

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-500718

(P2005-500718A)

(43) 公表日 平成17年1月6日(2005.1.6)

(51) Int. Cl.⁷
H04N 7/30

F I
H04N 7/133 Z

テーマコード (参考)
5C059

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 47 頁)

(21) 出願番号 特願2003-500839 (P2003-500839)
 (86) (22) 出願日 平成14年5月23日 (2002.5.23)
 (85) 翻訳文提出日 平成15年11月19日 (2003.11.19)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/016378
 (87) 国際公開番号 W02002/097734
 (87) 国際公開日 平成14年12月5日 (2002.12.5)
 (31) 優先権主張番号 09/867,784
 (32) 優先日 平成13年5月29日 (2001.5.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

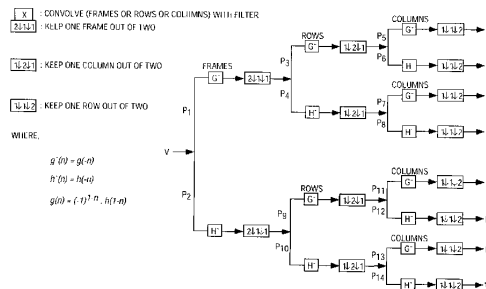
(71) 出願人 593096712
 インテル コーポレーション
 アメリカ合衆国 95052 カリフォル
 ニア州 サンタ クララ ミッション カ
 レッジ プールバード 2200
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (72) 発明者 アチャルヤ, ティンク
 アメリカ合衆国 85226 アリゾナ州
 チャンドラー ウェスト エリー スト
 リート 4840

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元ウェーブレット変換方法及び装置

(57) 【要約】

3次元ウェーブレット変換の実施例が開示される。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

3次元離散ウェーブレット変換(DWT)を複数のビデオ画像に適用する方法であって、前記複数のフレームを含み、前記フレームは行と列を含み、前記方法は、複数のビデオ画像の、フレームのシーケンス、列のシーケンス及び、行のシーケンスに沿って、個々に且つ連続してフィルタリングし、各フィルタ動作を適用した後に、フィルタ動作を適用した結果をサブサンプリングし、DWT係数のブロックを発生した後に、DWT係数を埋め込みゼロツリー符号化するために、ビットベースの条件符号化を適用することによりDWT係数の複数のブロックを発生する方法。

10

【請求項 2】

サブサンプリングは、対応するフィルタ動作の後に、1つおきのフレーム、1つおきの列及び、1つおきの行を落とすことを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

複数のブロックは、8ブロックを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

フィルタ動作を適用することは、各フィルタ動作について、高域通過フィルタと低域通過フィルタの1つを適用することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

集積回路であって、

20

3次元離散ウェーブレット変換(DWT)を複数のビデオ画像に適用し且つDWT係数の複数のブロックを発生する構造を有し、前記複数のフレームを含み、前記フレームは行と列を含み、前記構造は、(a)各フィルタ動作について、高域通過フィルタと低域通過フィルタの1つを使用して、複数のビデオ画像の、フレームのシーケンス、列のシーケンス及び、行のシーケンスに沿って、個々に且つ連続してフィルタし、(b)各フィルタ動作を適用した後に、フィルタ動作を適用した結果をサブサンプリングし、(c)DWT係数のブロックを発生した後に、DWT係数を埋め込みゼロツリー符号化するために、ビットベースの条件符号化を適用するように適応される、集積回路。

【請求項 6】

30

前記構造は、少なくとも1つの下記の：ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア及び、それらの任意の組み合わせを含む、請求項 5 に記載の集積回路。

【請求項 7】

前記構造の前記サブサンプリング能力は、対応するフィルタ動作の後に、1つおきのフレーム、1つおきの列及び、1つおきの行を落とすように適応される、請求項 6 に記載の集積回路。

【請求項 8】

複数のブロックは、8ブロックを含む、請求項 6 に記載の集積回路。

【請求項 9】

フィルタ動作を適用することは、各フィルタ動作について、高域通過フィルタと低域通過フィルタの1つを適用することを含む、請求項 6 に記載の集積回路。

40

【請求項 10】

複数の変換されたビデオ画像サブブロックに、3次元逆離散ウェーブレット変換(3DDWT)を適用する方法であって、前記サブブロックは、変換されたフレームを含み、前記フレームは行と列を含み、前記方法は、

(1)DWT係数マトリクスを得るために、そのブロックの埋め込みゼロツリー符号化されたDWT係数に、ビットベースの条件復号を適用し、

(2)行、列及びフレームごとに、DWT係数マトリクスの個々のサブブロックをアップサンプリングし、

(3)各それぞれの組みに対応するアップサンプルされたサブブロックを発生するために

50

、アップサンプルされたサブブロックの1つ又はそれ以上の個々の組みをフィルタリングし且つ結合し、

(4) 1つのアップサンプルされたサブブロックが残るまで、発生されたアップサンプルされたサブブロックの組みに(3)を再適用し、

(5) 次のより高い解像度でブロックを発生するために、1つの残りのアップサンプルされたサブブロックを8により乗算する、

ことにより、変換されたビデオ画像のサブブロックを逆変換することを含む、方法。

【請求項11】

DWTマトリクスの個々のサブブロックは、8サブブロックを含む、請求項10に記載の方法。

10

【請求項12】

アップサンプルされたサブブロックの1つ又はそれ以上の個々の組みをフィルタリングし且つ結合することは、その組みの1つのアップサンプルされたサブブロックに逆低域通過フィルタを適用しそして、その組みの他のアップサンプルされたサブブロックへ高域通過フィルタを適用することを含む、請求項10に記載の方法。

【請求項13】

アップサンプリングは、1つおきのフレーム、1つおきの列及び、1つおきの行を挿入することを含む、請求項10に記載の方法。

【請求項14】

集積回路であって、

20

複数の変換されたビデオ画像サブブロックに、3次元逆離散ウェーブレット変換(3D IDWT)を適用する構造を有し、前記サブブロックは、変換されたフレームを含み、前記フレームは行と列を含み、

(a) DWT係数マトリクスを得るために、そのブロックの埋め込みゼロツリー符号化されたDWT係数に、ビットベースの条件復号を適用し、(b)行、列及びフレームごとに、DWT係数マトリクスの個々のサブブロックをアップサンプリングし、(c)各それぞれの組みに対応するアップサンプルされたサブブロックを発生するために、アップサンプルされたサブブロックの1つ又はそれ以上の個々の組みをフィルタリングし且つ結合し、

(d) 1つのアップサンプルされたサブブロックが残るまで、発生されたアップサンプルされたサブブロックの組みに(c)を再適用し、(e) 次のより高い解像度でブロックを発生するために、1つの残りのアップサンプルされたサブブロックを8により乗算する、ことにより、前記構造は変換されたビデオ画像のサブブロックを逆変換するように適用される、集積回路。

30

【請求項15】

前記構造は、少なくとも1つの下記の：ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア及び、それらの任意の組み合わせを含む、請求項14に記載の集積回路。

【請求項16】

DWT係数マトリクスの個々のサブブロックは、8サブブロックを含む、請求項15に記載の集積回路。

【請求項17】

40

アップサンプルされたサブブロックの1つ又はそれ以上の個々の組みをフィルタリングし且つ結合することは、その組みの1つのアップサンプルされたサブブロックに逆低域通過フィルタを適用しそして、その組みの他のアップサンプルされたサブブロックへ高域通過フィルタを適用することを含む、請求項15に記載の集積回路。

【請求項18】

アップサンプリングは、1つおきのフレーム、1つおきの列及び、1つおきの行を挿入することを含む、請求項15に記載の集積回路。

【請求項19】

命令がその上に記憶された記憶媒体を有する物であって、前記命令は、以下を行うことにより、コンピュータプラットフォームにより実行されたときに、複数のビデオ画像に3次

50

元離散ウェーブレット変換 (DWT) を適用する結果となり、前記複数はフレームを含み、前記フレームは行と列を含み：

複数のビデオ画像の、フレームのシーケンス、列のシーケンス及び、行のシーケンスに沿って、個々に且つ連続してフィルタリングし、

各フィルタ動作を適用した後に、フィルタ動作を適用した結果をサブサンプリングし、DWT係数のブロックを発生した後に、DWT係数を埋め込みゼロツリー符号化するために、ビットベースの条件符号化を適用する、

ことによりDWT係数の複数のブロックを発生する、記憶媒体を有する物。

【請求項 20】

複数のサブブロックは、8サブブロックを含む、請求項 19 に記載の物。

10

【請求項 21】

アップサンプルされたサブブロックの1つ又はそれ以上の個々の組みをフィルタリングし且つ結合することは、その組みの1つのアップサンプルされたサブブロックに逆低域通過フィルタを適用しそして、その組みの他のアップサンプルされたサブブロックへ高域通過フィルタを適用することを含む、請求項 19 に記載の物。

【請求項 22】

命令がその上に記憶された記憶媒体を有する物であって、以下を行うことにより、前記命令は、コンピュータプラットフォームにより実行されたときに、複数の変換されたビデオ画像のサブブロックに3次元逆離散ウェーブレット変換 (3DDWT) を適用する結果となり、前記サブブロックは変換されたフレームを含み、前記フレームは行と列を含み：

20

(1) DWT係数マトリクスを得るために、そのブロックの埋め込みゼロツリー符号化されたDWT係数に、ビットベースの条件復号を適用し、

(2) 行、列及びフレームごとに、DWT係数マトリクスの個々のサブブロックをアップサンプリングし、

(3) 各それぞれの組みに対応するアップサンプルされたサブブロックを発生するために、アップサンプルされたサブブロックの1つ又はそれ以上の個々の組みをフィルタリングし且つ結合し、

(4) 1つのアップサンプルされたサブブロックが残るまで、発生されたアップサンプルされたサブブロックの組みに(3)を再適用し、

30

(5) 次のより高い解像度でブロックを発生するために、1つの残りのアップサンプルされたサブブロックを8により乗算する、

記憶媒体を有する物。

【請求項 23】

DWT係数マトリクスの個々のサブブロックは、8サブブロックを含む、請求項 22 に記載の物。

【請求項 24】

アップサンプルされたサブブロックの1つ又はそれ以上の個々の組みをフィルタリングし且つ結合することは、その組みの1つのアップサンプルされたサブブロックに逆低域通過フィルタを適用しそして、その組みの他のアップサンプルされたサブブロックへ高域通過フィルタを適用することを含む、請求項 22 に記載の物。

40

【請求項 25】

システムであって、

集積回路、メモリ、及び、前記集積回路とメモリを結合するバスを有し、

前記集積回路は、3次元離散ウェーブレット変換 (DWT) を複数のビデオ画像に適用し且つDWT係数の複数のブロックを発生する構造を有し、前記複数はフレームを含み、前記フレームは行と列を含み、

前記構造は、(a) 各フィルタ動作について、高域通過フィルタと低域通過フィルタの1つを使用して、複数のビデオ画像の、フレームのシーケンス、列のシーケンス及び、行のシーケンスに沿って、個々に且つ連続してフィルタし、(b) 各フィルタ動作を適用した

50

後に、フィルタ動作を適用した結果をサブサンプリングし、(c) DWT係数のブロックを発生した後に、DWT係数を埋め込みゼロツリー符号化するために、ビットベースの条件符号化を適用するように適応される、システム。

【請求項 26】

前記構造は、少なくとも1つの下記：ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア及び、それらの任意の組み合わせを含む、請求項 25 に記載のシステム。

【請求項 27】

前記構造の前記サブサンプリング能力は、対応するフィルタ動作の後に、1つおきのフレーム、1つおきの列及び、1つおきの行を落とすように適応される、請求項 26 に記載のシステム。

10

【請求項 28】

複数のブロックは、8ブロックを含む、請求項 26 に記載のシステム。

【請求項 29】

フィルタ動作を適用することは、各フィルタ動作について、高域通過フィルタと低域通過フィルタの1つを適用することを含む、請求項 26 に記載のシステム。

【請求項 30】

システムであって、

集積回路、メモリ、及び、前記集積回路とメモリを結合するバスを有し、

前記集積回路は、複数の変換されたビデオ画像サブブロックに、3次元逆離散ウェーブレット変換(3D IDWT)を適用する構造を有し、前記サブブロックは、変換されたフレームを含み、前記フレームは行と列を含み、

20

(a) DWT係数マトリクスを得るために、そのブロックの埋め込みゼロツリー符号化されたDWT係数に、ビットベースの条件復号を適用し、(b) 行、列及びフレームごとに、DWT係数マトリクスの個々のサブブロックをアップサンプリングし、(c) 各それぞれの組みに対応するアップサンプルされたサブブロックを発生するために、アップサンプルされたサブブロックの1つ又はそれ以上の個々の組みをフィルタリングし且つ結合し、(d) 1つのアップサンプルされたサブブロックが残るまで、発生されたアップサンプルされたサブブロックの組みに(c)を再適用し、(e) 次のより高い解像度でブロックを発生するために、1つの残りのアップサンプルされたサブブロックを8により乗算することにより、前記構造は変換されたビデオ画像のサブブロックを逆変換するように適用される、システム。

30

【請求項 31】

前記構造は、少なくとも1つ下記の下記の：ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア及び、それらの任意の組み合わせを含む、請求項 30 に記載のシステム。

【請求項 32】

DWT係数マトリクスの個々のサブブロックは、8サブブロックを含む、請求項 31 に記載のシステム。

【請求項 33】

アップサンプルされたサブブロックの1つ又はそれ以上の個々の組みをフィルタリングし且つ結合することは、その組みの1つのアップサンプルされたサブブロックに逆低域通過フィルタを適用しそして、その組みの他のアップサンプルされたサブブロックへ高域通過フィルタを適用することを含む、請求項 31 に記載のシステム。

40

【請求項 34】

アップサンプリングは、1つおきのフレーム、1つおきの列及び、1つおきの行を挿入することを含む、請求項 31 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

関連出願

本特許出願は、1999年9月3日にAcharya他により出願された、発明の名称「ウェーブレットデータのゼロツリー符号化(Zerotree Encoding of

50

Wavelet Data)」の米国特許出願番号09/390,255と、2000年11月27日にAcharya他により出願された、発明の名称「ウェーブレット変換された誤差データの符号化(Encoding of Wavelet Transformed Error Data)」の米国特許出願番号09/723,123、及び、Acharya他により同時に出願されている、発明の名称「ウェーブレット変換された係数の符号化方法及び装置(Method and Apparatus for Coding of Wavelet Transformed Coefficients)」の米国特許出願番号09/867,781(弁護士名簿番号042390.P11706)に関連し、前述の出願のすべては、現在請求されている主題の譲受人に譲渡されている。Acharya他により同時に出願されている、発明の名称「ウェーブレット変換された係数の符号化方法及び装置(Method and Apparatus for Coding of Wavelet Transformed Coefficients)」の米国特許出願番号09/867,781(弁護士名簿番号042390.P11706)は、参照によりここに組み込まれる。

10

30

40

50

【0002】

背景

本開示は3次元(3D)が像及び/又はビデオ変換に関連する。

【0003】

3Dサブバンド符号化、2Dサブバンド符号化の拡張は、最近、以下の理由により、少なくとも部分的に、注目が増加している。第1に、典型的には、ブロック歪み(block artifacts)が少なく、これは、特に低ビットレートで、動き補償(MC)及び、離散コサイン変換(DCT)アプローチのような、代替りの符号化方法で共通の問題である。第2に、MC補償法と異なり、別の動き推定段階を使用しない。第3に、空間と時間の両方でスケラブルである。ウェーブレットベースの符号の効率は、例えば、ウェーブレット係数を効率よく符号化する、Shapiroによる論文”(ウェーブレット係数のゼロツリーを使用する埋め込み画像符号化)Embedded Image Coding Using Zero trees of Wavelet Coefficients”、IEEE信号処理論文誌(IEEE Transaction on Signal Processing)、Vol.41, No.12, pp.3445-3459、1993年12月、に記載されているような、適用される符号化機構内にある。

【0004】

残念ながら、低エネルギー内容のウェーブレット係数を扱うときには、これらの技術の性能は、低い。更に、観察は、3Dウェーブレット変換により発生されるウェーブレット係数は低エネルギー内容であることを示す。例えば、多数のウェーブレット変換係数値は、ゼロであるか又は、小さな大きさの値を有する。標準的な方法は、幾つかのパスでこれらのフレームを符号化し、そして、これらのパスの各々は現在のしきい値をこの低値係数と比較する。これは、より低い圧縮比と符号化効率となる。従って、符号化効率と圧縮比を少なくとも概略維持するアプローチが必要である。

【0005】

主題は特に明細書に最終的な部分に示されそして明確に請求されている。しかしながら、目的、特徴及び、利点と共に、請求された主題、構成と方法の動作の両方は、添付の図面と共に読むときに、以下の詳細な説明を参照して最も良く理解されよう。

【0006】

詳細な説明

以下の詳細な説明では、請求項の主題の徹底的な理解を提供するために、多くの特定の詳細が示されている。しかしながら、請求項の主題は、これらの特定の詳細なしに実行されうことは当業者に理解されよう。他の例では、良く知られた方法、手続、構成要素及び、回路は、請求項の主題を曖昧にしないようにするために、詳細には説明しない。

【0007】

多重解像度のウェーブレット表現は、画像を理解するための単純な階層的フレームワーク

を提供する。異なる解像度で、画像の細部は一般的には、シーンの異なる物理的構造を特徴化しうる。粗いから精密な符号化へのアプローチは、例えば、効果的な圧縮を補助することにより、変換された画像の符号化を補助する。同様なアプローチがビデオシーケンスに適用されるときには、3-D変換を発生することが含まれうる。そのような表現はシーケンスの異なる物理的構造も示し得るが、しかし、エッジ情報よりも、時間でのエッジの動きを示すサブブロックが発生されうる。3-Dウェーブレット変換を実行する手順の一実施例は、次のようであるが、請求項の主題は、この特定のアプローチ又は実施例の範囲に限定されない。例えば、3次元離散ウェーブレット変換(DWT)を複数のビデオ画像に適用する方法の実施例は、以下を含みうる。複数のビデオ画像はフレームを含み、そして、フレームは行と列を含みうる。そのような方法では、DWT係数の複数のブロックは、: 複数のビデオ画像の、フレームのシーケンス、列のシーケンス及び、行のシーケンスに沿って、個々に且つ連続してフィルタリングし、; 各フィルタ動作を適用した後に、フィルタ動作を適用した結果をサブサンプリングし、; DWT係数のブロックを発生した後に、DWT係数を埋め込みゼロツリー符号化するために、ビットベースの条件符号化を適用する、ことにより発生される。これを、図2と共に以下に詳細に説明する。

10

20

30

40

50

【0008】

ここではVで示されている、入力ビデオシーケンスは、時間位置にしたがって実質的に配置されている異なるフレームを有する3-Dブロックとして扱われる。このシーケンスは、図2に示されているように、この特定の実施例では、図2で P_1 と P_2 で示されている、2つのパスへ送られる。ここでは P_1 の、1つのパスに沿って、この実施例ではフィルタ関数 $g(n)$ の、時間軸に沿ったフィルタリングが与えられる。フィルタされたデータは、再び、この特定の実施例では、ここでは、2により、サブサンプルされる。このように、この実施例では、ブロックの1つおきのフレームが、保持される。この減少されたブロックからのフレームは、再び、ここでは、図2で P_3 と P_4 で示されている、2つのパスへ送られる。

【0009】

ここでは P_3 のような1つのパス又はサブパスに沿って、再びフィルタ関数 $g(n)$ で、行に沿ってフィルタリングが適用される。フィルタされたデータは、再び、この特定の実施例では、ここでは、2により、サブサンプリングされる。ここで、マトリクス又はフレームの1つおきの列が保持される。この減少されたマトリクスは、図2で P_5 と P_6 で示されている、2つのパスへ送られる。

【0010】

方向 P_5 に沿って、ここでは、フィルタリングは、フィルタ関数 $g(n)$ で列に沿って適用される。フィルタされたデータは、2によりサブサンプルされる。マトリクスの1つおきの行が、保持される。これは、詳細信号 D^1 を発生する。

【0011】

ここでは P_6 の、他の方向に沿って、フィルタリングは、この特定の実施例では、フィルタ関数 $h(n)$ で列に沿って適用される。フィルタされたデータは、この特定の実施例では再び、2によりサブサンプルされる。マトリクスの1つおきの行が、保持される。これは、詳細信号 D^2 を発生する。

【0012】

ここでは P_4 の、他のサブパスでは、フィルタリングは、フィルタ関数 $h(n)$ で行に沿って適用される。フィルタされたデータは、2によりサブサンプルされる。マトリクスの1つおきの列が、保持される。この減少されたマトリクスは、図2で P_7 と P_8 で示されている、2つのパスへ再び分割される。

【0013】

1つの方向 P_7 に沿って、フィルタリングは、ここでは、フィルタ関数 $g(n)$ で列に沿って適用される。フィルタされたデータは、2によりサブサンプルされる。ここでは、マトリクスの1つおきの行が、保持される。これは、詳細信号 D^3 を発生する。

【0014】

ここでは P_8 の、他の方向に沿って、フィルタリングは、フィルタ関数 $h(n)$ で列に沿って適用される。フィルタされたデータは、2によりサブサンプルされる。マトリクスの1つおきの行が、保持される。これは、詳細信号 D^4 を発生する。

【0015】

ここでは P_2 の、他のパスで、この実施例ではフィルタ関数 $h(n)$ で、時間軸に沿ってフィルタリングが与えられる。フィルタされたデータは、この実施例では、2により、サブサンプルされる。ブロックの1つおきのフレームが、保持される。この減少されたブロックからのフレームは、再び、ここでは、図2で P_9 と P_{10} で示されている、2つのパスへ送られる。

【0016】

1つのサブパス P_9 では、この実施例では、フィルタ関数 $g(n)$ で、行に沿ってフィルタリングが適用される。フィルタされたデータは、2により、サブサンプリングされる。そして、マトリクス又はフレームの1つおきの列が保持される。この減少されたマトリクスは、図2で P_{11} と P_{12} で示されている、2つのパスへ再び送られる。

【0017】

ここでは P_{11} の1つの方向で、フィルタリングは、ここではフィルタ関数 $g(n)$ で列に沿って適用される。フィルタされたデータは、2によりサブサンプルされる。そして、マトリクスの1つおきの行が、保持される。これは、詳細信号 D^5 を発生する。

【0018】

ここでは P_{12} の、他の方向にでは、フィルタリングは、フィルタ関数 $h(n)$ で列に沿って適用される。フィルタされたデータは、2によりサブサンプルされる。そして、マトリクスの1つおきの行が、保持される。これは、詳細信号 D^6 を発生する。

【0019】

他のサブパス P_{10} では、フィルタリングは、ここでは $h(n)$ を使用して、行に沿って適用される。フィルタされたデータは、2によりサブサンプルされる。マトリクスの1つおきの列が、保持される。この減少されたマトリクスは、図2で P_{13} と P_{14} で示されている、2つのパスへ再び分割される。

【0020】

ここでは P_{13} の1つの方向沿では、フィルタリングは、フィルタ関数 $g(n)$ で列に沿って適用される。フィルタされたデータは、2によりサブサンプルされる。1つおきの行が、保持される。これは、詳細信号 D^7 を発生する。

【0021】

他の方向 P_{14} では、フィルタリングは、この実施例では、フィルタ関数 $h(n)$ で列に沿って適用される。フィルタされたデータは、2によりサブサンプルされる。従って、マトリクスの1つおきの行が、保持される。これは、詳細信号 V' を発生する。

【0022】

このように、例えば、水平、垂直及び、対角、時間のような、エッジ情報の変化を提供する、7つの詳細なサブブロックが、抽出される。この実施例の、他の又は第8番目の、サブブロック又は構成要素は、この実施例では $h(n)$ のような低域通過フィルタリングによる、低解像度での適用されたビデオシーケンスである。以下に更に詳細に説明するように、これらのブロックを発生するために圧縮を適用することは、例えば、それゆえに、3-D符号化を生じうる。

【0023】

観測は、そのような3Dウェーブレット変換を適用することにより発生されたウェーブレット係数は、例えば、典型的には、低エネルギー内容であることがわかることを示す。例えば、多数のウェーブレット変換係数値は、ゼロ又は、小さな大きさの値である。標準的な方法は、典型的には、幾つかのパスでこれらのフレームを符号化し、そして、現在のしきい値と低値係数を比較する。これは、低圧縮比と符号化効率となる。このように、改善された結果は、低エネルギー内容係数と取り組む機構又は技術を適用することにより得られる。

10

20

30

40

50

【0024】

3Dウェーブレット変換の前述の実施例の特徴は、以下を含みうる。離散3D-ウェーブレット変換は、画像を、1つは、低周波数サブバンド(LLL)及び、7つの高周波数サブバンド(LLH, LHL, LHH, HLL, HLH, HHL, HHH)の7つのサブバンドに分解する。LLLサブバンドは、元の画像の特徴を含み、そして、更に複数のレベルへ分解されうる。一例の応用では、図4に示されたように、例えば、分解は、4レベルまでのqcifビデオに適用される(寸法144*176*x、ここでxはそれぞれサイズ16又は32である)。

【0025】

例示の変換のレベルは、図4に番号付けされている。係数の走査パターンは、変換の埋め込み特性に影響を与えうる。係数は、この特定の実施例では、図4に示されたように、粗いレベルの係数の前に精密なレベルの係数が走査されないように、走査されうる。前述の同時に出願されている、米国特許出願番号09/867,781(弁護士名簿番号042390.P11706)で使用されているアプローチのような、ゼロツリー検索(ZTS)についての親子関係は、図4のように、以下で与えられる。もちろん、これは、一例であり、請求項の主題はこの特定のZTR又は走査アプローチに限定されない。また、この特定のアプローチでは、LLLバンドは、符号化シーケンスの一部ではない。例えば、無損失符号化法がその伝送に適用されうる。この実施例での、符号化のための開始しきい値は、1としてとられる。連続するパスでは、しきい値は、例えば2のような、1より大きい乗算係数により増加される。そのようなパスの合計数は、そのような実施例については、

10

20

【数1】

$$\lfloor \log_2(\max) \rfloor + 1$$

により与えられ、ここでmaxは、符号化される係数の大きさの中の最大値を示す。前述の米国特許出願番号09/867,781(弁護士名簿番号042390.P11706)のように、ビットベースの条件符号化機構が適用されるが、しかし、再び、請求項の主題はこれに関する範囲に限定されない。そのようなアプローチでは、しかしながら、真又は偽である特定の条件に従って、前述の出願に記載されているように、ビット1又は0が符号化される。

30

【0026】

復号と再構成については、この実施例について、逆の手順が適用されうる。例えば、復号器は、係数マトリクスを再構成するために、符号化器により発生されたビットストリームの復号を開始する。そのような復号機構は、前述の米国特許出願番号09/867,781(弁護士名簿番号042390.P11706)で詳細に説明されるが、しかし再び、請求項の主題はこのアプローチの範囲に限定されない。一般的には、しかしながら、符号化に使用されているアプローチとシーケンスを復号するのに使用されるアプローチの間のある程度の対応又は関連は、典型的には、発生する。

40

【0027】

再構成又は復号については、以下に示されそして図3に示された、技術又はアプローチが、適用されうる。例えば、1つの特定の実施例については、逆3次元離散ウェーブレット変換(3DIDWT)を、複数の変換されたビデオ画像サブブロックに適用する方法は、サブブロックは変換されたフレームを含みそしてフレームは行と列を含み、以下を含みうる。変換されたビデオ画像サブブロックは、:行、列及びフレームごとに、個々のサブブロックをアップサンプリングし、;各それぞれの組みに対応するアップサンプルされたサブブロックを発生するために、アップサンプルされたサブブロックの1つ又はそれ以上の個々の組みをフィルタリングし且つ結合し、;1つのアップサンプルされたサブブロックが残るまで、発生されたアップサンプルされたサブブロックの組みに前を再適用し、;次

50

のより高い解像度でブロックを発生するために、1つの残りのアップサンプルされたサブブロックを8により乗算する、ことにより逆変換される。

【0028】

このアプローチを、以下のように、図3を参照して説明するが、請求項の主題はこの特定のアプローチの範囲に限定されない。詳細信号 D^1 は、アップサンプルされる。例えば、ゼロの行が、隣接する行の間に挿入される。このサブブロックは、そして、フィルタ関数 $g(n)$ で列に沿ってフィルタされる。詳細信号 D^2 は、アップサンプルされる。例えば、ゼロの行が、隣接する行の間に挿入される。このサブブロックは、そして、フィルタ関数 $h(n)$ で列に沿ってフィルタされる。 D_1 と D_2 へ前述の処理を適用した結果の出力信号は、図3に示されたように加算される。結果のサブブロックは、アップサンプルされる。例えば、ゼロの列が、隣接する列の間に挿入される。このマトリクスは、そして、仮の信号 I_1 を発生するために、フィルタ関数 $g(n)$ で行に沿ってフィルタされる。

10

【0029】

詳細信号 D^3 は、アップサンプルされる。例えば、ゼロの行が、行の間に挿入される。このサブブロックは、そして、フィルタ関数 $g(n)$ で列に沿ってフィルタされる。詳細信号 D^4 は、アップサンプルされる。例えば、ゼロの行が、行の間に挿入される。このサブブロックは、そして、フィルタ関数 $h(n)$ で列に沿ってフィルタされる。 D_3 と D_4 へ前述の処理を適用した結果の出力信号は、加算される。結果のサブブロックは、アップサンプルされる。例えば、ゼロの列が、列の間に挿入される。このマトリクスは、そして、フィルタ関数 $h(n)$ で行に沿ってフィルタされる。結果の出力信号は、仮の信号 I_1 と加算される。結果のサブブロックはアップサンプルされる。例えば、ゼロのフレームが、フレーム間に挿入される。このマトリクスは、そして、仮の信号 I_2 を発生するために、フィルタ関数 $g(n)$ でフレームに沿ってフィルタされる。

20

【0030】

詳細信号 D^5 は、アップサンプルされる。例えば、ゼロの行が、隣接する行の間に挿入される。このサブブロックは、そして、フィルタ関数 $g(n)$ で列に沿ってフィルタされる。詳細信号 D^6 は、アップサンプルされる。例えば、ゼロの行が、隣接する行の間に挿入される。このサブブロックは、そして、フィルタ関数 $h(n)$ で列に沿ってフィルタされる。 D_5 と D_6 へ前述の処理を適用した結果の出力信号は、図3に示されたように、加算される。結果のサブブロックは、アップサンプルされる。例えば、ゼロの列が、隣接する列の間に挿入される。このマトリクスは、そして、フィルタ関数 $g(n)$ で行に沿ってフィルタされる。このマトリクスは、そして、仮の信号 I_3 を発生するために、フィルタ関数 $g(n)$ で行に沿ってフィルタされる。

30

【0031】

詳細信号 D^7 は、アップサンプルされる。例えば、ゼロの行が、行の間に挿入される。このサブブロックは、そして、フィルタ関数 $g(n)$ で列に沿ってフィルタされる。詳細信号 V' は、アップサンプルされる。例えば、ゼロの行が、行の間に挿入される。このサブブロックは、そして、フィルタ関数 $h(n)$ で列に沿ってフィルタされる。結果の出力信号は、加算される。結果のサブブロックは、アップサンプルされる。例えば、ゼロの列が、列の間に挿入される。このマトリクスは、そして、フィルタ関数 $h(n)$ で行に沿ってフィルタされる。結果の出力信号は、仮の信号 I_3 と加算される。結果のサブブロックはアップサンプルされる。例えば、ゼロのフレームが、フレーム間に挿入される。このマトリクスは、そして、フィルタ関数 $h(n)$ でフレームに沿ってフィルタされる。結果の出力信号は、仮の信号 I_2 と、加算される。結果のサブブロックは、次のレベルの解像度へのサブマトリクスを得るために、8により乗算される。

40

【0032】

結果において、再構成のために、逆変換手順が適用されうる。例えば、この特定の実施例では、前述の特許出願に記載されているように、ビットベースの条件復号が適用されうる。詳細信号は、一旦有効になると、より高解像度での再構成された画像を得るために、低解像度画像と結合されうる。

50

【0033】

前述の特定の実施例は、2つの一般的なビデオシーケンス：ミスアメリカ（中程度の動き）及び自動車シーケンス（高速の動き）に適用された。圧縮性能は、図5の表に示されている。このテーブルは、非常に大きな圧縮が、目に見える雑音の増加なしに達成されうることも示す。

【0034】

請求項の主題は、記載されそして示された特定の実施例の範囲に制限されないが、しかし、これらの実施例は多くの潜在的な利点を提供する。適用される3Dウェーブレット変換技術は、空間と時間の冗長度を利用することにより、画像シーケンス内の冗長度を減少させることが示された。この特定の実施例では、計算的に複雑な動き推定/補償技術を使用していない。同様に、動き推定/補償ベースのDCT技術が適用されないので、再構成されたビデオは一般的には、より少ない視覚的な妨害又はブロック歪みを有する。多くの部分については、前に記載の符号化機構が、計算的に高速であり、そして、少ないビットを使用することにより3Dウェーブレット変換された係数を効率的に符号化する。これゆえに、それは、圧縮性能を改善する。更に、前述の実施例は、更に、例えば、初期パスを順次落とすことにより、更に修正される。更に、前述の同時に出願されている特許出願に開示されているように、ビット面処理を適用することにより、前述の技術に対して小修正で、並行する実行が使用されうる。同様にビット面符号化及び復号のアプローチは、ビデオ符号化器のそのような実施例を、順次符号化環境について適するようにする。

【0035】

もちろん特定の実施例が記載されたが、請求項の主題は、特定の実施例又は実行への範囲に限定されないことは、理解されよう。例えば、一実施例は、集積回路チップで動作して実行されるような、ハードウェアであり、一方他の実施例はソフトウェアでもよい。同様に、実施例は、例えば、ファームウェア又は、ハードウェア、ソフトウェア又は、ファームウェアの組み合わせでも良い。同様に、請求項の主題はこれに関する範囲に限定されないが、一実施例は、記憶媒体のような物を含みうる。例えば、CD-ROM又はディスクのような、そのような記憶媒体は、その上に記憶された命令を有し、これは、例えば、コンピュータシステム又はプラットフォーム又は、画像化又はビデオシステムのような、システムにより実行されたときに、前述のような例えば、ビデオ又は画像処理の方法の実施例のような、請求項の主題に従って方法の実施例が実行されることとなる。例えば、画像又はビデオ処理プラットフォーム又は他の処理システムは、ビデオ又は画像処理ユニット、ビデオ又は画像入力/出力装置及び/又はメモリを含みうる。

【0036】

請求項の主題のある特定の特徴が説明されここで開示されたが、多くの修正、代替、変更及び、等価物は、当業者は思いつくであろう。従って、添付の請求項は、そのような修正及び変更を、請求項の主題の精神の範囲内であるようにカバーすると考えられることは、理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】そのサブブロックを有する1レベルの3Dウェーブレット変換の概略を示す図である。

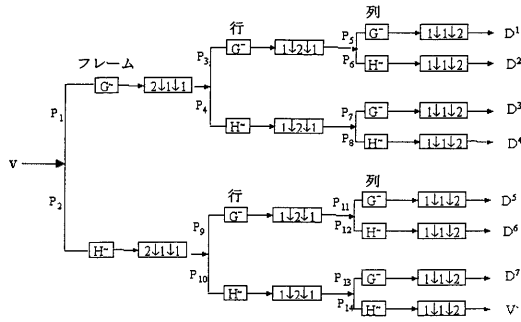
【図2】3Dウェーブレット変換の符号化を実行する方法の一実施例の処理フローである。

【図3】3Dウェーブレット変換の復号を実行する方法の一実施例の処理フローである。

【図4】3Dウェーブレット変換についてのブロックとサブブロックの間の親子関係を示す概略図である。

【図5】3Dウェーブレット変換を符号化する方法の一実施例を適用する代表的な結果を示すテーブルである。

【 図 2 】



- X : フィルタでの畳み込み (フレーム又は行又は列)
- $2\downarrow 1\downarrow 1$: 2つのフレームから1つを保持
- $1\downarrow 2\downarrow 1$: 2つの列から1つを保持
- $1\downarrow 1\downarrow 2$: 2つの行から1つを保持

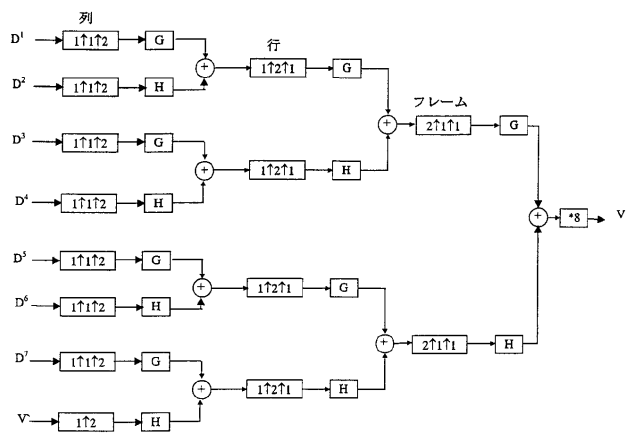
ここで

$$g^{-}(n) = g(-n)$$

$$h^{-}(n) = h(-n)$$

$$g(n) = (-1)^{n-1}, h(1-n)$$

【 図 3 】

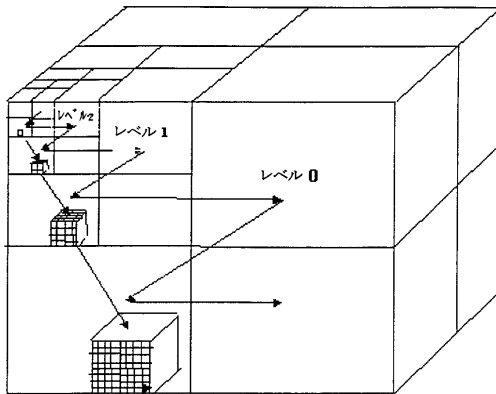


- $2\uparrow 1\uparrow 1$: 各フレーム間にゼロのフレームを挿入
- $1\uparrow 2\uparrow 1$: 各列間にゼロの列を挿入
- $1\uparrow 1\uparrow 2$: 各行間にゼロの行を挿入

ここで

$$g(n) = (-1)^{n-1}, h(1-n)$$

【 図 4 】



【 図 5 】

テーブル：ミスアメリカ（中程度の動き）と自動車（高速の動き）ービデオシーケンスに関する提案されたアルゴリズムの性能

	量子化なしの性能		量子化を有する性能	
	圧縮比	PSNR	圧縮比	PSNR
ミスアメリカ	25.92	40.82	-	-
	48.80	37.68	87.60	36.42
	116.34	33.92	243.27	32.46
自動車	4.21	36.28	27.24	31.08
	12.08	30.53	64.13	28.01

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
5 December 2002 (05.12.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/097734 A2

- (51) International Patent Classification: **G06T 15/00**
- (21) International Application Number: PCT/US02/16378
- (22) International Filing Date: 23 May 2002 (23.05.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
09/867,784 29 May 2001 (29.05.2001) US
- (71) Applicant: **INTEL CORPORATION** [US/US]; 2200 Mission College Boulevard, Santa Clara, CA 95052 (US).
- (72) Inventors: **ACHARYA, Tinku**; 4840 West Irie Street, Chandler, AZ 85226 (US). **RAGHU, Kokko**; Lig 'B'-213, Dr. A.S., Rao Nagar (Ech Post), Hyderabad, Andhra Pradesh 500062 (IN). **BISWAS, Prabir**; Department of Electronics and Electrical Communication Engineering, Indian Institute of Technology, Kharagpur 721302 (IN).
- (74) Agents: **MALLIE, Michael, J.**; Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman, 12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor, Los Angeles, CA 90025 et al. (US).
- (81) Designated States (*national*): AF, AG, AI, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GI, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:**
— without international search report and to be republished upon receipt of that report
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*



WO 02/097734 A2

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR THREE-DIMENSIONAL WAVELET TRANSFORM

(57) Abstract: Embodiments of a three-dimensional wavelet transform are described.

WO 02/097734

PCT/US02/16378

METHOD AND APPARATUS FOR THREE-DIMENSIONAL WAVELET
TRANSFORM

5 RELATED APPLICATIONS

This patent application is related to U.S. Patent Application Serial No. 09/390,255, titled "Zerotree Encoding of Wavelet Data," filed September 3, 1999, by Acharya et al.; U.S. Patent Application Serial No. 09/723,123, titled "Encoding of Wavelet Transformed Error Data," filed November 27, 2000, by Acharya et al.; 10 and concurrently filed U.S. Patent Application Serial No. _____, titled "Method and Apparatus for Coding of Wavelet Transformed Coefficients," filed _____, by Acharya et al. (attorney docket 042390.P11706); all of the foregoing assigned to the assignee of the presently claimed subject matter. 15 Concurrently filed U.S. Patent Application Serial No. _____, titled "Method and Apparatus for Coding of Wavelet Transformed Coefficients," filed _____, by Acharya et al. (attorney docket 042390.P11706) is herein incorporated by reference.

20

BACKGROUND

This disclosure is related to three dimensional (3D) image and/or video transforms.

25

3D subband coding, an extension of 2D subband coding, has recently

WO 02/097734

PCT/US02/16378

received increased attention due, at least in part, to the following reasons. First, it typically produces less blocking artifacts, which is a common problem with alternate coding methods, such as motion compensation (MC) and discrete cosine transform (DCT) approaches, particularly at low bitrates. Second, unlike
5 MC compression methods, it does not employ a separate motion estimation stage. Third, it is scalable, both spatially and temporally. The efficiency of the wavelet based codes lies in the applied coding schemes, such as described in an article by Shapiro "Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients," IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 41, No. 12, pp.
10 3445-3459, December 1993, for example, which codes wavelet coefficients efficiently.

Unfortunately, the performance of these techniques may be low when dealing with the wavelet coefficients of low energy content. Furthermore,
15 observation indicates that wavelet coefficients generated by a 3D wavelet transform may be of low energy content. For example, a majority of the wavelet transformed coefficient values may be zero or have a value of small magnitude. The standard method makes several passes to code these frames and, in each of these passes, compares the current threshold value with this low-valued
20 coefficients. This may result in a lower compression ratio and coding efficiency. A need, therefore, exists for an approach that at least roughly maintains coding efficiency and compression ratio.

25

2

WO 02/097734

PCT/US02/16378

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Subject matter is particularly pointed out and distinctly claimed in the concluding portion of the specification. The claimed subject matter, however,
5 both as to organization and method of operation, together with objects, features, and advantages thereof, may best be understood by reference of the following detailed description when read with the accompanying drawings in which:

FIG. 1 is a schematic diagram showing one level of a 3D wavelet transform
10 with its sub-blocks;

FIG. 2 is a process flow of one embodiment of a method to implement coding a 3D wavelet transform;

15 FIG. 3 is a process flow of one embodiment of a method to implement decoding a 3D wavelet transform;

FIG. 4 is a schematic diagram illustrating a parent-child relationship between blocks and sub-blocks for a 3D wavelet transform; and
20

FIG. 5 is a table illustrating representative results of applying an embodiment of a method of coding a 3D wavelet transform.

25

WO 02/097734

PCT/US02/16378

DETAILED DESCRIPTION

In the following detailed description, numerous specific details are set forth in order to provide a thorough understanding of the claimed subject matter.

5 However, it will be understood by those skilled in the art that the claimed subject matter may be practiced without these specific details. In other instances, well-known methods, procedures, components and circuits have not been described in detail in order so as not to obscure the claimed subject matter.

10 A multi-resolution wavelet representation may provide a simple hierarchical framework for interpreting an image. At different resolutions, the details of an image may generally characterize different physical structures of the scene. A coarse to fine coding approach, for example, may assist in coding of the transformed image by assisting in effective compression. When a similar
15 approach is applied to a video sequence, generating a 3-D transform may be involved. Such a representation may also indicate the different physical structures of the sequence, but, rather than edge information, subblocks may be produced indicating edge movements in time. One embodiment of a procedure to perform a 3-D wavelet transform may be as follows, although, the claimed subject matter is
20 not limited in scope to this particular approach or embodiment. For example, an embodiment of a method of applying a three-dimensional discrete wavelet transformation (DWT) to a plurality of video images may include the following. The plurality of video images may comprise frames, and the frames may comprise rows and columns. In such a method, a plurality of blocks of DWT
25 coefficients

WO 02/097734

PCT/US02/16378

may be produced by: respectively and successively filtering along a sequence of frames, a sequence of columns and a sequence of rows of the plurality of video images; after applying each filter operation, subsampling the result of applying the filter operation; and after producing the blocks of DWT coefficients, applying a bit-based conditional coding to embedded zero tree code the DWT coefficients. This is described in more detail below in conjunction with FIG. 2

The input video sequence, here designated V , may be treated as a 3-D block with the different frames arranged substantially according to time position. This sequence, as illustrated in FIG. 2, in this particular embodiment may be fed to two paths, designated P_1 and P_2 in Fig. 2. Along one path, here P_1 , filtering along the time axis may be applied, in this embodiment with filter function $g(n)$. The filtered data, again, in this particular embodiment may be sub-sampled, here by 2. Thus, in this embodiment, alternative frames of the block may be retained. The frames from this reduced block may be again fed into two paths, here P_3 and P_4 , as illustrated in FIG. 2.

Along one of the paths or sub-paths, such as here P_3 , filtering may be applied along the rows, again with filter function $g(n)$. The filtered data, again, in this particular embodiment may be sub-sampled, here by 2. Here, alternative columns of the matrix or frame may be retained. This reduced matrix may be fed into two paths, P_5 and P_6 as illustrated in FIG. 2.

Along direction P_5 , here, filtering may be applied along the columns with

WO 02/097734

PCT/US02/16378

filter function $g(n)$. The filtered data may be sub-sampled by 2. Alternative rows of the matrix may be retained. This may produce a detail signal, D^1 .

Along the other direction, here P_6 , filtering may be applied along the
5 columns with filter function $h(n)$, in this particular embodiment. The filtered data may be sub-sampled by 2, again, for this particular embodiment. Alternative rows of the matrix may be retained. This may produce a detail signal, D^2 .

In the other sub-path, here P_4 , filtering may be applied along the rows with
10 filter function $h(n)$. The filtered data may be sub-sampled by 2. Alternative columns of the matrix may be retained. This reduced matrix may be again split into two paths, P_7 and P_8 in FIG. 2.

In one direction P_7 , filtering may be applied along the columns, here with
15 filter function $g(n)$. The filtered data may be sub-sampled by 2. Here, alternative rows of the matrix may be retained. This may produce a detail signal, D^3 .

In the other direction P_8 , filtering may be applied along the columns, here
with filter function $h(n)$. The filtered data may be sub-sampled by 2. Alternative
20 rows of the matrix may be retained. This may produce a detail signal, D^4 .

In the other path, here P_2 , filtering may be applied along the time axis, here
with filter function $h(n)$ in this embodiment. The filtered data may be sub-sampled
by 2, in this embodiment. Alternative frames of the block may be retained. The
25 frames from this reduced block may be again fed into two paths, P_9 and P_{10} in
6

WO 02/097734

PCT/US02/16378

FIG. 2.

In one sub-path P_9 , filtering may be applied along the rows, with filter function $g(n)$ in this embodiment. The filtered data may be sub-sampled by 2. Thus, alternative columns of the matrix or frame may be retained. This reduced matrix may be again fed into two paths, P_{11} and P_{12} in FIG. 2.

In one direction, here P_{11} , filtering may be applied along the columns, here with filter function $g(n)$. The filtered data may be sub-sampled by 2. Thus, alternative rows of the matrix may be retained. This may produce a detail signal, D^5 .

In the other direction, here P_{12} , filtering may be applied along the columns, here with filter function $h(n)$. The filtered data may be sub-sampled by 2. Thus, alternative rows of the matrix may be retained. This may produce a detail signal, D^6 .

In the other sub-path P_{10} , filtering may be applied along the rows, here using $h(n)$. The filtered data may be sub-sampled by 2. Alternative columns of the matrix may be retained. This reduced matrix may again be split into two paths, P_{13} and P_{14} in this embodiment.

In one direction, here P_{13} , filtering may be applied along the columns with filter function $g(n)$. The filtered data may be sub-sampled, here by 2. Alternative rows may be retained. This may produce a detail signal, D^7 .

WO 02/097734

PCT/US02/16378

In the other direction P_{14} , filtering may be applied along the columns with filter function $h(n)$ in this embodiment. The filtered data may be sub-sampled by 2. Therefore, alternative rows of the matrix may be retained. This may produce a
5 detail signal, V' .

Thus, seven detail subblocks may be extracted that provide the variations of the edge information, eg, horizontal, vertical and diagonal, with time. The other, or eighth, subblock or component, in this embodiment, may be the applied video
10 sequence at a lower resolution, due to low pass filtering, such as by $h(n)$ in this embodiment. Applying compression to produce these blocks, such as described in more detail hereinafter, for example, therefore, may produce 3-D coding.

Observation indicates that wavelet coefficients generated by applying such
15 a 3D wavelet transform, for example, may typically be found to be of low energy content. For example, the majority of the wavelet transformed coefficient values are zeros or values of small magnitude. The standard method typically makes several passes to code these frames and compares the current threshold value with low-valued coefficients. This may result in a lower compression ratio and
20 coding efficiency. Thus, improved results may be obtained by applying a scheme or technique to address low energy content coefficients.

Characteristics of the foregoing embodiment of a 3D wavelet transform may include the following. A discrete 3D-Wavelet transform may decompose an
25 image into seven subbands, one low frequency subband (LLL) and seven high
8

WO 02/097734

PCT/US02/16378

frequency subbands (LLH,LHL,LHH, HLL,HLH, HHL,HHH). The LLL subband may include characteristics of the original image and may be further decomposed in multiple levels. In one example application, illustrated in FIG. 4, for example, the decomposition may be applied to the qcif video for up to 4 levels (dimensions
5 144*176*x, here x being of size 16 or 32, respectively).

The levels of an example transform are numbered in FIG. 4. The scanning pattern of the coefficients may affect the embedded nature of the transform. The coefficients may be scanned in this particular embodiment in such a way so that
10 no finer level coefficients are scanned before the coarser ones, as indicated in FIG. 4. The parent-child relationship for a zero tree search (ZTR), such as the approach employed in aforementioned concurrently filed patent application serial no. _____ (attorney docket 042390.P11706), is given below in FIG. 4. Of course, this is just one example and the claimed subject matter is not limited in
15 scope to this particular ZTR or scanning approach. Also in this particular approach, the LLL band is not part of the coding sequence. For example, a lossless coding method may be applied for its transmission. The starting threshold for the coding, in this embodiment, may be taken as 1. In successive passes, the threshold may be increased by a multiplicative factor greater than
20 one, such as two, for example. The total number of such passes may be given as $\lfloor \log_2(\max) \rfloor + 1$, for such an embodiment, where **max** denotes the maximum value among the magnitudes of the coefficients to be encoded. As in the aforementioned patent application serial no. _____, (attorney-docket 042390.P1106), a bit-based conditional coding scheme may be applied, although,

WO 02/097734

PCT/US02/16378

again, the claimed subject matter is not limited in scope in this respect. In such an approach, however, a bit 1 or 0 is coded, depending on particular conditions being true or false, as described in the aforementioned patent application.

5 For decoding and reconstruction, an inverse procedure may be applied, for this embodiment. The decoder, for example, may start decoding a bit stream generated by an encoder to reconstruction the coefficient matrix. Such a decoding scheme is explained in more detail in the aforementioned patent application serial no. _____ (attorney docket no. 042390.P11706), although,
10 again, the claimed subject matter is not limited in scope to this approach. In general, however, some amount of correspondence or association between the approach employed to encode and the approach employed to decode the sequence may typically take place.

15 For reconstruction or decoding, a technique or approach as described below and shown in Figure 3 may be applied. For example, for one particular embodiment, a method of applying an inverse three-dimensional discrete wavelet transformation (3D IDWT) to a plurality of transformed video image sub-blocks, the sub-blocks comprising transformed frames, and the frames comprising rows
20 and columns, may include the following. The transformed video image sub-blocks may be inverse transformed by: up-sampling the respective sub-blocks by row, column and frame; filtering and combining one or more respective pairs of up-sampled sub-blocks to produce an up-sampled sub-block corresponding to each respective pair; reapplying the previous to any produced up-sampled sub-
25 block pairs until one up-sampled sub-block remains; multiplying the one remaining

WO 02/097734

PCT/US02/16378

up-sampled sub-block by eight to produce a block at the next higher resolution.

This approach is described is illustrated with reference to FIG. 3 as follows,
5 although, the claimed subject matter is not limited in scope to this particular
approach. Detail signal D^1 may be up-sampled. For example, a row of zeros may
be inserted between adjacent rows. This sub-block may then be filtered along the
columns with the filter function $g(n)$. Detail signal D^2 may be up-sampled. For
example, a row of zeros may be inserted between adjacent rows. This sub-block
10 may then be filtered along the columns with the filter function $h(n)$. The resulting
output signals from applying the foregoing processes to D_1 and D_2 are added, as
illustrated in FIG. 3. The resultant sub-block may be up-sampled. For example, a
column of zeros may be inserted between adjacent columns. This matrix may
then be filtered along the rows with the filter function $g(n)$ to produce interim
15 signals I_1 .

Detail signal D^3 may be up-sampled. For example, a row of zeros may be
inserted between rows. This sub-block may then be filtered along the columns
with the filter function $g(n)$. Detail signal D^4 may be up-sampled. For example, a
20 row of zeros may be inserted between rows. This sub-block may then be filtered
along the columns with the filter function $h(n)$. The resultant output signals from
applying the foregoing processes to D_3 and D_4 may be added. The resultant sub-
block may ne up-sampled. For example, a column of zeros may be inserted
between columns. This matrix may then then filtered along the rows with the filter

WO 02/097734

PCT/US02/16378

function $h(n)$. The resultant output signals here may be added with interim signals I_1 . The resultant sub-block may be up-sampled. For example, a frame of zeros may be inserted between frames. This matrix may be then filtered along the frames with the filter function $g(n)$ to produce interim signals I_2 .

5

Detail signal D^5 may be up-sampled. For example, a row of zeros may be inserted between adjacent rows. This sub-block may then be filtered along the columns with the filter function $g(n)$. Detail signal D^6 may be up-sampled. For example, a row of zeros may be inserted between adjacent rows. This sub-block may then be filtered along the columns with the filter function $h(n)$. The resulting output signals from applying the foregoing processes to D_5 and D_6 may be added, as illustrated in FIG. 3. The resultant sub-block may be up-sampled. For example, a column of zeros may be inserted between adjacent columns. This matrix may then be filtered along the rows with the filter function $g(n)$ to produce interim signals I_3 .

15

Detail signal D^7 may be up-sampled. For example, a row of zeros may be inserted between rows. This sub-block may then be filtered along the columns with the filter function $g(n)$. Detail signal V' may be up-sampled. For example, a row of zeros may be inserted between rows. This sub-block may then be filtered along the columns with the filter function $h(n)$. The resultant output signals may be added. The resultant sub-block may be up-sampled. For example, a column of zeros may be inserted between columns. This matrix may then be filtered along the rows with the filter function $h(n)$. The resultant output signals may be added

20

WO 02/097734

PCT/US02/16378

with interim signals I_3 . The resultant sub-block may be up-sampled. For example, a frame of zeros may be inserted between frames. This matrix may then be filtered along the frames with the filter function $h(n)$. The resultant output signals may be added with interim signals I_2 . The resultant sub-block may be multiplied by 8 to get the sub-matrix to the next level of resolution.

In effect, for reconstruction, an inverse transform procedure may be applied. For example, in this particular embodiment, a bit-based conditional decoding may be applied, as described in the aforementioned patent application. The detail signals, once available, may be combined with the low-resolution image to get the reconstructed image at a higher resolution.

The particular embodiment previously described has been applied on two popular video sequences: Miss America (moderate motion) and Car sequence (fast motion). The compression performance has been presented in the table in FIG. 5. This table also illustrates that significantly greater compression may be achieved without an appreciable increase in noise.

Although the claimed subject matter is not limited in scope to the particular embodiments described and shown, nonetheless, these embodiments provide a number of potential advantages. An applied 3D wavelet transformation technique has been shown to reduce redundancies in the image sequence by taking advantage of spatial as well as temporal redundancies. No computationally complex motion estimation/compensation technique is employed in this particular embodiment. Likewise, since no motion estimation/compensation based DCT

WO 02/097734

PCT/US02/16378

technique is applied, the reconstructed video generally has fewer visually annoying or blocking artifacts. For the most part, the previously described coding scheme is computationally faster and efficiently codes the 3D wavelet transformed coefficients by employing fewer bits. Hence, it improves
5 compression performance. Furthermore, the previously described embodiment may be further modified to achieve greater compression, for example, by dropping initial passes progressively. Furthermore, by applying bit-plane processing, such as described in the aforementioned concurrently filed patent application, with minor modifications to the previously described technique,
10 parallel execution may be employed. Likewise, a bit-plane coding and decoding approach makes such an embodiment of a video coder suitable for a progressive coding environment.

It will, of course, be understood that, although particular embodiments
15 have just been described, the claimed subject matter is not limited in scope to a particular embodiment or implementation. For example, one embodiment may be in hardware, such as implemented to operate on an integrated circuit chip, for example, whereas another embodiment may be in software. Likewise, an embodiment may be in firmware, or any combination of hardware, software, or
20 firmware, for example. Likewise, although the claimed subject matter is not limited in scope in this respect, one embodiment may comprise an article, such as a storage medium. Such a storage medium, such as, for example, a CD-ROM, or a disk, may have stored thereon instructions, which when executed by a system, such as a computer system or platform, or an imaging or video system, for
25 example, may result in an embodiment of a method in accordance with the

WO 02/097734

PCT/US02/16378

claimed subject matter being executed, such as an embodiment of a method of video or image processing, for example, as previously described. For example, an image or video processing platform or another processing system may include a video or image processing unit, a video or image input/output device and/or
5 memory.

While certain features of the claimed subject matter have been illustrated and described herein, many modifications, substitutions, changes and equivalents will now occur to those skilled in the art. It is, therefore, to be understood that the
10 appended claims are intended to cover all such modifications and changes as fall within the true spirit of the claimed subject matter.

WO 02/097734

PCT/US02/16378

Claims:

- 5 1. A method of applying a three-dimensional discrete wavelet transformation (DWT) to a plurality of video images, said plurality comprising frames, and said frames comprising rows and columns, said method comprising:
- producing a plurality of blocks of DWT coefficients by:
- respectively and successively filtering along a sequence of frames,
- 10 a sequence of columns and a sequence of rows of the plurality of video images;
- after applying each filter operation, subsampling the result of applying the filter operation; and
- after producing the blocks of DWT coefficients, applying a bit-based
- 15 conditional coding to embedded zero tree code the DWT coefficients.
2. The method of claim 1, wherein subsampling comprises dropping alternate frames, alternate columns and alternate rows after corresponding filter operations.
- 20 3. The method of claim 1, wherein a plurality of blocks comprises eight blocks.
4. The method of claim 1, wherein applying a filter operation comprises, for
- 25 each filter operation, applying one of a high pass filter and a low pass filter.
5. An integrated circuit comprising:

WO 02/097734

PCT/US02/16378

an architecture to apply a three-dimensional discrete wavelet transformation (DWT) to a plurality of video images and produce a plurality of blocks of DWT coefficients, said plurality comprising frames, and said frames comprising rows and columns;

5 said architecture adapted to (a) respectively and successively filter along a sequence of frames, a sequence of columns and a sequence of rows of the plurality of video images using, for each filter operation, one of a high pass and a low pass filter, (b) after applying each filter operation, subsample the result of applying the filter operation, and (c) after producing the blocks of DWT
10 coefficients applying a bit-based conditional coding to embedded zero tree encode the DWT coefficients.

6. The integrated circuit of claim 5, wherein said architecture comprises at least one of the following: hardware, software, firmware, and any combination
15 thereof.

7. The integrated circuit of claim 6, wherein said subsampling capability of said architecture comprises being adapted to drop alternate frames, alternate columns and alternate rows after corresponding filter operations.
20

8. The integrated circuit of claim 6, wherein a plurality of blocks comprises eight blocks.

9. The integrated circuit of claim 6, wherein applying a filter operation
25 comprises, for each filter operation, applying one of a high pass filter and a low

WO 02/097734

PCT/US02/16378

pass filter.

10. A method of applying an inverse three-dimensional discrete wavelet
5 transformation (3D IDWT) to a plurality of transformed video image sub-blocks,
said sub-blocks comprising transformed frames, and said frames comprising rows
and columns, said method comprising:

inverse transforming the sub-blocks of transformed video images by:

- 10 (1) applying a bit-based conditional decoding to the embedded zero
tree encoded DWT coefficients of the block to obtain a DWT
coefficient matrix;
- (2) up-sampling respective sub-blocks of the DWT coefficient matrix
by row, column and frame;
- 15 (3) filtering and combining one or more respective pairs of up-
sampled sub-blocks to produce an up-sampled sub-block
corresponding to each respective pair;
- (4) reapplying (3) to any produced up-sampled sub-block pairs until
one up-sampled sub-block remains;
- 20 (5) multiplying the one remaining up-sampled sub-block by eight to
produce a block at the next higher resolution.

11. The method of claim 10, wherein the respective sub-blocks of the DWT
matrix comprise eight sub-blocks.

25 12. The method of claim 10, wherein filtering and combining one or more
respective pairs of up-sampled sub-blocks comprises applying an inverse low-

WO 02/097734

PCT/US02/16378

pass filter to one up-sampled sub-block of the pair and applying a high-pass filter to the other up-sampled sub-block of the pair.

13. The method of claim 10, wherein up-sampling comprises inserting
5 alternate frames, alternate columns and alternate rows.

14. An integrated circuit comprising:
an architecture to apply an inverse three-dimensional discrete wavelet
transformation (3D IDWT) to a plurality of transformed video image sub-blocks,
10 said sub-blocks comprising transformed frames, and said frames comprising rows
and columns;

said architecture adapted to inverse transforming the sub-blocks of
transformed video images by:

(a) applying a bit-based conditional decoding to the embedded zero tree encoded
15 DWT coefficients of the block to obtain a DWT coefficient matrix; (b) up-sampling
respective sub-blocks of the DWT coefficient matrix by row, column and frame; (c)
filtering and combining one or more respective pairs of up-sampled sub-blocks to
produce an up-sampled sub-block corresponding to each respective pair; (d)
reapplying (c) to any produced up-sampled sub-block pairs until one up-sampled
20 sub-block remains; and (e) multiplying the one remaining up-sampled sub-block
by eight to produce a block at the next higher resolution.

15. The integrated circuit of claim 14, wherein said architecture comprises at
least one of the following: hardware, software, firmware, and any combination
25 thereof.

WO 02/097734

PCT/US02/16378

16. The integrated circuit of claim 15, wherein the respective sub-blocks of the DWT coefficient matrix comprise eight sub-blocks.

5

17. The integrated circuit of claim 15, wherein filtering and combining one or more respective pairs of up-sampled sub-blocks comprises applying an inverse low-pass filter to one up-sampled sub-block of the pair and applying a high-pass filter to the other up-sampled sub-block of the pair.

10

18. The integrated circuit of claim 15, wherein up-sampling comprises inserting alternate frames, alternate columns and alternate rows.

19. An article comprising: a storage medium having stored thereon instructions, said instructions, when executed by a computing platform, resulting in applying a three-dimensional discrete wavelet transformation (DWT) to a plurality of video images, said plurality comprising frames, and said frames comprising rows and columns, by:

15

producing a plurality of blocks of DWT coefficients by:

20

respectively and successively filtering along a sequence of frames, a sequence of columns and a sequence of rows of the plurality of video images;

after applying each filter operation, subsampling the result of applying the filter operation; and

25

after producing the blocks of DWT coefficients, applying a bit-based

20

WO 02/097734

PCT/US02/16378

conditional coding to embedded zero tree code the DWT coefficients.

20. The article of claim 19, wherein the plurality of sub-blocks comprises eight sub-blocks.

5

21. The article of claim 19, wherein filtering and combining one or more respective pairs of up-sampled sub-blocks comprises applying an inverse low-pass filter to one up-sampled sub-block of the pair and applying a high-pass filter to the other up-sampled sub-block of the pair.

10

22. An article comprising: a storage medium having stored thereon instructions, said instructions, when executed by a computing platform, resulting in applying an inverse three-dimensional discrete wavelet transformation (3D IDWT) to a plurality of transformed video image sub-blocks, said sub-blocks comprising

15 transformed frames, and said frames comprising rows and columns, by:

- (1) applying a bit-based conditional decoding to the embedded zero tree encoded DWT coefficients of the block to obtain a DWT coefficient matrix;
- (2) up-sampling respective sub-blocks of the DWT coefficient matrix by row, column and frame;
- (3) filtering and combining one or more respective pairs of up-sampled sub-blocks to produce an up-sampled sub-block corresponding to each respective pair;
- (4) reapplying (3) to any produced up-sampled sub-block pairs until one up-sampled sub-block remains; and

20

25

WO 02/097734

PCT/US02/16378

(5) multiplying the one remaining up-sampled sub-block by eight to produce a block at the next higher resolution.

23. The article of claim 22, wherein the respective sub-blocks of the DWT
5 coefficient matrix comprise eight sub-blocks.

24. The article of claim 22, wherein filtering and combining one or more
respective pairs of up-sampled sub-blocks comprises applying an inverse low-
pass filter to one up-sampled sub-block of the pair and applying a high-pass filter
10 to the other up-sampled sub-block of the pair.

25. A system comprising:

an integrated circuit, a memory, and a bus coupling said integrated circuit
and memory;

15 wherein said integrated circuit includes an architecture to apply a three-
dimensional discrete wavelet transformation (DWT) to a plurality of video images
and produce a plurality of blocks of DWT coefficients, said plurality comprising
frames, and said frames comprising rows and columns;

said architecture adapted to (a) respectively and successively filter along a
20 sequence of frames, a sequence of columns and a sequence of rows of the
plurality of video images using, for each filter operation, one of a high pass and a
low pass filter, (b) after applying each filter operation, subsample the result of
applying the filter operation, and (c) after producing the blocks of DWT
coefficients applying a bit-based conditional coding to embedded zero tree
25 encode the DWT coefficients.

WO 02/097734

PCT/US02/16378

26. The system of claim 25, wherein said architecture comprises at least one of the following: hardware, software, firmware, and any combination thereof.
- 5 27. The system of claim 26, wherein said subsampling capability of said architecture comprises being adapted to drop alternate frames, alternate columns and alternate rows after corresponding filter operations.
28. The system of claim 26, wherein a plurality of blocks comprises eight
10 blocks.
29. The system of claim 26, wherein applying a filter operation comprises, for each filter operation, applying one of a high pass filter and a low pass filter.
- 15 30. A system comprising:
an integrated circuit, a memory, and a bus coupling said integrated circuit and memory;
wherein said integrated circuit comprises an architecture to apply an inverse three-dimensional discrete wavelet transformation (3D IDWT) to a
20 plurality of transformed video image sub-blocks, said sub-blocks comprising transformed frames, and said frames comprising rows and columns;
said architecture adapted to inverse transforming the sub-blocks of transformed video images by:
(a) applying a bit-based conditional decoding to the embedded zero tree encoded
25 DWT coefficients of the block to obtain a DWT coefficient matrix; (b) up-sampling

WO 02/097734

PCT/US02/16378

respective sub-blocks of the DWT coefficient matrix by row, column and frame; (c) filtering and combining one or more respective pairs of up-sampled sub-blocks to produce an up-sampled sub-block corresponding to each respective pair; (d) reapplying (c) to any produced up-sampled sub-block pairs until one up-sampled
5 sub-block remains; and (e) multiplying the one remaining up-sampled sub-block by eight to produce a block at the next higher resolution.

31. The system of claim 30, wherein said architecture comprises at least one of the following: hardware, software, firmware, and any combination thereof.

10

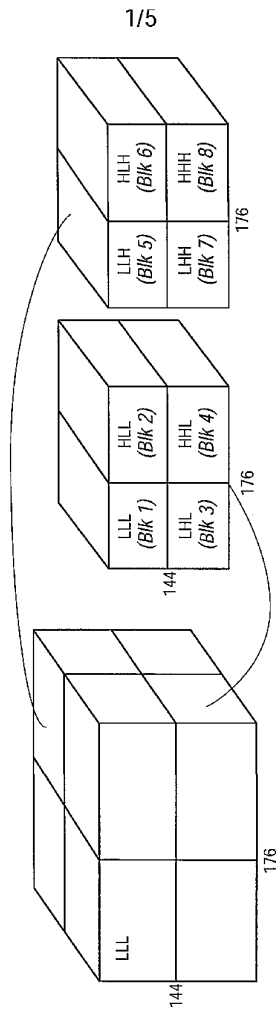
32. The system of claim 31, wherein the respective sub-blocks of the DWT coefficient matrix comprise eight sub-blocks.

33. The system of claim 31, wherein filtering and combining one or more
15 respective pairs of up-sampled sub-blocks comprises applying an inverse low-pass filter to one up-sampled sub-block of the pair and applying a high-pass filter to the other up-sampled sub-block of the pair.

34. The system of claim 31, wherein up-sampling comprises inserting alternate
20 frames, alternate columns and alternate rows.

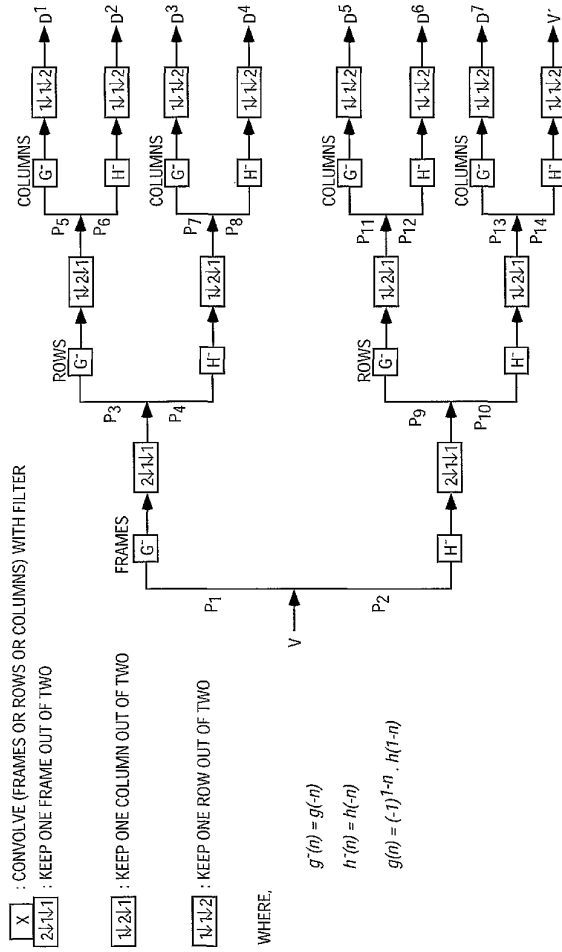
WO 02/097734

PCT/US02/16378



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

FIG. 1



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

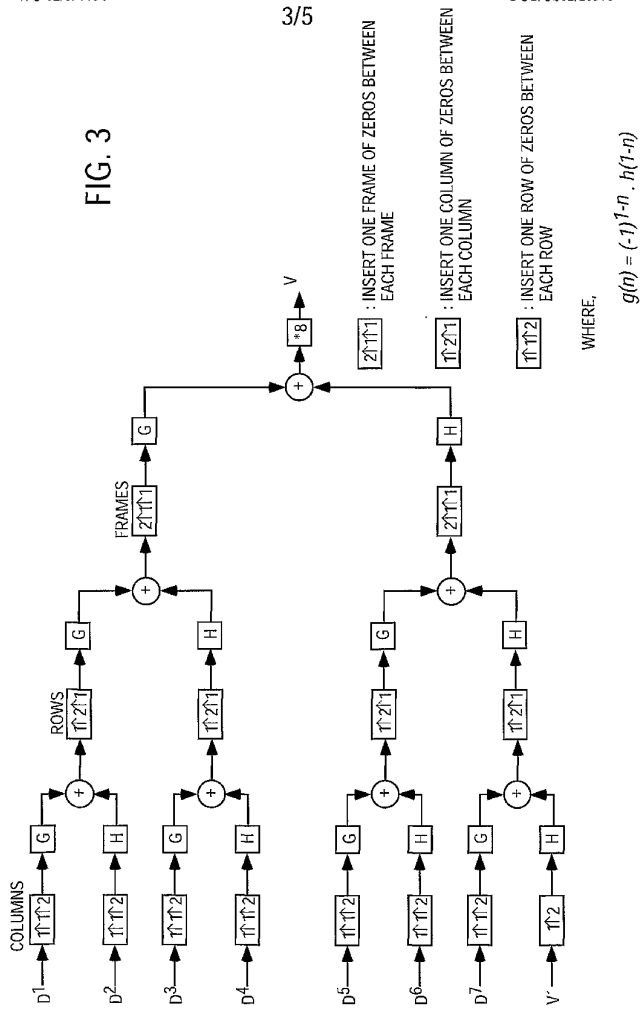
FIG. 2

WO 02/097734

3/5

PCT/US02/16378

FIG. 3



$z^{-1} \uparrow \uparrow 1$: INSERT ONE FRAME OF ZEROS BETWEEN EACH FRAME

$\uparrow \uparrow 2^{i-1}$: INSERT ONE COLUMN OF ZEROS BETWEEN EACH COLUMN

$\uparrow \uparrow 2$: INSERT ONE ROW OF ZEROS BETWEEN EACH ROW

WHERE,

$$g(n) = (-1)^{1-n} \cdot h(1-n)$$

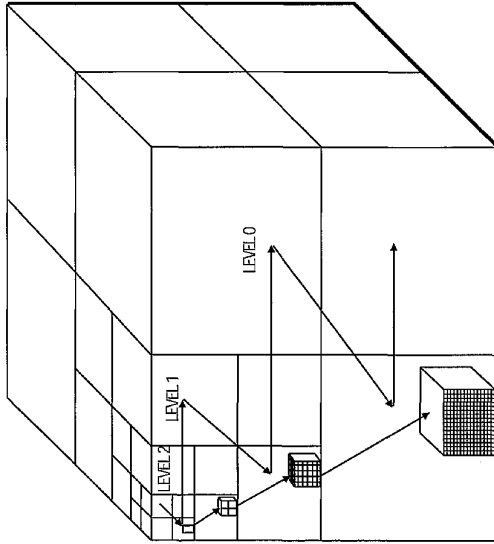


FIG. 4

Table: Performance of the proposed Algorithm on the video sequences - Miss America (moderate motion) and Car (high motion).

	Performance without quantization		Performance with quantization	
	Compression Ratio	PSNR	Compression Ratio	PSNR
Miss America	25.92	40.82	-	-
	48.80	37.68	87.60	36.42
	116.34	33.92	243.27	32.46
Car	4.21	36.28	27.24	31.08
	12.08	30.53	64.13	28.01

FIG. 5

【国際公開パンフレット(コレクトバージョン)】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



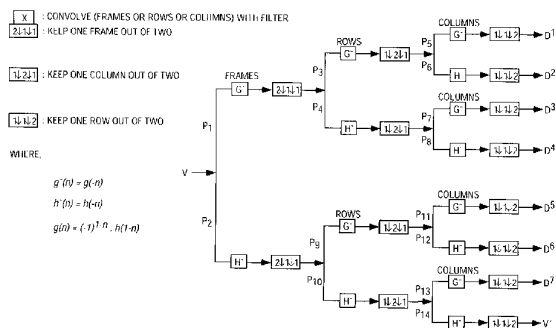
(43) International Publication Date
5 December 2002 (05.12.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/097734 A3

- (51) International Patent Classification: G06T 9/00, I104N 7/26
 - (21) International Application Number: PCT/US02/16378
 - (22) International Filing Date: 23 May 2002 (23.05.2002)
 - (25) Filing Language: English
 - (26) Publication Language: English
 - (30) Priority Data: 09/867,784 29 May 2001 (29.05.2001) US
 - (71) Applicant: INTEL CORPORATION [US/US]; 2200 Mission College Boulevard, Santa Clara, CA 95052 (US).
 - (72) Inventors: ACHARYA, Tinku; 4840 West Eric Street, Chandler, AZ 85226 (US). RAGHU, Kokko; Lig 'B'-213, Dr. A.S., Rao Nagar (Ech Post), Hyderabad, Andhra Pradesh 500062 (IN). BISWAS, Prabir; Department of Electronics and Electrical Communication Engineering, Indian Institute of Technology, Kharagpur 721302 (IN).
 - (74) Agents: MALLIE, Michael, J.; Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman, 12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor, Los Angeles, CA 90025 et al. (US).
 - (81) Designated States (national): AF, AG, AI, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GI, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
 - (84) Designated States (regional): ARIPPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:** — with international search report
- (88) Date of publication of the international search report:** 3 April 2003
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR THREE-DIMENSIONAL WAVELET TRANSFORM



(57) Abstract: Embodiments of a three-dimensional wavelet transform are described.

WO 02/097734 A3

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 02/16378
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 606T9/00 H04N7/26		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 606T H04N		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WEEKS M ET AL: "3D discrete wavelet transform architectures" CIRCUITS AND SYSTEMS, 1998. ISCAS '98. PROCEEDINGS OF THE 1998 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MONTEREY, CA, USA 31 MAY-3 JUNE 1998, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 31 May 1998 (1998-05-31), pages 57-60, XP010289404 ISBN: 0-7803-4455-3 Paragraph 3. figure 1	1-34
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents:		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *B* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 19 November 2002		Date of mailing of the international search report 27/11/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5018 Patentlaan 2 NL - 2260 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Gerard, E

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 02/16378

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GOH K H ET AL: "NEW 3-D WAVELET TRANSFORM CODING ALGORITHM FOR IMAGE SEQUENCES" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 29, no. 4, 18 February 1993 (1993-02-18), pages 401-402, XP000346085 ISSN: 0013-5194 the whole document	1-9, 19, 20, 25-29
A	US 5 710 835 A (JONATHAN N. BRADLEY) 20 January 1998 (1998-01-20) column 4, line 60 - line 66	10, 22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No
PCT/US 02/16378

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5710835 A	20-01-1998	AU 7480296 A	05-06-1997
		EP 0864135 A1	16-09-1998
		JP 2000500936 T	25-01-2000
		WO 9718527 A1	22-05-1997

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN, TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE, GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,P L,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ラグー , コッコ

インド国 500062 アンドラ プラデシュ ハイデラーバード ドクター エイ エス ラ
オ ナガール(エシル ポスト)リゲ 'ビー' - 213

(72)発明者 ビスワス , プラビール

インド国 721302 カラグプール インディアン インスティテュート オブ テクノロジ
ー ディパートメント オブ エレクトロニクス アンド エレクトリカル コミュニケーション
ズ エンジニアリング内(番地なし)

Fターム(参考) 5C059 MA24 MA31 PP22 UA12 UA14 UA15