

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23560436

研究課題名(和文)並列非因果的内挿予測ハイブリッド符号化方式

研究課題名(英文)Parallel non-causal interpolative prediction hybrid coding scheme

研究代表者

羽鳥 好律(Hatori, Yoshinori)

神奈川工科大学・情報学部・客員教授

研究者番号：20361769

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：既存の映像信号の国際標準の高効率符号化方式よりも更に優れた性能を実現する新しい映像符号化方式の研究を行った。既存の方式は、既に符号化された画像の情報のみを用いる「因果的符号化」と呼ばれる方式であったのに対し、未だ符号化されていない画像の情報までを利用して一括処理を行う「非因果的符号化」と呼ばれる新しいアプローチを提案した。

方式や対象画像にも依るが、約6dBの画質改善が実現された。また、関連して、イメージ・リターゲティング技術(複数映像の多重表示技術)に適用した成果を挙げた。結果として、符号器構成の並列化、符号化効率の向上、符号器適用範囲の拡大の3目標を達成した。

研究成果の概要(英文)：We studied a new picture encoding method to realize performance superior to the high efficiency encoding method of the existing international standard of video signal. We suggested new approach called "non-causal encoding" that performing batch processing by using the information of the image which was not yet encoded, whereas the existing standard was a method called "causal encoding" with only the information of the image which was already encoded. Depending on the coding mode and the target image, but the image quality improvement of about 6dB was achieved. Also, cited accomplishments related to Image Retargeting algorithm (Multiple display technology for multiple images). As a result, we achieved the following three goals, parallel architecture of encoder configuration, improvement of coding efficiency, encoder scope expansion.

研究分野：画像情報処理

キーワード：映像信号高効率符号化 非因果的符号化 並列符号化 変換符号化 ハイブリッド符号化 内挿予測

1. 研究開始当初の背景

(1), H.264 (MPEG - AVC) は、当時最も高い符号化効率を実現できる映像符号化標準方式と認められており、ワンセグ放送やブルーレイディスクの符号化等のために広く用いられていた。しかし当時より、超高精細映像等への適用を可能とする、より高効率な符号化方式を求める声が高まっていた。

(2), この様な挑戦の機運は、海外においても幾つか現れていた。本提案以外の他の可能性として、米国を中心にして“ Distributed Video Coding ”, B.Girod et al., Proceedings of the IEEE, Vol.93, No.1, January 2005 等の検討が 2004 年あたりから構想され、注目を集めていた。同方式は、複数の信号源間の相互独立性を仮定した場合には、これ等を束ねることにより圧縮率向上の余地が残されているという情報理論的知見に依拠している。但し、サービスとして適用できる範囲は限られたものとならざるを得ない。

他方、欧州においては、ウエーブレットと動き補償予測を組み合わせたハイブリッド符号化方式の研究が引き続き行われていた。ただこれ等の試みは、従来方式における直交変換としての DCT 方式部分の置き換える側面が強い。従って新規性と言う観点からは改良的性格が強く、H.26x 符号化方式の改良の歴史の枠内での検討に留まり、結果として符号化技術研究領域全般に与えるインパクトはあまり大きくなかった。尚これらの知見に基づき、ポスト H.264 符号化方式を巡り、国際標準化活動も開催され始めている。

(3), 以上、内外において新しい符号化方式の提案が出始めているが、これらを補完する意味でも、本提案課題は新規性・有効性に関する十分な知見を関係者に提供し得るものと考え研究を開始した。

本研究においては、従来の枠組みを越えた新しい符号化要素技術に関連した知見の獲得・公表を行うことを研究期間内の主目的とした。そのために、非因果的内挿予測符号化をベースにした、並列符号化を実現しかつ従来の標準符号化方式以上の高効率性を実現できる、ポスト H.264 符号化方式の為に新しいアルゴリズム及びその要素技術の研究を行なうことを目標と定めた。

2. 研究の目的

(1), H.264 符号化方式は、動き補償予測と DCT 直交変換とを組み合わせたハイブリッド符号化方式を採用している。この枠組みは 1980 年代後半に検討がおこなわれた H.261 符号化標準の基本構成によっている。MPEG-1,2,4 を経由して、4 半世紀にわたり多くの研究者・技術者の努力はその範囲内の特性改善に注がれ、その営みは着実に成果を重ねてきた。しかしながら近年に至り、超

高精細映像等を対象とした映像通信サービスを実現するためには、符号化方式としての限界を指摘する声も高まっていた。

実際にどの様なアプローチを重視すべきかは、想定する符号化方式の適用サービス投入時期により異なるであろう。本研究においては、従来の枠組みを超えた、あるいは根本に立ち戻った改定を行ない得るタイムスパンを許容した、「新規」の符号化要素技術に関連した知見の獲得・公表を目的とした。

(2), 具体的には、

、符号器構成の簡易化：8K テレビ等の、将来の超高精細映像信号までを対象可能とする符号化方式を実現するために、並列符号化方式の研究を基本課題とする、

、符号化能率の向上：並列符号化方式の試みにおいては、現在用いられているブロック単位の逐次直列処理を用いている標準符号化方式 (H.264 等) に比べて、符号化能率が劣るものしか実現しえていないとの認識が大勢であったが、並列符号化で、従来方式を凌ぐ高い符号化性能が実現できることを示す、

、適用範囲の拡大：対象として、超低レート画像の符号化から、超高解像度や多視点の映像情報の蓄積・伝送までの広範囲の用途に資せる方式の開発を行う、
の 3 項目の達成を目指す。

3. 研究の方法

(1), 問題の所在を明らかにするために、先ず時間方向のフレーム間の相関を利用した因果的内挿予測符号化 (H.264 等で用いられている B ピクチャ符号化方式: 従来手法) と今回想定している非因果的内挿予測符号化 (: 提案手法) の相違を示す。

因果的内挿予測符号化では既に符号化されたフレーム (図中では I ピクチャとして表示) の画素値を用い、間の B1 から B3 までの画面の値を予測している。しかしながらこの場合、I ピクチャの間隔が広がると、内挿予測の能率は時間的に離れた画面中の値を用いる分だけ低減する。もし今回提案している非因果的内挿予測が実現できれば、B1 を予測するのに I と B2 フレーム中の画素値を用いることが可能となり、つまり常に最近傍フレーム中の画素を予測に用いることができる。結果として I ピクチャの間隔を (復号にかかれるまでの遅延

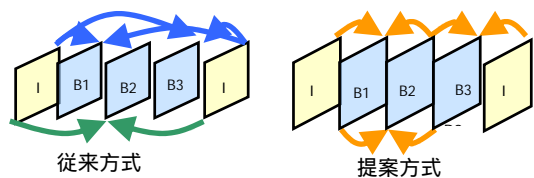


図1. 因果的内挿予測(従来方式)と非因果的内挿予測(提案方式)

時間の増大が許容されるなら)大きく採ることができ、全体としての平均符号化能率の一層の向上に道を拓く。

しかしながら、今目標としているような高圧縮を実現するためには、復号操作時にこの量子化雑音成分が相互に加算されて増大することを防止するために、帰還差分量子化処理を行い量子化誤差が復号時に相殺するように量子化代表値を定める必要がある。この処理が追加される場合、図1に示す方式において単純なフレーム間の前後の位置からの内挿予測を想定するなら、行列のサイズも単にIピクチャ及びその間のフレーム数(図1の場合で言うと総計5枚)で規定される値、つまり 5×5 と小さくできる。かつ固定予測であるので、帰還係数値及び復号のための逆行列の計算を事前に行っておくだけで対応可能であり、実装上の負荷はあまり問題とまらない。

だが、更なる能率向上のために動き補償予測を用いた非因果的Bピクチャ符号化方式を実現しようとする、対象とすべき行列サイズは最大で(画面内総画素数 \times フレーム数)の2乗にまで拡大し、且つ適応予測方式となるので予測関数行列が一意に事前に定まらない。従ってそのつど(画面中の物体の動きに応じて)大きなサイズの逆行列及び帰還係数導出のために部分行列の計算を行わねばならない。実装可能な適応予測方式を実現するためには、この問題に対する解決策の提示が最大の課題となる。

(2), 研究目的を達成するための研究計画

動きベクトル情報がオーバーヘッド情報として別途送られると想定できる場合には、最初のIピクチャ中のある特定の1画素はその運動軌跡をトレースして最終Iピクチャまで送受で同一の軌跡情報を一意に符号器・復号器で共有できる。この時には、当該軌跡上の画素は画面内画素数 \times フレーム数の符号化行列中の部分行列を取り出して処理することで、実質的にフレーム間固定予測符号化と同じだけのサイズの符号化行列に対する演算で復号計算を実行することが可能との見通しを得ていたが、それを実装により実現可能性を検証するとともに、その方式の実映像を対象とした時の有効性を確認することを、本研究の基本計画とした。

(3), 平成23年度の研究方法について

平成23年度における第1の課題として、フレーム内符号化提案方式の改善を行なった。事前の検討においてまだ尽くされていない、a)超高精細映像への適用時の能率評価、b)用いる直交変換(DCT, DST, DWT等)の違いによる能率比較、c)並列符号化方式に適した適応符号化制御方式の検討、をおこなった。また、ハードウェア実装の簡略化に関し検討を進めた。

第2の課題として、フレーム間動き補償

予測符号化(Pフレーム符号化)への実装を進め、次年度以降の提案方式の拡張作業の準備を行った。

(4), 平成24年度の研究方法について

平成24年度における第1の課題として、前述した運動軌跡をトレースして最終Iピクチャまで送受で同一の軌跡情報を一意に符号器・復号器で共有したうえで、当該軌跡上の画素を画面内画素数 \times フレーム数の符号化行列中の部分行列を取り出して処理できるような(運動軌跡の)近似処理を行うことで、実質的にフレーム間固定予測符号化と同じだけのサイズの符号化行列に対する演算で復号計算を実行する近似解法を順次軌跡が交差ししない範囲で繰り返す解法アルゴリズムを実装した。

近似解法であっても実用上問題が無い程度までの符号化雑音抑圧が実現できることを確認した。

(5), 平成25年度の研究方法について

平成25年度における第1の課題として、現在のH.264符号化方式におけるBピクチャ符号化方式を代替する方式を作成し、最終的にも、I, P, Bピクチャ(つまりフレーム内及びフレーム間の相関を利用した)トータルの符号化セットを完成させて、既存の標準方式との能率比較を行なった。

第2の課題として、更に提案方式の適用範囲を拡大し、カメラ間の相関を利用すべき諸問題、例えば両眼3D映像や多視点自由視点映像伝送に対しても、本方式の適用可能性及び有効性が存することを明らかにする検討の一部を開始した。

第3の課題として非因果的内挿予測処理とIBR(イメージベースドレンダリング)処理との親和性が高いことを示し、自由視点の提示等新しいタイプのインタフェース提供技術(多重窓表示技術)のために本研究映像処理技術が利用可能であることを、実現例を提示する事により明らかにした。

(6), 平成26年度の研究方法について

多重窓表示技術の計算速度向上に関する成果を論文にまとめ公表した。

4. 研究成果

(1), 平成23年度の研究成果

フレーム内符号化方式の改善をおこなった。事前検討においてまだ尽くされていなかった、a)直交変換(DCT, DST, DWT等)の違いによる能率比較、b)並列符号化方式に適した適応符号化制御方式の検討、を行った。本課題項目に関しては、既存の国際標準方式の中でも最高水準の画質を実現するH.264 High Complexity Mode技術を用いた符号化装置よりも、対象画像によっては約6dBの画質改善が実現可能であることを示した。(一部2

4年度)

、更に、フレーム間動き補償予測符号化(Pフレーム符号化)への提案方式の拡張を検討し、この課題に関しても従来方式に比べ約2dB程度の効率向上が得られた。

これらの結果についてまとめ、論文投稿及び研究発表を行った。

(2)、平成24年度の研究成果

、フレーム間動き補償予測符号化(Pフレーム符号化)のための、新しい条件付き画素補充方式を提案して論文投稿し採録された。

(3)、平成25年度の研究成果

、非因果的内挿予測をBピクチャ符号化のために適用してシーンチェンジや動き保障予測符号化方式と組み合わせたBピクチャ符号化方式の性能改善を検討した。結果として、予測効率の大幅な向上が得られること、またフレーム内予測と組み合わせたハイブリッド方式により条件付き画素補充制御を効率よく実現できることを確認した。(一部24年度)

、「非因果的符号化方式」を複数のカメラ間の映像信号の符号化方式、具体的には多視点映像の符号化方式に適用することの可能性について検討した。結果として現在標準化作業G等で検討されているMV補償に比べ優位な改善が得られるとの見通しを得ることが出来た。また、関連する研究を進める内に、カメラ位置の違いによる符号化性能に差異が生じるという問題(非因果的符号化においては、復号順により画質劣化の影響度が異なるという理由に起因する)に対し有効な解決策を得ることが出来、一部実装してその有効性を検証した。

、前項までの問題を「非直交変換符号化」の立場から整理しなおすことにより、「非因果的符号化方式」の有効性をさらに高めることが可能になるとの見通しが得られたので、解析的検討を開始した。

、本提案方式の最も特長とするところは符号化処理の並列化を実現可能とする点にあるので、その優位性を示す対象として近年タブレット端末等で多用され始めた複数映像の非矩形形状での多重表示技術に適用することを目標と定め、その核となるイメージリターゲティング技術について検討し、その要素アルゴリズムの研究をほぼ完成した。

、これらの結果について、関連研究発表を行った。

(4)、平成26年度の研究成果

、平成25年度までに本課題で実施した研究項目の一部に、タブレット端末等で多用される複数映像の非矩形形状での多重表示技術に適用するイメージリターゲティング技術の検討があった。その要素アルゴリズムの研究部分に関しては、25年度中にほぼ完成し論文として纏めて学会誌に投稿してい

たが、前年度中には掲載に至らなかった。

その後平成26年11月に掲載となったので、25年度残余額として26年度に引き継がれた直接経費で論文掲載料の一部への支出を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9件)

野中敬介, 宮田高道, 羽鳥好律, “ROI移動の大域最適化による任意形イメージリターゲティングの提案,” 査読有, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J97-D, No.11, pp.1625-1640. (2014年11月)

杉本修, 内藤整, 羽鳥好律, 「符号化劣化および伝送エラー劣化を考慮したHDTV映像の客観画質評価方式」, 査読有, 信学論A J96-A, No.7, pp.471-483, July 2013, (2013年7月)

王翠, 久保田彰, 羽鳥好律, 「並列処理に適した非因果的符号化手法を用いたフレーム内適応符号化方式」, 画像電子学会誌, 査読有, 第42巻 第3号, pp345-357, (2013年5月)

溝添博樹, 岡田光弘, 小味弘典, 佐々本学, 羽鳥好律, 「コンシューマ用途向け超低遅延H.264符号化制御アルゴリズムおよびシステム」, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム(CDS), 査読有, Vol.3, No.2, pp.1-9, Mar.2013, (2013年3月)

Cui WANG, Akira KUBOTA, Yoshinori HATORI, “Non-causal Video Encoding Method of P-frame” PCS, ACEEE Int. J. on Signal & Image Processing, 査読有, Vol. 4, No. 1, Jan 2013, ISSN 2152-5048 (print); ISSN 2152-5056 (online) (2013年1月)

野中敬介, 宮田高道, 羽鳥好律, 「任意形ディスプレイのためのImage Retargeting手法の提案」, 映像情報メディア学会誌, 査読有, 12月号, pp. J524-J532, 2012年, (2012年12月)

Osamu Sugimoto, Sei Naito, Yoshinori Hatori, “A no reference metric of video coding quality based on parametric analysis of video bitstream”, IE-ICE Transaction on Fundamentals, 査読有, Vol. E95-A No. 8 pp.1247-1255, (2012年8月)

森俊介, 久保田彰, 羽鳥好律, 「直交変換・非因果的内挿予測ハイブリッド符号化による符号化効率の向上」, 画像電子学会論文誌, 査読有, 40(6), pp. 985-992, 2011, (2011年11月)

松尾賢治, 羽鳥好律, 「異シードグラフカットによる拡大領域の重複現象を利用した多領域画像分割」, 電子情報通信学会論文誌, 査読有, D Vol. J94-D, No.8, pp. 1473-1485, 2011, (2011年8月)

〔学会発表〕(計 7 件)

Keisuke Nonaka, Takamichi Miyata, Yoshinori Hatori, “ Generalized Image Retargeting via Convex Optimization ”, IEEE International Conference on Image Processing, 査読有, pp. 1066-1070, Melbourne, Australia, (2013年9月)

Cui Wang, Akira KUBOTA, Yoshinori Hatori, “ Extension of Noncausal Video Encoding Method to P-frame ” Third International Conference on Advances in Computer Engineering, 査読有, Amsterdam, Netherlands, (2012年6月)

Yuji Hirose, Yoshinori Hatori, “ Studies of B-picture coding using non-causal interpolative prediction with motion compensation ”, IEVC 2012, 査読有, 2C-1, Kuching, Malaysia, (2012年11月)

Kojiro Baba, Yoshinori Hatori, “ High-resolution imaging method and applying for video coding ”, IEVC 2012, 査読有, 2C-3, Kuching, Malaysia, (2012年11月)

Masayuki Naito, Yoshinori Hatori, “ Studies of evaluating video coding methods using equivalent bits ”, IEVC 2012, 査読有, 2C-5, Kuching, Malaysia, (2012年11月)

Makiko Nagasawa, Yoshinori Hatori, Mitsugu Kakuta, Tadao Hayashi, Yoshio Sekine, “ High-resolution imaging method and applying for video coding ”, IEVC 2012, 査読有, 5A-1, Kuching, Malaysia, (2012年11月)

Hiroki Mizosoe, Mitsuhiro Okada, Hironori Komi, Manabu Sasamoto, Yoshinori Hatori, “ Very Low-Delay H.264 Codec for Consumer Applications ”, IEEE International Conference on Consumer Electronics, 査読有, Las Vegas, U.S.A., (2012年1月)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 : なし

研究者番号 : 20361769

(2)研究分担者 : なし
()

以上

6. 研究組織

(1)研究代表者

羽鳥 好律 (HATORI Yoshinori)

東京工業大学・大学院総合理工学研究科・
教授 (平成23年度~25年度)

神奈川工科大学・情報学部・客員教授 (平成26年度)