

近傍画素値の周波数成分を考慮したイントラ予測拡張方式

An extended intra prediction method based on frequency of neighboring pixel value

吉野 知伸 内藤 整 小池 淳
Tomonobu Yoshino Sei Naito Atsushi Koike

1. はじめに

近年, HDTV に代表される高精細映像を用いた映像配信サービスが普及しつつある. 同サービスの代表である IPTV や CS 放送などでは, 映像の圧縮符号化方式として, 現在の標準化方式で最も高い符号化効率を実現する H.264 の採用が有力視されている. 一方で, 将来的な映像配信サービスとして, 高品位な高精細映像を用いたコンテンツを移動体端末で視聴することなどの実現が期待されている. 同サービス実現のために映像圧縮技術に対する高性能化の要求は尽きることが無く, 既標準化方式の枠を超え, さらに高性能な映像圧縮方式の確立が強く求められている.

H.264 において高い符号化効率の実現を可能とする符号化要素技術の一つに, イントラ予測が挙げられる. 同予測では, 符号化対象のマクロブロック(以下, マクロブロックを MB, 符号化対象の MB を処理 MB と呼ぶ)においてイントラ予測方向に沿った位置の画素に対して, 近傍の符号化済み MB(以下, 参照 MB)における局所復号された画素値(輝度値もしくは色差)を, 予測値として設定する. イントラ予測方向として複数の予測方向が定義されており, 映像特徴に応じた予測方向を選択することで, 高い予測精度が得られる. しかし, H.264 のイントラ予測方式では, 予測値として, 処理 MB 内のイントラ予測方向に沿って同一の値が適用されるため, 入力映像の近傍領域における絵柄を考慮していない. このため, 予測値として用いられる参照 MB における画素から離れるほど, 予測誤差が拡大する.

以上の背景から, H.264 におけるイントラ予測に対して, 予測方向を拡張する手法[1,2]が提案されている. 文献[1]では, 隣接する画素における予測値から当該画素における予測値を生成する手法が示されている. 同手法により, 参照 MB から離れた画素における予測精度を改善している. 文献[2]では, 予測値として用いる参照 MB における画素について, 処理MBに隣接しない画素も適用可能とする手法が示されている. 同手法により, 縞模様の絵柄に対する予測精度を改善している. しかしながら, 文献[1,2]の手法では, グラデーション効果などの画素値が一定の周波数成分を有する絵柄に対し, 予測精度の低下を招く可能性があり, この点において性能改善の余地が残されている.

以上の背景から, 本研究では, H.264 符号化の拡張によるイントラ予測の性能改善手法を提案する. 提案手法では, 参照 MB における画素値の周波数成分を, 予測値の周波数成分とする. 符号化実験により, 提案手法の性能評価を行う.

2. 従来手法

H.264 におけるイントラ符号化では, 処理 MB に対して 16×16 , 8×8 もしくは 4×4 単位でイントラ予測を行う. 同イントラ予測結果に対する原画像との差分(予測誤差)は DCT 処理が施され, 量子化された DCT 係数はエントロピー符号化され, シンタックスに沿って記述される. 従って, 符号量は予測誤差の大きさに依存するため, 予測性能が符号化効率に与える影響は大きい.

H.264 におけるイントラ予測(以下, 従来手法)では, 処理 MB におけるイントラ予測方向に沿った画素に対して, 同一の値を予測値として設定する. 同予測値としては, 参照 MB の局所復号された画素値が用いられる. このため前述のとおり, 性能改善の余地が残されている.

3. 提案手法

提案手法におけるイントラ予測値生成では, 符号化済みデータを復号した画素値(各画素に対応して 2 次元配列で表現される)を 1 次元化し, 1 次元の直交変換を施す. ある予測方向に沿って生成される 1 次元の予測値列を P , 符号化済みデータを復号した画素値をある予測方向に沿って 1 次元化される画素値列を X とする. P および X の関係を図 1 に示す.

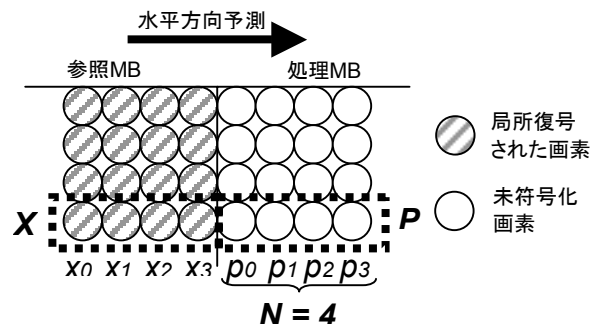


図 1 P および X の関係(Intra 4×4 水平方向予測の例)

P に含まれる画素数 N は, 予測方向および分割ブロック内で予測方向に沿って先頭に相当する画素の位置によって, 一意に決まる. ここで X は, 予測方向に沿って, 処理 MB に最も近い符号化済み画素から, P に含まれる画素数 N と同数の符号化済み画素で構成されるものとする.

1次元配列 X における i 番目の画素値を $x(i)$ とする. X に対して 1次元 DCT を施した結果, u 番目の基底に対する係数を $t(u)$ とする. ここで, DC 成分として $t(0)+s$, AC 成分として $t(1), t(2), \dots, t(N-1)$ を持つ DCT 係数 $t'(u)$ を定義する. ただし, s は DC 成分を制御するためのパラメータである. 1次元配列 P における i 番目の予測値 $p(i)$ は, $t'(u)$ を逆 DCT することにより求める.

4. 性能評価

4.1 ソフトウェア実装

提案手法の性能評価を目的として、H.264 リファレンスエンコーダ(JM)に対して、3節で示した拡張イントラ予測を実装する一例を示す。

本実装では、4x4 および 8x8 イントラ符号化に関して、既存の H.264 における 9 種類の予測方向に加え、既存予測方向から DC 予測を除く 8 種類の予測方向に関して 3 章で示した拡張を行う。同様に、16x16 イントラ符号化に関して、既存の H.264 における 4 種類の予測方向に加え、水平方向および垂直方向に関して 3 節で示した拡張を行う。なお、輝度値に対するイントラ予測のみを対象とした。

また、拡張イントラ予測における予測値の DC 成分について、同成分を制御するためのパラメータ s を式(1)のとおりを設定可能とした。

$$s = 8 \times n - 40 \quad (n = 0, 1, \dots, 10) \quad (1)$$

実験では、最良時の効果を評価することを目的とし、予測値の DC 成分について適応的に最適な値が与えられることを前提とした。すなわち、拡張手法を実装したエンコーダから出力される符号化データのシンタックスにおいては、拡張した予測方向を表現するインデックスのみを符号化した。

4.2 符号化実験

4.1 で実装したエンコーダを用いて符号化実験を行った。表 1 に符号化条件を示す。素材として foreman, mobile, tempete, paris (以上, CIF), BigShips, City, Crew, Night, ShuttleStart (以上, 720p) を用いた。使用フレーム数は、paris を除く CIF については 300 フレーム、paris および 720p については 150 フレームとした。表 2 に符号化結果を示す。なお、従来手法との比較用として JM12.1 を用い、同符号化結果に対する平均符号量削減率および SNR 改善を表している。各評価の算出は文献[3]に従った。

表 1 符号化条件

GOP 構造	Iピクチャのみ
プロファイル	High Profile
符号化方式	CABAC
DCT サイズ	4x4 もしくは 8x8
QP	22,27,32,37
R-D最適化	使用

結果より、従来手法に対して CIF サイズで平均 2.42%、720p サイズで平均 4.45%の平均符号量削減が得られた。また、ShuttleStart で最大の平均符号量削減が得られており、6.86%のゲインが得られた。

従来手法のイントラ予測では、エッジのような画素値変化に予測値が追従できないために符号化効率の低下を招いていた。一例として、foreman では、顔の輪郭および背景の建造物に単調なエッジが含まれる。従来手法では、同領域における高精度な予測は困難である。

一方、提案手法では、隣接 MB における画素値に基づく予測値を生成するため、予測値は画素値変化に対して追従することが可能であり、高精度な予測を実現する。

図 2 に、foreman の先頭フレームに対し、QP=37 で符号化した場合について、提案手法が適用された MB を塗りつぶして示している。結果より、エッジ付近で提案手法が適用されていることが分かる。なお、同条件では、従来手法に対して 0.17dB の SNR 改善が得られる。



図 2 拡張イントラ適用箇所

表 2 符号化結果

素材	画像解像度	フレームレート	符号量削減率 [%]	SNR 改善 [dB]
foreman	CIF	30fps	4.28	0.28
mobile			1.70	0.20
tempete			1.33	0.13
paris			2.38	0.23
CIF 平均			2.42	0.21
BigShips	720p	60fps	3.93	0.21
City			2.31	0.18
Crew			6.33	0.24
Night			2.81	0.21
ShuttleStart			6.86	0.29
720p 平均			4.45	0.23

5. まとめ

H.264 符号化におけるイントラ予測の性能改善を目的として、周辺領域における画素値の周波数成分を考慮した拡張イントラ予測手法を提案した。提案手法により、画素値に一定の周波数成分を持つ絵柄に対し、顕著な予測性能改善を確認した。予測値の DC 成分に関する適応的な決定手法の検討が今後の課題である。

参考文献

- [1] 谷沢 他, “参照画素の距離に応じた画素適応画面内予測”, 2006 年 映像情報メディア学会年次大会, 13-2, Aug. 2006.
- [2] 松尾 他, “周辺近傍画素を利用したイントラ予測改善手法の検討”, 情報処理学会 研究報告, 2007-AVM-56, pp.37-42, Mar. 2007.
- [3] Gisle Bjontegaard, “Calculation of Average PSNR Differences between RD curves”, ITU-T SC16/Q6, 13th VCEG Meeting, Austin, Texas, USA, April 2001, Doc. VCEG-M33.