

高解像度映像に対する超高压縮符号化方式の開発

Enhanced Performance Video Coding Scheme for High Resolution Video Sources

杉本 和夫† 峯澤 彰† 関口 俊一† 市ヶ谷 敦郎‡ 井口 和久‡ 鹿喰 善明‡
 Kazuo Sugimoto Akira Minezawa Shun-ichi Sekiguchi Atsuro Ichigaya Kazuhisa Iguchi Yoshiaki Shishikui

1. まえがき

現在 HDTV コンテンツが広く普及し、さらなる高解像度な映像フォーマットとして、4K×2K 以上の解像度を持つ UHDTV(Ultra High Definition TV)やスーパーハイビジョンによるサービスが検討されている[1]。

品質を維持したまま圧縮率を高める映像符号化技術は映像サービスにおいて無くてはならない重要な技術である[2]。コンテンツの高精細化に伴い映像データの情報量が飛躍的に増加するため、最新の動画映像符号化標準規格である AVC/H.264[3]よりさらに圧縮率の高い映像符号化方式に対する要求が高まっている。

筆者らは、次世代映像信号のキーファクタとして高解像度映像信号の視点から圧縮効率を高める符号化方式を開発した。提案方式は従来と同様に動き補償予測(Motion Compensation: MC)と周波数変換のハイブリッド符号化をベースに新たな符号化ツールを導入し、符号化性能の向上を実現した。処理量を考慮した符号化ツールの開発により、演算量を抑えつつも AVC/H.264 High Profile に対して平均で約 30%の符号化効率の改善を示した。本方式を MPEG/VCEG 共同の作業部会である JCT-VC の次期符号化方式規格化プロジェクトの技術公募[4]へ提案[5]した。

2. 高解像度向け映像符号化方式

提案方式では主に以下の符号化ツールを組み合わせることにより高解像度映像の高効率符号化を実現している。

2.1 マクロブロックサイズの拡張

従来の国際標準規格ではマクロブロック(MB)サイズとして 16×16 画素の大きさが使われてきた。しかし、高解像度映像では動き予測ブロックがカバーする領域を拡大することによりオーバーヘッドが軽減され、符号化効率の改善に寄与することが報告されている[6]。このことから提案方式では 64×64 画素の MB を採用した。

2.2 MC ブロック階層化と非矩形 MC ブロック導入

画面内の局所的な複雑な動きに対して、MC ブロックサイズを細分化するブロック分割手法を採用した。局所的なアクティビティに応じて適応的にブロック分割することにより、予測残差電力を抑制する。

提案方式では Figure 1 に示すように階層的に最小 8×8 画素サイズのブロックまで分割することができる。同時に Figure 2 に示すような非矩形の MC ブロックを導入し、動きベクトルのオーバーヘッドを軽減している。

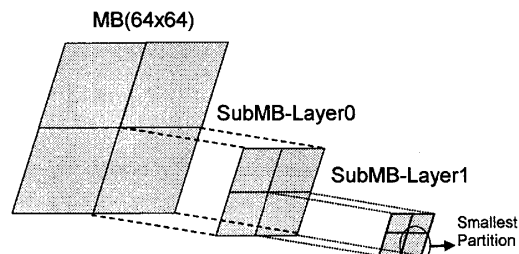


Figure 1 Multi-layer hierarchical motion partitioning

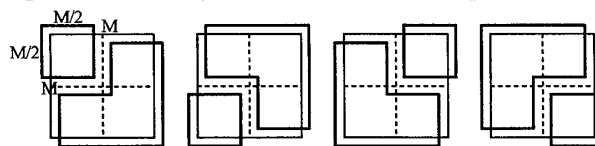


Figure 2 Non-rectangular motion partition shapes

2.3 動きベクトル予測の適応的選択

動きベクトルの予測手法として、空間方向または時間方向に隣接するブロックのいずれから予測するかを 1 ビットのフラグで符号化する Motion Vector Competition (MVC) [7]を採用した。また、ダイレクト動き予測においては、デコーダ側で動き探索をすることにより、フラグを送ること無しに最適な動きベクトルを選択できるようにした。これにより、動きに合わせて最適な動きベクトル予測が可能となるとともに動きベクトルの情報量が削減される。

2.4 新イントラ予測手法の導入

AVC/H.264 の方向性イントラ予測に加え、提案方式では以下に述べるグローバルイントラ予測と反復フィッティングイントラ予測を導入した。

2.4.1 グローバルイントラ予測

グローバルイントラ予測は、グラデーション領域などのように輝度値が式(1)に示すような 2 次元平面で表される領域に対して有効なイントラ予測手法である。

$$z = ax + by + c \quad (1)$$

ここで (x, y) は画面の垂直および水平方向の画素位置、 z は輝度値である。式(1)の 3 つのパラメータである a, b および c は予測対象ブロックの周辺の復号済み画素から最小自乗推定により得る。

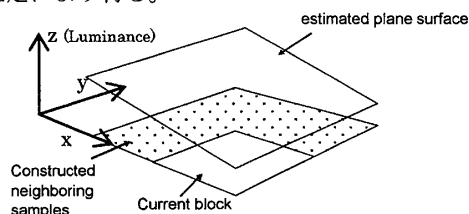


Figure 3 Global planer prediction

† 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

‡ 日本放送協会 放送技術研究所

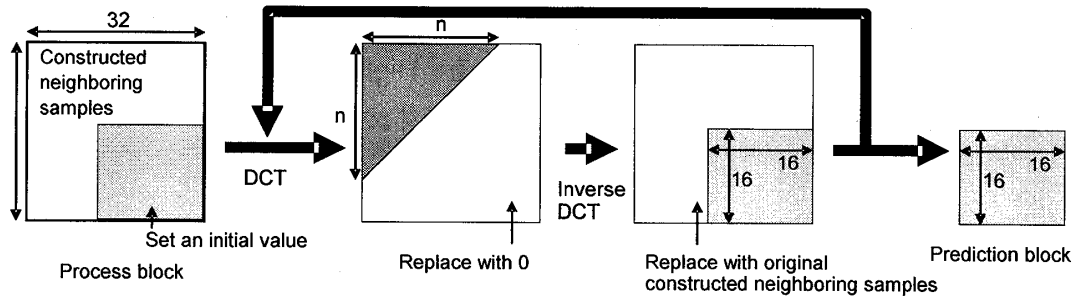


Figure 4 Iterative adjustment prediction

2.4.2 反復フィッティングイントラ予測

本手法は、予測対象領域と隣接する復号済み領域では画像が連続的に変化することを利用して予測画像を生成する手法である。Figure 4 に示すように本手法は次の4つのステップから構成される。

- (1) 従来のDC予測により初期予測画像を生成。
- (2) 予測対象となる16×16画素ブロックを右下に含め、その他の領域を復号済み領域とする32×32画素ブロックに対しDCTを適用する。
- (3) 上記で得られたDCT係数の高周波成分を0に置き換え逆DCTを施して中間予測画像を得る。
- (4) 上記(2)(3)を中間予測画像が十分収束するまで反復することにより最終的な予測画像を得る。

2.5 適応的DCT/DST切り替え

本符号化方式では輝度信号の予測残差符号化において4×4, 8×8または16×16サイズのDCTを採用している。一方、色差信号の予測残差符号化においては、8×8サイズのDCTに加え、DST(Discrete Sine Transform)を採用した。

DCTは直流成分を1つの係数で表現できることから、従来の動画符号化方式に採用されてきた。しかし、イントラ予測や高精度な動き補償予測によって残差信号の直流成分が取り除かれる場合、必ずしもDCTが最適な変換基底とはならない。

そこで、本方式ではブロックごとにDCTとDSTのうち最適な変換を選択し、残差信号の圧縮効率を改善した。主にアクティビティが高い部分画像において効果を示す。

2.6 参照画像に対する適応的ループフィルタ

AVC/H.264で用いられているデブロッキングフィルタに加え、複数のWienerフィルタを用いたポスト処理を採用した。本ポスト処理は動き補償予測に用いる参照画像の画質を改善するため、局部復号画像と入力画像の誤差が最小となるWienerフィルタを複数設計し、所定のブロックサイズごとに最適なフィルタを適用する[8]。設計されたフィルタ係数もビットストリームに多重することによりデコード側でも同じ処理を行うことができる。

3. 符号化シミュレーション

提案方式の符号化効率を評価するため、本方式を実装したソフトウェアを用い、HDサイズ以上の画像でAVC/H.264の参照ソフトウェアJM16.2[9]との性能差をBD-PSNR[10]を用いて評価した。本評価における符号化条件をTable1に、実験結果をTable2に示す。実験の結果、平均で約30%、最大で約43%の符号化性能改善が確認された。

Table1 Experimental conditions

Prediction structure	IbBbBbBbP(Heirarchical B)
Entropy coding	CABAC
ME search range	128
MV accuracy	Quarter-pel
RD optimization	ON

Table2 Comparison with AVC/H.264

Sequence (Frame Num)	Size	Frame Rate	Frames	Rate [%]	ΔPSNR [dB]
Traffic (0-149)	2560x1600	30	150	-23.62	0.922
Kimono*1 (5416-5655)	1920x1080	24	240	-31.64	1.236
ParkScene*1 (1070-1309)	1920x1080	24	240	-19.31	0.762
Horse racing (dirt)*2 (0-899)	1920x1080	60	900	-33.62	1.438
Colorful world B*2 (0-899)	1920x1080	60	900	-43.01	1.289
Average				-30.24	1.129

*1 Kimono, ParkScene はデジタル画質標準評価映像"CoSME"のシーケンスをYUV420に変換して使用したものである。

*2 Horse racing (dirt), Colorful world Bはハイビジョン・システム評価用標準動画第2版に収録されているものである。

4. まとめ

高解像度映像に対する超高压縮符号化方式を開発し、最新の国際標準規格であるAVC/H.264に対してHDサイズ以上の高精細画像において平均で約30%、最大で約43%の符号化効率を得られることを確認した。

今後は、各符号化ツールの性能評価・改善を行うことにより、さらなる符号化性能向上を図る。

参考文献

- [1] E. Nakasu, et.al., "Technical development towards implementation of extremely...", IBC2006, Sep. 2006
- [2] 村上,"MPEG 開発物語", 信学会通信ソサイエティマガジン, 2010 夏号 No.13, pp.68-73.
- [3] ISO/IEC: Information technology, Coding of audio-visual objects - Part 10: Advanced video coding, 14496-10 (2003)
- [4] "Joint Call for Proposals on Video Compression Technology," ISO/IEC SC29/WG11 N11113, Kyoto, Japan, January, 2010.
- [5] A. Ichigaya, et. Al., "Description of video coding technology proposal by NHK and Mitsubishi," JCTVC-A122, April 2010.
- [6] S. Naito and A. Koike, "Efficient coding scheme for super high definition video based on extending H.264 high profile," VCIP2006, January 2006.
- [7] J.Jung and G.Laroche, "Competition-Based Scheme for Motion Vector Selection and Coding," ITU-T Q.6/SG16 Doc. VCEG-AC06, July 2006.
- [8] T. Watanabe, N. Wada, G. Yasuda, A. Tanizawa, T. Chujoh and T. Yamakage, "In-loop filter using block-based filter control for video coding," ICIP2009, November 2009.
- [9] JM reference model, <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download>
- [10] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-Curves," ITU-T VCEG, VCEG-M33, April 2001.