I-029

高解像度映像に対する超高圧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ヘッドを軽減している。

- * 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 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。

(1)

z = ax + by + c

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





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、 従来の動画像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。

参照画像に対する適応的ループフィルタ 2.6

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。

production		
Table1	Experimental	condi

Table1 Experimental conditions						
Prediction structure	IbBbBbBbP(Heirarchical B)					
Entropy coding	CABAC					
ME search range	128					
MV accuracy	Quarter-pel					
RD optimization	ON					

Table 2 Comparison with AVC/H.264

Sequence	Size	Frame	Frames	∆rate	ΔPSNR				
(Frame Num)		Rate		[%]	[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像第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圧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%の符号化効率が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.