

高精細映像符号化のための動き予測手法の改善

山岸秀一[†] 関口俊一[†] 山田悦久[†] 加藤嘉明[†] 村上篤道[‡]

三菱電機 (株) 情報技術総合研究所[†] 三菱電機 (株) 開発本部[‡]

1 はじめに

近年, HD デジタル放送が普及し, 家庭用 AV 機器も HD 対応が急速に進んでいる. また, 業務用途を中心に HD を超える新しい映像ソースへの需要も増大しており, 4K×2K, 4:4:4 フォーマットの映像信号を扱うデジタルシネマのサービスが既に始まっているほか, 8K×4K 解像度を持つスーパーハイビジョンの実用化に向けた検討も進んでいる. このような高品位映像信号に対して, 品質を維持したまま圧縮率を高める技術は次世代映像アプリケーションのキーテクノロジーとなる. ところが, 現時点で最高の圧縮性能を持つとされる国際標準方式 MPEG-4 AVC/H.264 (以降 AVC/H.264 と記す) は, QCIF や CIF 等の低解像度素材に対する符号化効率改善の検討を出発点としており, HD 信号に対する圧縮効率の改善は拡張技術によってなされた. 従って, QCIF や CIF とは信号特性の異なる高品位映像に対しても AVC/H.264 が最適な符号化方式であり続ける保証はない. そこで, 本稿では HD 以上の解像度を持つ高解像度映像の符号化効率向上を目的として, 動き予測におけるブロックサイズの拡張と非矩形ブロック形状の適用について検討を行ったので報告する.

2 従来の動き予測手法の検討

AVC/H.264 では, 16×16 画素から成るマクロブロック (MB) を単位として動き予測を行う. そして, レート歪最適化規範の利用を前提として, 動き情報符号量と予測の精緻化との間の最適トレードオフを選択できるように木構造 MB 内分割を採用している. これは動き予測による符号化効率向上の最も効果的な手法の 1 つであるが, その最小の動き予測ブロックは 4×4 画素と極めて小さなものである. しかし, 高解像度映像や 4:4:4 信号といった高品位映像では 4×4 という小さなブロックは雑音成分が支配的になり, 画像中の本質的な構造を効率よく表現できなくなる. ところで, HD 以上の高解像度映像では, 動き予測や変換のためのブロックサイズ拡張が符号化

性能を向上させる可能性があることが報告されている [1]. また, 動き予測の性能向上のための別のアイデアとして, 非矩形ブロック分割が検討されている [2]. 非矩形ブロック分割は動きのあるオブジェクトの境界といった画像の持つ重要な構造を効率よく表現でき, その周辺の残差電力削減に寄与する. しかし一方で, 分割形状を複雑にし過ぎることによるオーバーヘッド情報の増加と, 予測画像を作成するために複雑な非矩形のメモリアクセスが必要になるという問題点が指摘されている.

3 MB サイズの拡張と対角ブロック形状の適用

本研究では, 動き予測ブロックがカバーする領域の大きさを高精細映像に適応化するために, AVC/H.264 で用いられている 16×16 の MB サイズを 32×32 に拡張してインターピクチャの符号化に適用する. 予測を行う矩形ブロックには, 図 1 に示す 32×32, 32×16, 16×32, 16×16 の 4 つの形状を用いる. また, 16×16 ブロックが選択された場合には, さらに 16×8, 8×16, 8×8 矩形ブロックを用いて予測を行う.

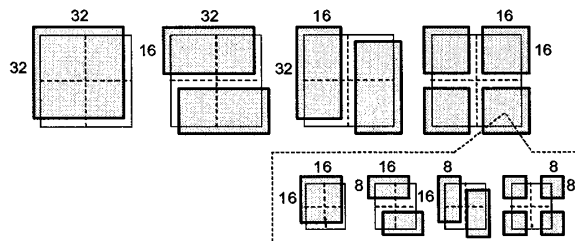


図 1 矩形ブロック分割

矩形ブロック分割に加えて, 非矩形ブロック分割として対角ブロック形状を適用する. 対角ブロックには, 図 2 に示すような 16×16 ブロックの組み合わせで実現可能な 4 つの形状のみを採用することで, 動き予測モードと動きベクトルの符号量を制限し, かつメモリアクセスの複雑さを低減しつつ, 様々な動き予測を行うための柔軟性を保つようにした.

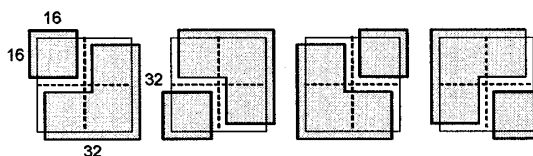


図 2 対角ブロック分割

Improvement of Motion Prediction for High Resolution Video Coding
Shuichi YAMAGISHI[†], Shun-ichi SEKIGUCHI[†], Yoshihisa YAMADA[†],
Yoshiaki KATO[†] and Tokumichi MURAKAMI[‡]

[†]Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

[‡]Corporate Research and Development Group, Mitsubishi Electric Corporation

4 検証実験

動き予測におけるブロックサイズ拡張と対角ブロック形状適用の効果を検証するために、計算機による実験を行った。実験には AVC/H.264 と同等の機能を備えた独自開発プログラムを用いた。また、性能評価のためのアンカー手法には AVC/H.264 の参照ソフトウェア JM15.1[3]を用いた。実験条件を表 1 に示す。I および P ピクチャから構成される GOP 構造 (IPPP...) を用い、P ピクチャのみに MB サイズ拡張と対角ブロック形状適用を行った。また、提案方式の動き予測に用いる参照画像には Wiener フィルタ[4]を施し、原画像に近づける処理を行っている。

表 1 実験条件

		提案方式	アンカー
テストシーケンス YUV4:2:0, 8bpp, MPEG より		Kimono (1920×1080, 24 fps) Traffic (2560×160030, 30 fps)	
GOP 構成		IPPP...	
		I ピクチャ間隔: Kimono 24, Traffic 28	
MB サイズ	I ピクチャ	16×16	
	P ピクチャ	32×32	16×16
動き予測	探索範囲 精度	±128 画素 1/4 画素精度	
	ブロック分割	矩形, 対角	矩形
変換		4×4, 8×8, 16×16	4×4, 8×8
Qp		Traffic: 25, 29, 33, 37 (固定) Kimono: 25, 28, 31, 34 (固定)	
参照画像の Wiener フィルタ処理		あり	なし

5 実験結果および考察

図 3 に全色成分の平均について R-D 曲線を示す。Kimono では PSNR で 0.71 dB, 符号量で 20.2 % の性能改善が、また Traffic では PSNR で 0.36 dB, 符号量で 10.5 % の性能改善が見られた。

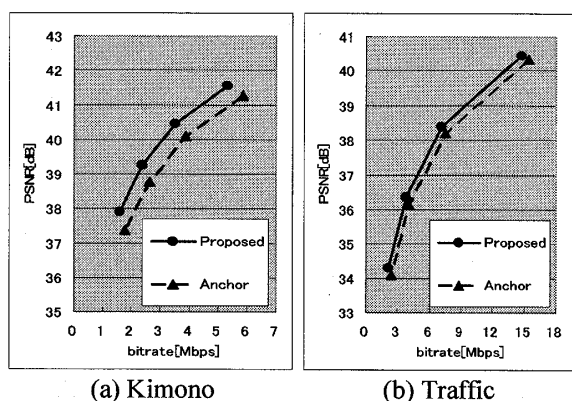


図 3 R-D 曲線

図 4 に提案方式のアンカーに対する符号量の

増減を示す。Kimono, Traffic ともに提案方式はアンカーに比べて、Y 係数の符号量が増加している以外は、ほとんど全ての項目で符号量が減少しており、全体の符号量もそれぞれ約 11%、5%減少している。MB サイズを拡張したことによる動き情報符号量の減少と、それに伴う予測誤差信号の増加を対角ブロックによる予測がうまくカバーして抑えたため、全体の R-D 性能向上につながったと考えられる。このように、HD 以上の高解像度映像の符号化において、動き予測へのブロックサイズ拡張および非矩形ブロック分割が性能向上に寄与することが確認できた。

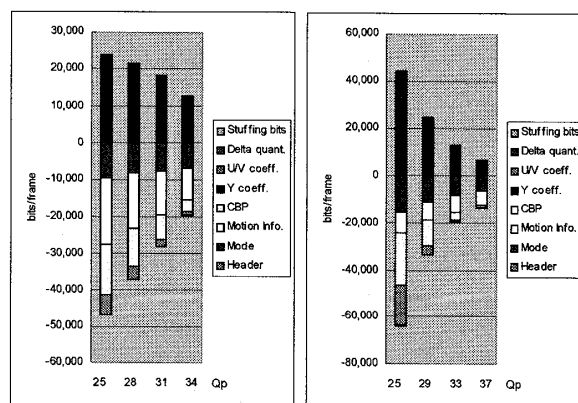


図 4 符号量の増減 ([提案方式]-[アンカー])

6 まとめ

高解像度映像の符号化効率を向上する方法として、AVC/H.264 で採用されている動き予測機能を改善して、ブロックサイズの拡張と対角ブロック形状の適用を提案し、計算機実験により符号化効率に対する効果を検証した。その結果、提案方式は AVC/H.264 に対して PSNR と符号量の両方で性能改善が見られた。

参考文献

- [1] S. Naito, et.al., "Efficient coding scheme for super high definition video based on extending H.264 high profile", SPEI VCIP 2006, January 2006.
- [2] T. Fukuhara, et.al., "Very low bit-rate video coding with block-partitioning and adaptive selection of two time-differential frame memories", IEEE Trans. on CSVT, Vol.7, issue 1, February 1997.
- [3] Karsten Suhring, H.264/AVC Software Coordination, <http://iphome.hhi.de/suhring/tm1>.
- [4] T. Chujoh, et.al., "Improvement of block-based adaptive loop filter", ITU-T SG16/Q6, San Diego, USA, VCEG-AJ13, October 2008.