定のフレームの符号化を行うことになる。以下に記載する実施形態によれば、該それに続く符号化には、異なる画像のピクセル値の量子化、または異なる画像の変換係数の量子化といった量子化が含まれる。

20

【0015】

さて、問題は、特定のフレームに対する量子化パラメータの変更は、該特定フレームの歪みおよび圧縮率の変化だけでなく、予測に起因して後続のフレームの歪みおよび圧縮率の変化をも引き起こすことである。しかして、個別のフレームに対する量子化パラメータは、相互に独立して選定または最適化することはできない。むしろ、依存型符号化のため、個別のフレームに対する量子化パラメータを決定するためには、相互の影響を考慮しながら依存型の最適化を用いなければならない。

30

【0016】

簡明化のため、以下では、特に、予測フレームないしPフレームの依存型符号化の問題について検討するものとし、双方向で予測するフレームないしBフレームは簡素化のために無視し、さらにイントラ符号化されたまたはイントラ符号化可能なフレーム、ないしIフレームは、符号化中に使用しないものとするが、当然、後者は可能である。言い換えれば、以下の説明は、I P P P... Pの符号化パターン、ないしは、最初のフレームはハイブリッド符号化スキームに従ってイントラ符号化されるが、フレームシーケンスのそれ以降のフレームはP符号化ないしPフレームであり、しかしてフレームの予測および予測誤差の符号化を使って符号化される符号化パターンを有するハイブリッド符号化スキームをベースとして説明する。

40

【0017】

以下の記載において、フレーム*i*におけるレートないし圧縮率を $R(Q_1, Q_2, \dots, Q_i)$ で表し、フレーム*i*における歪みを $D(Q_1, Q_2, \dots, Q_i)$ で表すものとし、前記の Q_i は、フレーム*i*に用いられる量子化ステージの距離を表し、*i*は符号化対象のフレームシーケンス中の当該フレームの位置を示す。本実施形態によれば、*R*はフレーム*i*中のビットの数に対応し、*D*は、平均平方誤差(MSE)として測定される。言い換えれば、*R*は、フレーム*i*を符号化するために必要なビットの数に対応し、*D*は、フレーム*i*の符号化から得られる復号化フレームのピクセル全体を通しての平均平方誤差である。但し、圧縮率*R*および歪み*D*に対するほかの定義も可能なことを理解すべきである。

【0018】

50

前述の予測に起因する依存性のため、RおよびDの決定のためには、全ての先行Qすなわち先行フレームを符号化するのに使われる量子化値が既知となっているか特定されていることが必要であることを強調しておく。例えば、フレーム#2において、 $R(1, Q_2)$ $R(10, Q_2)$ であり $D(1, Q_2)$ $D(10, Q_2)$ であることを認識しなければならない。というのは、第1フレームまたは第1フレームの符号化の品質は、このフレームの符号化に使われる量子化パラメータ値 Q_1 に左右され、しかして $Q_1 = 1$ に対しては $Q_1 = 10$ に対するよりも高く、該品質は第2のフレームまたは符号化の圧縮率/歪みに大きな影響を与えるからである。

【0019】

さらに、R値とD値を一緒に取り上げる場合、または符号化状態を一般的に示す場合には、 (Q_1, Q_2, \dots, Q_i) の表示を使うものとする。

10

【0020】

しかして、解決すべき最適化の課題には、レート制約 R_{max} の下で、各フレーム*i*に対する量子化値 Q_i^* の最適選定が含まれ、これを次式で表すことができる。

$$R(Q_1) + R(Q_1, Q_2) + \dots + R(Q_1, Q_2, \dots, Q_N) < R_{max}$$

の二次条件の下で

$$\min [D(Q_1) + D(Q_1, Q_2) + \dots + D(Q_1, Q_2, \dots, Q_N)]$$

$$Q_1, Q_2, \dots, Q_N$$

【0021】

A. Ortega (オルテガ) および K. Ramchandran (ラムチャンドラン)、「Rate-Distortion Methods for Image and Video Compression (画像および映像圧縮のためのレート歪み方法)」、IEEE Signal Processing (信号処理) 誌、23~50頁、1998年11月、に記載されているように、例えば、この制約付きの最適化問題を、制約条件なしの等価の問題によって解くことができる。

20

$$\min [J(Q_1) + J(Q_1, Q_2) + \dots + J(Q_1, Q_2, \dots, Q_N)]$$

$$Q_1, Q_2, \dots, Q_N \quad (1)$$

上式の

$$J(Q_1, Q_2, \dots, Q_N) = D(Q_1, Q_2, \dots, Q_N) + R(Q_1, Q_2, \dots, Q_N)$$

30

は、ラグランジュ・コストであり、 λ は、所望の動作点、すなわち圧縮率と歪みとの間でのトレードオフを選択するために使うラグランジュ係数である。

【0022】

式(1)を解く上での問題は、探索レベルの指数関数的な拡大にある。各フレームに対しMヶの異なる量子化値を検討する場合、Nヶのフレームのシーケンスに対しては M^N の組み合わせを評価しなければならない。具体的には、データ収集段階で、フレームシーケンスを M^N 回符号化することになり、受け入れ難い複雑性が生じる。

【0023】

量子化パラメータのシーケンスの最適化に対する問題、これは後記の実施形態によってうまく処理されるのだが、これについて前記で説明したので、該実施形態の説明に先立って、以下に、フレーム・ベースで量子化パラメータQの最適化をすることがなぜ望ましいかの直感的な説明を行うことにする。例として、ほとんど静的なシナリオまたはシーンのカットを考えてみる。シーンのカット後の第1フレームが非常に高い品質で符号化されている場合、引き続き全てのフレームがその符号化決定から利点を得る。というのは、これら後続フレームは、長期間に亘りこの高品質で符号化されたフレームから単にコピーすることができるからである。従って、非常に小さなあるいは細かな量子化パラメータQが選定されるべきである。だが、カット後のシーンが複雑な動きときめ細かな構成とを含む場合、状況は全く異なってくる。この場合、第1フレームに使われるビットまたはその符号化は、後続ないし将来のフレームに対し、同じ程には有益な影響を持たないことになる。しかしながら、以下に述べる量子化パラメータ・シーケンスの決定に対する実施形態は、

40

50

長期の R - D トレードオフを評価することによってそういった状況を自動的に検知し、各々のフレームに対する最適の量子化値を選定する。

【 0 0 2 4 】

以下に、本発明の実施形態による、フレームのシーケンスを符号化するためのハイブリッド符号化スキームで使う量子化パラメータの最適なシーケンスを決定する方法を、図 1 を参照しながら説明する。量子化パラメータのシーケンスないし量子化パラメータ値は、フレームシーケンスの各フレームを符号化するために使われる量子化パラメータ値を表す。以降、該方法を、場合によって R - D 最適化マルチパス・アルゴリズム、または R D M アルゴリズムとも呼ぶ。

【 0 0 2 5 】

R D M アルゴリズムは、大まかに 3 つのステップに分けられ、これらステップもサブステップに分けられ、図 1 では後者は長方形枠内に示されており、これらは大括弧で前記 3 つの大まかなステップにまとめられている。第 1 ステップ 1 0 は、データの収集であり、このステップでは、フレームシーケンスは固定の量子化パラメータ値 Q を使って数回符号化されるが、但しその Q 値は各々のパスで違っている。第 1 ステップ 1 0 において、個々のフレームおよびその前のフレーム群に対し異なる量子化パラメータ・シーケンスを適用してそれぞれのフレームの符号化を表現しその歪みと圧縮率とから、フレームシーケンスの各フレームに対して、異なる符号化状態ないし異なるタプルが得られる。第 2 ステップ 2 0 において、このように収集された R - D データから、格子図 (trellis) ないし状態移行図が構築され、これからコスト関数を使って、最適パスないし量子化パラメータ値 Q_i^* の最適シーケンスが選定される。しかして、ステップ 2 0 は実際の最適化ステップを表している。次いで、最後のステップ 3 0 において、最適化ステップ 2 0 で得られた、各フレームに対する最適量子化パラメータ値 Q_i^* を使って、フレームシーケンスの最終的な符号化が実施され、以下に説明するように、個別ケースにおける正確さに対する制限内で、最適の R - D トレードオフによりフレームシーケンスの符号化が得られる。

【 0 0 2 6 】

言い換えれば、第 1 ステップ 1 0 および第 2 ステップ 2 0 の両方は、最適量子化パラメータ値のシーケンスの実際上の決定を表しており、一方ステップ 3 0 は、当該量子化パラメータ値シーケンスを使った最終符号化のステップだけを表している。この理由で、ステップ 1 0 および 2 0 が以降の主な焦点となる。ステップ 1 0 および 2 0 のサブステップの説明については、説明目的のため大幅に単純化した例を用い、符号化対象フレームシーケンスのフレームの数を $N = 3$ とし、求める最適化量子化パラメータ値シーケンス $M = 3$ の量子化パラメータ値の取り得る値として、異なる所定の量子化パラメータ値 $Q_i \in \{2, 4, 6\}$ が許されるものとする。他の数のフレームおよび他の数の選択量子化パラメータ値が可能なのは当然のことである。

【 0 0 2 7 】

データ収集ステップ 1 0 は、3 つのサブステップに分かれ、そのうちの第 1 サブステップ 1 0 2 は、ハイブリッド符号化スキームを用いたフレームシーケンスの各フレームに対し、量子化パラメータ Q_i に対する値の異なるサポーティング・シーケンスを使って、符号化対象のフレームシーケンスを符号化することである。言い換えれば、 N 個のフレームのフレームシーケンスが M 回完全に符号化される。この処理では、固定の量子化パラメータ値 Q_i を有する量子化パラメータ・シーケンスが、各々が異なる量子化パラメータ値 Q_i を有する量子化パラメータ値の異なるサポーティング・シーケンスとして使われる。しかして、ステップ 1 0 2 において、フレームシーケンスに対し、該フレームシーケンスの N 個のフレーム全てについて、固定の量子化パラメータ値 $Q_i \in \{q_1, q_2, \dots, q_M\}$ を使って M 回の符号化が行われる。ステップ 1 0 2 は、各フレームに対し、それぞれの予測誤差の量子化変換係数などその符号化を得るだけでなく、さらに該符号化を復号することにより生じるフレームも得るように実施される。符号化で得られるステップ 1 0 2 のこのフレームに対し、サブステップ 1 0 4 において歪み D および圧縮率 R がそれぞれ決定される。しかして、ステップ 1 0 4 では、フレームシーケンスの第 1 の一式符号化 (c o

10

20

30

40

50

complete encoding) ないし第1パスから、R-Dデータポイント(q_1), (q_1, q_1)...が得られる。これを同様に他のパスに適用して、ステップ102とステップ104とによる第Mパスから、データポイント(q_M), (q_M, q_M)...が得られる。

【0028】

このように、ステップ102およびステップ104は、固定の量子化パラメータを使った符号化に対応し、マルチパス・アルゴリズム全体の土台を形成する。フレーム・ベースで量子化パラメータ値を最適化することにより、当然ではあるが、固定の量子化値を使ったM回の符号化のどれよりも良好な符号化が達成される。

【0029】

フレーム毎の量子化パラメータ値の変更はフレーム毎に可能であるため、ステップ102と104とで測定されたデータだけでは十分でない。むしろ、追加のデータを測定することが必要で、これは、データ収集ステップ10の第3サブステップ106で実施される。新規の量子化パラメータ値Qないし別の量子化パラメータ値Qに変更した方が、一定の量子化パラメータ値Qを続けるよりも良いかどうかを判定するためには、その変更がどのような圧縮率と歪みとをもたすかを知る必要がある。このため、サブステップ106において、各フレーム2...Nに対し、固定の Q_i を使って符号化を変化させ、該固定の量子化パラメータ値 Q_i を使って個々のフレームに至るまで符号化が行われ、 $\{q_1, \dots, q_M\}$ 以外の量子化パラメータ値を使って、それぞれのフレーム自体が符号化されて、その結果として歪みDおよび圧縮率Rが決定され、これにより、 a, b の (a, b) $\{q_1, \dots, q_M\}$ のさらなるデータポイント (a, b) (a, a, b) ... (a, \dots, a, b) が得られる。

【0030】

サブステップ102と106とは、望ましくは相互にリンクまたはネストされる。符号化パス102は、固定量子化パラメータ値を使って行われる一方で、予測誤差は、ステップ102において必要に応じ個別の固定量子化パラメータ値 Q_i を使って符号化されるだけでなく、ステップ104において、さらに他の量子化パラメータ値 Q_j i を使って符号化され、個々のフレームに対しそれぞれ得られた符号化に対してRおよびDの値が測定される。ステップ102における実際の符号化を、常に固定の量子化パラメータ値Qを使い、それぞれのパスに対してだけ実施することによって、符号化コストの指数関数的拡大が回避される。これには、サブステップ106において追加のDおよびR値を取得するために比較的小さなコストだけが必要というさらなる利点がある。というのは、個別フレームのハイブリッド符号化からの動き見積もりないし動き補償予測はほとんどの場合ハイブリッド符号化のより複雑な部分を形成しているが、これを一回しか行う必要がなく、さらに、この予測は、ステップ102において、一式符号化ないし一式符号化パスに対して、とにかく一回は実施しなければならないものである。前記で説明したように、サブステップ106に残されているのは、他の量子化パラメータ値を使った予測誤差の符号化の実施だけである。

【0031】

要約すると、ステップ102~106において収集された全データポイントは次式で表現することができる。

$$(a, b) \{q_1, q_2, \dots, q_M\} \text{による } (a, a, \dots, a, b)$$

【0032】

サブステップ102~106の計算コストを再度説明するために図2を参照する。前記で示したように、ステップ102~106において、対象フレームシーケンスの符号化は、実際には、 M^N ヶのパスが必要となるような、 q_1, q_2, \dots, q_M からの量子化パラメータ値 Q_i の可能な各々のシーケンスに対して実施されるわけではない。もし全てのパスを実施したとすれば、

10

20

30

40

$$\sum_{n=1}^N M^n$$

のデータポイントないし R - D 対、すなわち、N 々のフレームの各フレーム n の可能な符号化毎に 1 対の R - D が得られることになり、これについては、先行して用いられる量子化パラメータ値への依存性に起因して、M 々の可能性があるだけでなく前記に応じこれより多くなる。

【 0 0 3 3 】

これら理論的に導き出せる全てのデータポイントを、図 2 に一般的に示したツリー構造 1 5 0 の中に配列することができる。このような状況において、M 々の分岐は、それぞれ根元 1 5 2 および各分岐ノード 1 5 4 から分岐し、図 2 では、根元および分岐ノード 1 5 2 または 1 5 4 はそれぞれドットで表され、分岐はこれらドットの間の線として表されている。ツリー構造 1 5 0 は N の階層ないしはツリー構造レベルを含み、例えば、根元 1 5 2 は 0 次を表す。根元 1 5 2 または分岐ノード 1 5 4 からの M の分岐の各々は、M の量子化パラメータ値 Q_i の相異なる一つに関連付けられており、前述の可能なデータポイントを、このようなやり方でツリー構造の分岐ノード 1 5 4 および葉部 1 5 6 に関連付けることができる。

10

【 0 0 3 4 】

ここで、図 2 には、可能な全てのデータポイントがツリー構造 1 5 0 に太ドットでマークされているのではなく、ステップ 1 0 2 ~ 1 0 6 で設定されたものだけが示されている。ステップ 1 0 2 ~ 1 0 6 において設定される可能性はあったが設定されていないデータポイントにつながる分岐は、図 2 では破線で示されている。しかし、図 2 は、N = 3 および M = 3 である上述の例の一式の指数関数的探索ツリーを示し、実際に測定されたデータのサブセットは太ドットで表されている。この図示例から、可能な全ての量子化パラメータ・シーケンスに対し符号化を実施する計算の複雑性に比べて、ステップ 1 0 2 ~ 1 0 6 の計算複雑性が M^N から M^2 に低減されているのを容易に見取ることができる。

20

【 0 0 3 5 】

図 1 に戻って参照しながら、データ収集ステップ 1 0 に続く最適化ステップ 2 0 について以下にさらに詳しく説明する。最適化ステップ 2 0 は実質的に 2 つのサブステップ 2 0 2 および 2 0 4 から成る。第 1 サブステップ 2 0 2 において、収集されたデータポイントないし D / R タプルから、状態移行図ないし格子図が構築される。このサブステップ 2 0 2 については、後記で図 3 および 4 を参照してさらに詳しく説明する。最適化ステップ 2 0 の第 2 サブステップ 2 0 4 において、ピタビ・アルゴリズムおよびラグランジュ・コスト関数を使って、生成された状態移行図が探索される。このステップは、前述した Ortega および Ramchandran の論文に記載されているような最適化オペレーションを含む。ステップ 2 0 2 において構築された格子図ないし状態移行図は、ステップ 1 0 2 の固定量子化パラメータ Q を使った符号化に対応する、M の主分岐ないし主パスを含む。符号化されたフレームの数が増えるにつれ、状態移行図は左から右へ伸び、主分岐に沿った対応状態は、 $a = \{q_1, q_2, \dots, q_M\}$ からの (a, a, \dots, a) として表される。状態移行図の 2 つの状態を結ぶ各分岐は、次の状態に到達するのに使われる量子化パラメータ値 Q、およびこのフレームに対し得られる R および D の値で特徴付けられる。

30

40

【 0 0 3 6 】

ステップ 1 0 6 の、 $a = b$ の追加データポイント (a, a, \dots, a, b) がさらに状態移行図に加えられる。したがって、主分岐上の各状態から、当該主分岐から外れて伸び出す M - 1 々の移行分岐がある。このことは、例えば、前述の N = 3 および M = 3 の図 2 の例に対して図 3 に示されており、図 3 に示された状態移行図は、ステップ 1 0 2 ~ 1 0 6 から得られたデータポイントに関わる図 2 のツリー構造の対応部分に等しいことを明確に理解すべきである。データポイントないしツリー構造の並べ方が違っているだけである。

【 0 0 3 7 】

前記で説明したように、図 2 のツリー構造、または対応する図 3 の状態移行図の構成は

50

、データ収集ステップ10のステップ102～106の固有の結果を表している。この状況において、図2のツリー構造図は、各量子化パラメータのシーケンスが「試行」される最適化方法に対する、図1の方法による計算コストの削減を例示する役割だけのものではなかった。図3は、図2のツリー構造の、データ収集ステップ10で実際に得られたD-Rデータのデータポイントに関わる部分だけを示している。しかして、図3は、作成対象の状態移行図を構築するためのステップ202の開始ポイントを示す。前述したように、図2と図3との間の主な違いは、図3中のデータポイント154～156の配置が図2のものとは異なることである。しかしながら、図2のツリー構造表現から、包括的に250として示された図3の状態移行図への移行におけるさらなる違いは、D-Rデータの関連付けはもはや行われず、これらは、状態移行図250の例では状態といわれるノード154または葉部156と関連付けられていることであり、この情報は、該ツリー構造図において一つの状態から次の状態に連結する分岐と関連付けられた量子化パラメータ値Qとともに、該状態移行図中の個々の状態につながる分岐に関連付けられることである。これについて以下にさらに詳しく説明する。前記の理由は、この最終的な状態移行図を構築の目的は、図2のツリー構造中の不完全パスの末端を、主分岐のいずれかの上に復帰させることであり、ステップ204で用いられた次の探索アルゴリズムを再使用し、量子化パラメータを変化させ量子化パラメータを最適化し、D-Rデータに関する情報を再度得て、不完全パスが再び主分岐の一つに到達することができるようにする。以下に、これがどのように行われるかを説明する。

【0038】

図3では、主分岐は、状態152～156の間の太線で示されている。第1主分岐252は、量子化パラメータ2に関連付けられており、根元ないし初期状態152から、2つの分岐ノードないし中間状態154を経て、葉部ないし最終状態156に導かれ、主分岐252上の中間状態154および最終状態156は、3つのフレームの符号化に対応している。初期状態152から最終状態156までをつなぐように、主分岐252は、初期状態152から最終状態156に至る主分岐252沿いの、個々の状態152～156を相互に結ぶ3つの主分岐252a、252b、および252cから成る。図3の主分岐252cに示されるように、各主分岐は、固定された量子化パラメータ値、この場合 $Q=2$ 、およびこの量子化パラメータから導かれるD-R対、この場合 $(2, 2, 2)$ に関連付けられている。同様に、初期状態152からは、主分岐254および主分岐256も導き出されており、これらは、量子化パラメータ値4または6に関連付けられており、同様に3つの主分岐と2つの中間状態を経由して最終状態156に導かれており、これらの状態も同様に $N=3$ のフレームに対応している。

【0039】

主パス252～256から分かれて伸び出す移行分岐が、図3に細い線で示されている。これらの最終状態は154または156の白丸で示されている。図2から分かるように、全ての分岐が「行き止まり」である。すなわち、分岐群は、状態154から主分岐252～256に沿って最終状態に導かれ、そこからは、次のフレームに関連する次に高位のレベルの状態に導かれるさらなる分岐はない。言い換えれば、これらの最終状態は他のどのような状態にも連結されていない。その結果、状態移行図ないし格子図は、ステップ102～106から本質的に得られる現在の形では、量子化パラメータ値の変更ができないので、まだ最適化のための使用に適さない。前記で説明しており、以下にも説明するように、この理由により、ステップ202の目的は、これらの最終状態を主分岐252～256上の状態に復帰させることである。

【0040】

ステップ202の下にある考え方を説明するために、この時点でステップ202の基調となる主要な仮定を説明する。この主要な仮定により、近似状態移行図の構築が可能となる。具体的には、将来のフレームのR-D特性は、先行のフレームを符号化するため用いられる符号化ないし量子化パラメータ値の正確なシーケンスにはそれほど依存せず、主として、先行して再構築された参照フレームの品質ないし歪みに依存する、と仮定する。言

10

20

30

40

50

い換えれば、図3の状態移行図中の2つの異なる符号化パスが類似した、特に同一レベルまたは同じフレームで終端する2つの異なる符号化パスDを持つ場合、すなわち、

$$D(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \approx 0(Q_1', Q_2', \dots, Q_n')$$

である場合、 $k > n$ である後続フレームのR-D挙動も同様に類似することになる。この仮定は直感的には成り立つと考えられるが、当然、この仮定が必ずしも一般的適用性を持つものでないことを理解しておくべきである。そうではあるが、通常の場合この仮説は成立する。本出願のいずれかの点で最適選択または最適化という用語が述べられた場合、それは、前記で論じた仮定の下での「最適」を意味するものと解釈されるべきである。

【0041】

前記で説明したこの類似の歪みの仮定に基き、ステップ202において、類似の歪みを有する状態どうしを相互に併合して、結合状態移行図が得られる。この目的のため、特に、併合ステップ202の第1サブステップすなわちサブステップ202aにおいて、最終状態すなわち行き止まり点に導かれる移行分岐のDに対し設定された値が、それぞれの最終状態と同じレベルに位置し主分岐252~256の一つの上の状態に終端する主分岐に関連付けられた、固定量子化パラメータ値を使った符号化から得られた対応するフレームのD値と比較される。この比較に基き、次のサブステップ202bにおいて、当該移行分岐は、同一のツリー・レベルに位置する、ないしは同一フレームに関連する、主分岐252~256の一つの上の状態に終端するよう再配向され、該状態には主分岐252bが繋がっており、該分岐は対応する移行分岐のD値に最も近いD値に関連付けられている。これは、図3に、点線と、主分岐252上のフレーム1の状態から最終状態(2,6)に導かれる移行分岐に対するクォテーションマークとによって例示的に表されており、これにより、該分岐には量子化パラメータ $Q=6$ およびD値、 $D=D(2,6)$ が関連付けられている。前述したように、主分岐252~256からの状態は、参照ポイントとして使われ、主分岐と離れた移行分岐は、歪みを類似性指標として使い、主分岐の一つの上にある最も近似した状態と併合される。図3で例示的に取り上げた、最終状態(2,6)に示す移行分岐の場合に關していえば、このことは、 $D(2,6)$ が、 $D(2,2)$ 、 $D(4,4)$ 、および $D(6,6)$ と比較され(202a)、最も近い値が判定され(202b)、このうち最も近い値が、状態(2,6)につながる移行分岐が再配向されるべき位置、ないしは、図3の矢印点線が指し示すのと同じフレーム・レベルの主分岐252~256の上のどの状態に対して最終状態(2,6)が併合されるのかを示す。この併合オペレーションが、各々の移行分岐に対して繰り返される。

【0042】

図3の例に対するステップ202aおよび202bの結果を図4に示す。しかして、図4は、移行分岐を、主分岐上の状態に向け再配向した後に構築された状態移行図を示す。ここで、図2のツリー構造とは対照的に、実際には、1を上回る分岐で1対の状態から連結されることを明確に理解すべきである。これらの分岐は、いろいろに関連付けられた量子化パラメータ値に対応し、さらにいろいろな関連R-D値も含む。一般に、状態移行図の構造は、信号依存性であり不規則である。前述したように、各分岐は、関連するQ,RおよびD値を含む。

【0043】

図4に示された、最終的に構築された状態移行図を参照すると、初期状態152から始めて次々と分岐を選択、すなわち主分岐または移行分岐を選択することが可能で、これらの分岐に関連する量子化パラメータ値Qは、量子化パラメータ値の M^N ヶの可能なシーケンスの一部であることを理解すべきである。言い換えれば、図4の状態移行図は、初期状態152から一つの最終状態156に至る M^N の異なったパスの間での選択を可能にし、これらは全て、異なる量子化パラメータ・シーケンスを使って符号化されるフレームシーケンスの一式符号化に対応している。このような状況において使われる、移行に関連するDまたはRの値の合計から、対応するQシーケンスを使ったフレームシーケンス全体の符号化の歪みおよびレートの見積もりが得られる。

【0044】

10

20

30

40

50

次に、ステップ204において、実際の最適化ステップが行われる。この最適化ステップにおいて、例えば、構築された状態移行図を通る最適パスを発見するために、ピタビ・アルゴリズムが使われる。最適化の基準として、フレーム*i*までの累積ラグランジュ・コストを使うことができる。ピタビ・アルゴリズムは、事前に定めたラグランジュ係数とともに演算しなければならないことを理解する必要がある。したがって、凸包(convex-hull)探索を使い、適したの値に対して特定のレート制約Rmaxを満たさなければならない場合、ピタビ・アルゴリズムを数回適用する必要がある。しかしながら、データ収集ステップと比べると、些少な計算複雑性の増大がもたらされるだけである。最小値Jを見つけた後、後方追跡を使って、最適パス、すなわち量子化パラメータ Q_i^* のシーケンスが求められる。

10

【0045】

前述したように、最後のステップ30において、所望される場合、フレームシーケンスは量子化パラメータ値 Q_i^* の最適シーケンスを使って符号化が行われるが、前述のように状態移行図は見積もり結果なので、符号化されたフレームシーケンスの実際の歪みおよび実際の圧縮率は、例えばラグランジュ・コスト関数の最小値から予期されるものと異なることがあることを理解すべきである。

【0046】

前記で説明したオペレーション方法の代替可能性を論ずる前に、可能な実装またはアプリケーションの手段を以下に取り上げる。まず、前記では最適量子化パラメータ・シーケンスを決定する方法だけを説明したが、当然ながらこの方法は、ASIC、FPGAまたは類似機器などの装置に容易に実装できることを特に理解すべきである。また、図1に示したブロックを、例えば、集積回路のサブ回路に実装し、ブロックに記載されたステップを実行できるように構成することができる。さらに、前述した方法を、図1の個々のステップを実行するよう構成されたサブプログラム・ルーチンを含むコンピュータ・プログラムとして実行することも可能である。従って、図1については、量子化パラメータ値の最適シーケンスを決定する、または、量子化パラメータの最適化を行いながらフレームシーケンスを符号化するための対応装置を示すものでもある。

20

【0047】

さらに、前記のRDMアルゴリズムを、任意のハイブリッド映像符号化スキームに適用することができる。具体的には、MPEG-4単純プロファイル(SP)を使った実施結果が得られており、これらの実施結果について以下に説明する。

30

【0048】

第1実験において、フォーマンシーケンス(QCIF、15fps)の最初の $N=3$ のフレームが使われ、各フレームに対し $M=8$ の量子化パラメータ値が割り当てられた。この限定された事例に対し、それでも図5中のR-D点に図示されるように、全部で $M^N=512$ の組み合わせを符号化することが可能であり、図5では、圧縮率は水平軸沿いにフレームあたりkBit単位で表され、歪みは垂直軸沿いに平均平方誤差単位で表されている。512点のうちいくつかは四角で囲まれている。これらのポイントは、MPEG-4 SPを使い、異なるの値に対し、図1のRDMアルゴリズムによって選定されたものである。図から分かるように、選定されたポイントは、データセットの凸包の端部に近く、従って最適解にも近い。

40

【0049】

第2実験では、4つの標準テストシーケンス(フォーマン(Foreman)、パリ(Paris)、フットボール(Football)、テンペイト(Tempe te))および3つの追加シーケンス(CNN、スパイダーマン(Spiderman)、レッドオクトーバー(Red-October))が、QCIF解像度の15fpsないし秒あたりフレーム数で符号化された。該3つの追加シーケンスは、複雑性の違ったシーン・カットおよびシーン群を含み、マルチパス・アルゴリズムの実際の能力が示される。符号化法については、フラウンホッフアーIIS MPEG-4 SP映像コーデックが使われ、これは、評価のためのベースライン・コーデックとして、MPEG-4および3GPPでも

50

使用され、MPEG文書N6231「Report of the Formal Verification Tests on AVC (AVCに対する公式検証テストについての報告)」、ワイコロア、2003年12月、および3GPP文書S4-030718「Test Material and Reference Result for Video Codec Candidate Qualification Criteria (映像コーデック候補適格性基準のための試験材料および参照結果)」タンペレ、2003年11月、が参考にされた。このコーデックないしこの符号化スキームでは、R-D最適化モード決定法が使われ、良好なR-Dパフォーマンスが示されており、さらなる詳細については、http://www.iis.fraunhofer.de/amm/download/wp_iismpeg4videosoftware.pdfを参照できる。

10

【0050】

シーン・カットおよび時間変動する複雑性のあるシーケンスに対して、マルチパス符号化の有用性を実証することができる。こういったシーケンスの一つはCNNシーケンスであり、図6の右側のグラフに見ることができるように、RDMアルゴリズムを使って0.74 dBの平均PSNRの向上を実現することができ、その水平軸には圧縮率がkBit単位で表され、垂直軸には平均輝度PSNR値がdB単位で表されている。特に、図6の右図には、CNNシーケンスに対する3本のD-Rカーブが示されており、これらは、RDMアルゴリズム(*印)と、固定量子化パラメータ値(印)および比較のためのマルチパス・アルゴリズムであるDivXコーデック(+印)による前記のフラウンホッフ

20

【0051】

前述したように、図6は、RDMの結果(*)を、DivX5.2コーデック(+)により得られた結果と比較している。このような状況において、両方のコーデックとも同じ符号化ツールを用いており、具体的には、同じMPEG-4 SPに準拠した符号器を使って符号化できることを理解すべきである。その上に、両方の符号化法ともマルチパス符号化とR-D最適化モード決定とを使っている。フォーマンシーケンスおよびCNNシーケンスに対する平均PSNR利得は、それぞれ0.89 dBおよび1.92 dBであり、フォーマンシーケンスについての比較が図6の左側のグラフに図示されている。前述した全てのテストシーケンスに対するさらなる結果が図7に示された表に要約されている。時間変動する複雑性を有するシーケンス、すなわち前記のシーケンスCNN、スパイダーマン、レッドオクトーバーに対する、典型的利得は0.47 dBである。

30

【0052】

さらに、DivXコーデックは、必ずしも、唯一の最適化基準として平均平方誤差だけを使って作動するものでないことを理解すべきである。従って、ここに提示された比較は、注意して取り扱う必要がある。しかしながら、高いPSNR利得は主観的品質と非常によく相関することが判明している。従って、本発明の発明者らは、PSNR値が、同一の符号化スキームおよび同一シーケンスに関連して用いられる限りにおいて、客観的品質指標として非常にうまく機能すると考え、本事例において満たすべき対象条件としている。

40

【0053】

しかして、前の実施形態は、マルチパス符号化によって改善されたR-D挙動を生成する、映像符号化のためのRDMアルゴリズムを提供する。このRDMアルゴリズムは、指数関数的な探索ツリーを線形の状態移行図に変換し、まず第一に、R-D最適化を可能にする。これは、類似のR-D挙動が将来のフレームに対し生ずるという仮定を用いて、類

50

似の歪みを有する状態を束ねることによって達成される。RDMアルゴリズムのMPEG-4への応用は、0.3dBの典型的平均PSNR利得を示し、DivX5.2と比較して、2dBの利得上昇があった。

【0054】

加えて、前記に提示されたRDM方法は、当然ながら、前記で説明した類似の歪みの仮定をマルチフレーム動き補償に拡張することによって、H.264/AVC規格にも適用可能であることを理解すべきである。

【0055】

さらに言い換えれば、前記では、例えばMPEG-4に適用可能な符号化法であって、指数関数的に拡大する探索ツリーから状態移行図を構築ないし構成し、例えばラグランジュ・コスト関数を使ってそれを探索することによりハイブリッド符号化スキームにおける依存型量子化の問題に対処する、圧縮率 歪みマルチパス映像符号化方法について説明した。指数関数的な拡大を回避するため、類似の圧縮率 歪み挙動が将来のフレームに対して生ずるという仮定に基づき、似たように歪んだ参照フレームを持つ状態は併合ないし結合された。これにより、全体的圧縮率 歪み挙動が最適化されるように、各フレームに対する一つの量子化パラメータ値の最適のセットを選定するという目的は実質的に達成された。

【0056】

前記の説明に関連して、前記で説明した量子化パラメータ値の決定についての実施形態は、当然ながら、多くの点を改変することができ一般化できることをさらに理解すべきである。例えば、本発明は、量子化パラメータ値の最適シーケンスの決定に限定されない。むしろ、本発明により、動き補償予測の予測誤差の符号化に関連し、歪みおよび圧縮率に影響するパラメータなど、ハイブリッド符号化スキームの他の符号化パラメータを決定することもできる。例えば、これを、前記の符号化の中で行われる時間-周波数変換の変換精度を調整するパラメータとすることもできよう。

【0057】

従って、ステップ10または20における符号化を、必ずしも固定の符号化パラメータを使って実施する必要はない。むしろ、実施される一式符号化を、符号化パラメータ値がフレーム毎に変化し相互に異なる、符号化パラメータ値のシーケンスを使って行うこともできよう。

【0058】

ステップ102で一式符号化された符号化パラメータすなわち量子化パラメータは、前記のステップ106において、各フレームごとに、いろいろな符号化パラメータに対するDおよびR値を得るように変化された。本発明には、ステップ102において、符号化パラメータ値の異なるサポーティング・シーケンスを使って一式符号化が実施され、ステップ106において、パラメータ値の他のシーケンスに対するD/R対が確立されるというオペレーション・モードによる利点があるが、フレームシーケンスの第1部分に関してだけである。従って、図1のオペレーション・モードを変更し、主パスないし主分岐から分岐する際に、後続の2つのフレームに対する符号化パラメータを変化させ、対応して得られるDおよびR値が確立されるようにすることも可能であろう。その後、前述したように主分岐への復帰を実施できよう。

【0059】

さらに、前記では、ステップ202において状態移行図が構築され、これに従い、初期状態に基づき、状態移行により符号化パラメータ値の最適のセットを設定することができた。但し、他の表現の仕方も存在する。ステップ202bからの関連付け結果を使って、見積もられたデータをツリー構造表現の、現時点でまだ未達の部分に入力して、ステップ202の後で一式のツリー構造表現が得られるようにすることにより、ステップ202aおよび202bの結果を202のツリー構造表現中に移し換えることができよう。

【0060】

ステップ204に関連して、符号化パラメータ値のシーケンスの決定は、当然ながらビ

10

20

30

40

50

タビ・アルゴリズム以外のアルゴリズムを使っても実施できることを理解すべきである。さらにコスト関数についても異なった選択ができようし、最適化を他の態様に基づいて求めることができよう。効率上からいえば、特定のアプリケーションに対し、所定の基準に照らし十分な符号化を見出すことで足りるならば、ステップ204において最適化を行う必要はない。

【0061】

最後に、前述したように、ステップ30を省略し、該方法の出力ないしは対応する装置を、決定された符号化パラメータ値シーケンスの出力だけから成るようにできることを理解すべきである。

【0062】

特に、状況に応じ、本発明の方法を、前述したようにソフトウェア中に実装することもできる。このような実装を、デジタル記憶媒体、具体的には、プログラム可能なコンピュータ・システムと相互作用する電子的に可読の制御信号を備えたディスクまたはCDに行い、対応する方法を実施することができる。一般に、本発明はマシン可読の媒体に格納されたプログラム・コードを有し、コンピュータ・プログラム製品がコンピュータで実行されると本発明の方法を実施するコンピュータ・プログラム製品から成る。言い換えれば、本発明は、コンピュータ・プログラムがコンピュータ上で実行されたとき前記方法を実施するプログラム・コードを有する、コンピュータ・プログラムとして実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】本発明の実施形態による、量子化パラメータの最適シーケンスを決定し、該最適シーケンスを用いその後のフレームシーケンスの符号化を行う方法のフロー図である。

【図2】図1の方法で収集された、異なる量子化パラメータ・シーケンスに対する歪みおよび符号化パラメータのデータを示すツリー構造である。

【図3】図2の、符号化ないし量子化パラメータ・シーケンスに関するツリー構造のサブツリーであり、該符号化に対する歪みおよび圧縮率の値が確率されており、矢印マークは不完全パスの主パス上への復帰を示す。

【図4】不完全パスが主パスに復帰された後に得られた状態移行図ないし得られたパスの格子図である。

【図5】可能な全て量子化パラメータのシーケンスに対し得られた圧縮率/歪みのタブルと、さらに図1による方法に従って決定されたシーケンスとをプロットしたグラフである。

【図6】2つの異なるテスト・シーケンス（左グラフ、右グラフ）に対し、全フレームに対し固定された量子化パラメータを使った場合と、図1による方法を使った場合と、DivXを使った場合とに得られたレート/歪みの対を比較した2つのグラフである。

【図7】他のテスト・シーケンスに対するさらなる比較結果をリストアップした表である。

10

20

30

【図1】

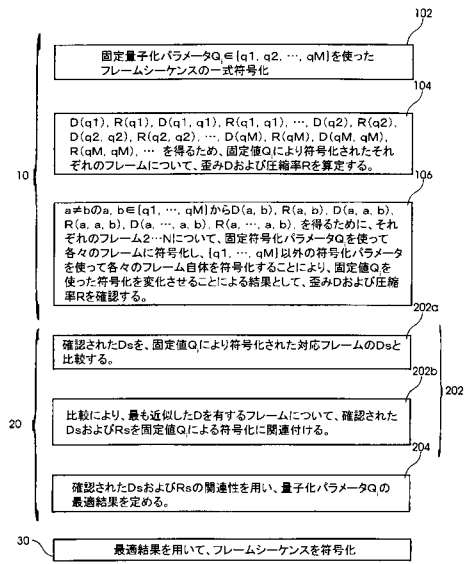


Fig. 1

【図2】

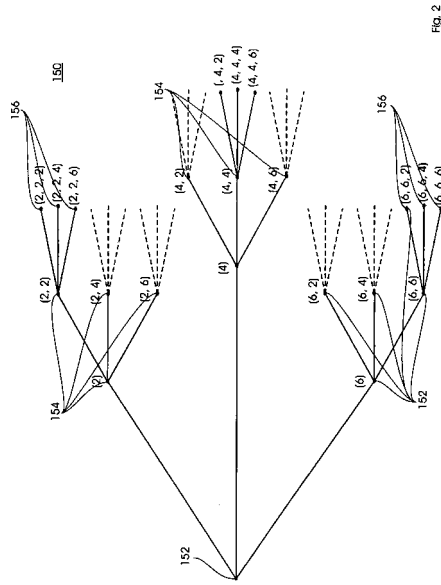


Fig. 2

【図3】

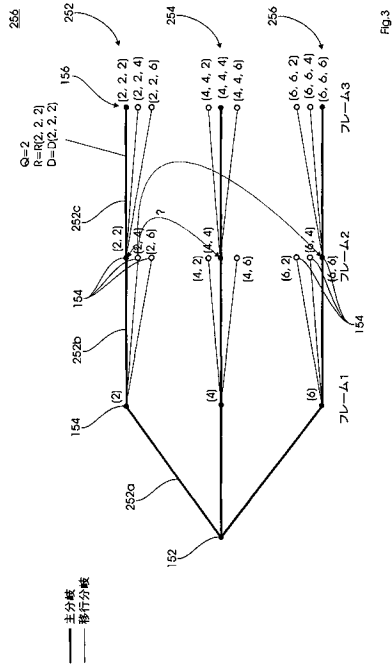


Fig. 3

【図4】

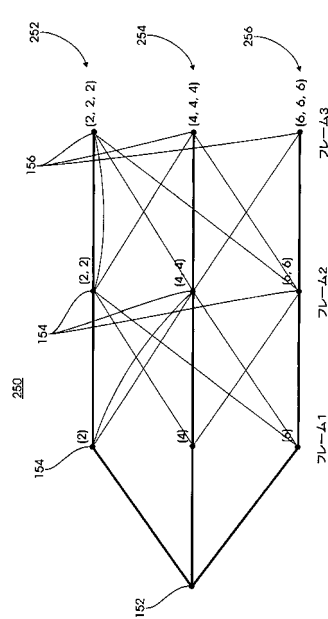


Fig. 4

【 図 5 】

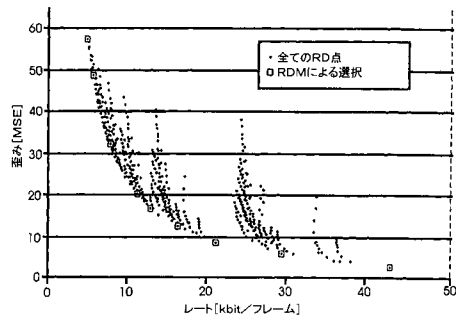


Fig. 5

【 図 6 】

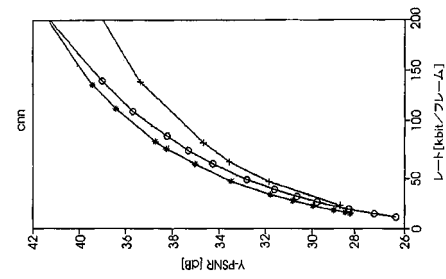
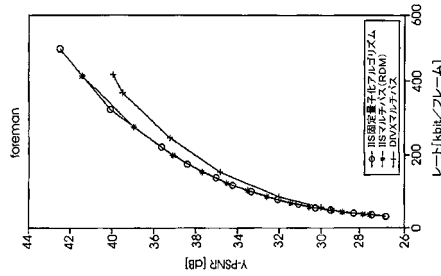


Fig. 6



【 図 7 】

シーケンス名	#フレーム (N)	RDMによるIIS 対 固定QによるIIS	RDMによるIIS 対 Div 5. 2
フォーマン	150	0.09	0.89
バリ	150	0.26	1.17
フットボール	125	0.02	0.63
テンニート	125	0.01	0.53
CNN	1000	0.74	1.92
スパイダーマン	1000	0.33	0.66
レッド・オクトーバー	1000	0.34	0.65
平均		0.26	0.92

Fig. 7

フロントページの続き

(72)発明者 トーマ ヘルベルト

ドイツ連邦共和国 9 1 0 5 8 エアランゲン ゲシュヴィスター - ショル - シュトラーセ 1

審査官 岩井 健二

(56)参考文献 特開2 0 0 3 - 1 2 5 4 0 6 (J P , A)

特開平0 6 - 2 6 1 3 0 2 (J P , A)

K. Ramchandran et al. , Bit allocation for dependent quantization with applications to multiresolution and MPEG video coders , IEEE Transactions on Image Processing , IEEE , 1 9 9 4 年 9 月 1 日 , Vol.3, No.5, pp.533-545

T. Wiegand et al. , Rate-distortion optimized mode selection for very low bit rate video coding and the emerging H.263 standard , IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY , IEEE , 1 9 9 6 年 4 月 , Vol.6, No.2 , pp.182-190

G.J. Sullivan et al. , Rate-distortion optimization for video compression , IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE , IEEE , 1 9 9 8 年 1 1 月 , Vol.15, No.6 , pp.74-90

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H04N 7/24 - 7/68