

超高精細映像符号化におけるマクロブロックサイズの局所適応選択手法 Locally Adaptive Macroblock Size Decision Applicable for Super High Resolution Video Coding

吉野 知伸 内藤 整 酒澤 茂之
Tomonobu Yoshino Sei Naito Shigeyuki Sakazawa

1. まえがき

近い将来、放送サービスにおける映像コンテンツの更なる高解像度化が見込まれており、その一つとしてスーパーハイビジョンに代表される走査線 4000 本クラスの超高精細映像(以下、8K 映像)の普及が期待されている [1,2]. 超高精細映像のコンシューマ向け配信のインフラとして、光ファイバーを用いたブロードバンド回線を例にとると、映像レートは 100Mbps 未満であることが求められる。一方、映像の圧縮符号化方式としては、H.264 が、標準方式の中で最も優れた符号化性能を有している。しかしながら、解像度比で HDTV の 16 倍に匹敵する超高精細映像に対し、十分な画質を満足しつつ 100Mbps 未満に圧縮することは、H.264 の単純適用では不可能である。以上より、将来的な映像配信サービス実現を視野に入れ、超高精細映像に適用可能であり、かつ H.264 方式よりも優れた符号化性能を有する新規圧縮符号化方式が求められる。

H.264 では、符号化の単位ブロックとして 16 画素×16 ラインのマクロブロック(以下、MB)が用いられる。一方、高解像度映像に対して高い符号化性能を得るための方式として、MB サイズを拡張する手法が提案されている[3,4]。これらの手法では、MB サイズを 32×32 以上に拡張し、予測性能の低下を抑制しつつ制御情報量の削減を可能とする。文献[3,4]では、4K までの解像度の映像に対して、高い符号化性能が確認されている。

文献[3, 4]の手法では、同一画面内で MB サイズは固定である。しかしながら、最適な MB サイズは画面内の局所的な映像特徴に依存する傾向があり、同傾向は解像度が高くなるにつれて顕著となることから、これら従来研究による 8K 映像での性能改善は限定的である。以上より、高い符号化性能を得るために、MB サイズを局所的に変更できる手法が求められる。

以上の背景から、本研究では、8K 映像に対して高い符号化性能を得るため、局所的に MB サイズを変更するアプローチを提案する。

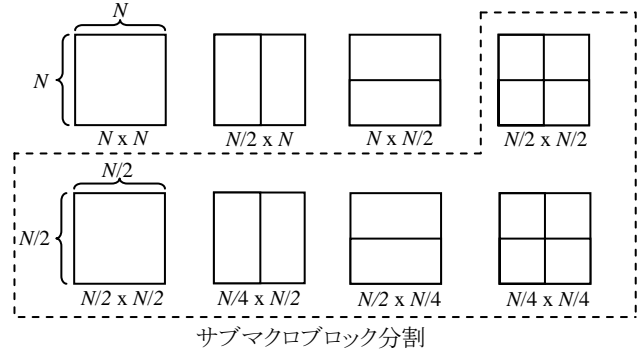
2. 従来研究

これまで、高精細映像に対する符号化性能改善を目的として、H.264 方式に対して MB サイズを 32×32 以上に拡張する手法が提案されている[3,4]。

文献[3]では、 $N \times N$ ($N=16, 32, 64, \dots$)の MB サイズに対して、 $N/4 \times N/4$ までのブロック分割が許容される。分割ブロック形状は、H.264 と同様である。図 1 に、 $N \times N$ サイズの MB に対するブロック分割を示す。また、文献[4]では、 $N \times N$ の MB サイズに対して 4×4 までのブロック分割が許容される。

前述のとおり、高い符号化性能を得るためには、局所的に MB サイズを更新することが求められる。しかしながら、文献[3]では、MB サイズの制御単位がフレームであるため、局所的に最適な MB サイズを設定することができない。また、文献[4]では、 $N \times N$ から 4×4 までの MB サイズが選択可能であるため、映像特徴に適した分割ブロックを用いることが可能である。しかしながら、選択可能な分割形状が極めて多いため、分割ブロックを識別するための情報がオーバーヘッドとなることが懸念される。

以上より、8K 映像に対して高い符号化性能を得る目的から、各 MB サイズでは限定的な動き補償ブロックサイズのみをサポートし、局所的に MB サイズを更新することを必須要件として方式検討を行う。



サブマクロブロック分割
図 1 ブロック分割

3. 提案アプローチ

文献[3]の MB サイズ拡張手法をベースとして、MB サイズを局所的に更新可能とするアプローチを提案する。3.1 節の予備実験では、画面内で MB サイズを固定して符号化性能を評価し、8K 映像における最大 MB サイズを決定する。3.2 節では、3.1 節で決定した最大 MB サイズを MB サイズ更新の単位とし、MB サイズを更新するアプローチを提案する。

3.1 MB サイズの更新単位

8K 映像に対して、画面内で MB サイズを固定とし、符号化実験を行った。実験環境は JM13.2[5]に MB サイズ拡張を実装することで構築した。評価用素材として 4 種類の 8K 映像(7680 画素×4320 ライン、60fps)を用いた。なお、本実験では、提案手法による効果を確認するため、提案手法により特に大きな効果が期待できる、単調な絵柄で動きが乏しい素材を用いた。各素材ともフレーム数は 120 フレームである。

JM をベースとしたエンコーダを用いた 8K 映像全体に対する符号化は、実装や処理時間の観点から容易ではない。符号化実験では、簡単のため、8K 映像の中央の 1920 画素×1080 ライン(2K)の領域を切り出した上で符号化を施した。表 1 に切り出した映像の特徴を示す。なお、切り出した領域を、エンコーダに入力する際、YUV4:2:0 8bit のフォーマットに変換した。

表 2 に、本実験における符号化条件を示す。また、表 3 に、符号化実験結果を示す。結果は、P ピクチャのみを対象として、BD-bitrate[6]による符号量削減率を示している。

結果より、素材 D において、最大で 13.44%の符号量削減効果が得られていることがわかる。なお、最大の改善効果が得られた素材 D では、目標ビットレート付近で約 9.2%の符号量削減効果が確認された。素材 A, D のように、特に単調な絵柄を含む素材ほど、大きな改善効果が得られている。更に、どの素材においても 64×64 より大きな MB サイズを適用しても符号化性能の改善効果は期待されないことが分かる。以後の検討において、考慮すべき MB サイズは 64×64 を上限とする。

表 1 映像特徴

素材	特徴
A	静止カメラに桜の花と空が映っている映像。動きはほとんど無い。
B	建物(寺)を映した映像。チルトカメラワーク。
C	紅葉した林を映した映像。パンカメラワーク。
D	静止カメラでロケットが打ち上がる映像。画面全体にロケットが写っている。

表 2 符号化条件

Picture structure	IPPP...
QP	27, 32, 37, 42
MB size.	32x32, 64x64, 128x128

表 3 符号化性能改善[%]

	32x32	64x64	128x128
A	6.46	10.37	1.03
B	8.75	5.21	-6.88
C	1.92	-16.45	-32.10
D	11.09	13.44	7.61

3.2 局所的な MB サイズ更新

表 3 の結果からも、最適な MB サイズは映像特徴への依存性が強いことが分かる。映像特徴は同一素材においても局所的に異なるため、画面内で局所的に MB サイズを変更することにより、更に高い符号化性能が期待される。

3.1 節で示した MB サイズ拡張手法に基づき、画面内で局所的に MB サイズを更新する。MB サイズを更新する単位は、64x64 とする。符号化においては、更新単位ブロックごとに、16x16, 32x32, 64x64 の MB を選択可能とする。更新単位ブロック内では、MB の符号化順序はラスタスキャン順に従うものとする。各 MB での符号化は、画面内で MB サイズが固定のときと同様である。また、DCT サイズとして、8x8 を採用する。

符号化シンタックスについては、MB 毎に付与される制御情報は文献[3]と同様とし、更新単位ブロックごとに MB サイズを表わす制御情報を付与する。

4. 符号化実験

3.2 節で示した手法の符号化性能を評価するため、シミュレーション実験を行った。各更新単位ブロックにおける MB サイズ決定は、R-D コスト最小化規範[7]とした。評価用素材および符号化条件は、3.1 節と同様である。表 4 に、16x16 (H.264 相当) に対する符号量削減率を示す。また、比較のため、各素材について、画面内で MB サイズを最適値に固定した場合に対する最大符号化性能を示す。

表 4 符号化性能改善[%]

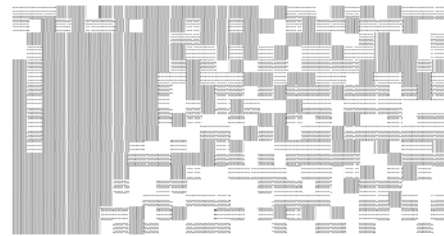
素材	Adaptive	画面内固定
A	16.05	10.37
B	22.09	8.75
C	8.99	1.92
D	15.68	13.44

表 4 より、画面内で MB サイズを適応的に変更することで、画面内固定 MB サイズにおける最大符号化性能よりも、符号化性能が改善しており、最大で約 13 ポイントの向上が見られる。

図 2 に、素材 A の QP=32 における、画面内での MB サイズ選択結果を示す。結果より、平坦な絵柄かつ動きが乏しいほど大きな MB サイズが、複雑な絵柄の領域ほど小さい MB サイズが多く選択される傾向にあることが分かる。特に、平坦かつ動きが乏しい絵柄では、動き補償に関する高精度な制御情報が不要であり、隣接ブロック間で制御情報が類似しやすい。MB を拡大することは同一の符号化制御パラメータでより広い面積を符号化することを意味するが、超高精細度ではそれによる予測性能低下は小さいと見込まれる。



(a) 原画像

(b) MB サイズ選択結果
図 2 MB サイズ選択結果

6. まとめ

本研究では、超高精細映像に適した高圧縮符号化方式の確立を目指し、MB サイズを画面内の局所領域単位で適応的に変更するアプローチを提案した。同アプローチにより、画面内で固定の MB サイズを適用する従来研究に対し、最大で約 13 ポイントの符号量削減効果を確認した。今後は、DCT サイズ拡張や他の拡張要素との併用により、さらなる性能改善を目指す。

本研究は独立行政法人情報通信研究機構による委託研究「超高精細映像符号化技術に関する研究開発」として実施したものである。

REFERENCES

- [1] ITU-R BT.1769 "Parameter values for an expanded hierarchy of LSDI image formats for production and international programme exchange"
- [2] SMPTE 2036-1-2007, "Ultra High Definition Television – Image Parameter Values for Program Production"
- [3] S.Naito, A. Matsumura and A. Koike, "Efficient coding scheme for super high definition video based on extending h.264 high profile," Visual Communications and Image Processing (VCIP) 2006, Jan. 2006.
- [4] Siwei Ma and C.-C. Jay Kuo, "High-definition Video Coding with Super-macroblocks," Visual Communications and Image Processing 2007, Sep 16-19, 2007, San Antonio, USA.
- [5] Karsten Suhring, H.264/AVC JM Reference Software, <http://iphome.hhi.de/suhring/tml/>
- [6] Gisle Bjontegaard, "Improvements of the BD-PSNR model," ITU-T SG16/Q6, 34th VCEG Meeting, VCEG-A111, Berlin, Germany, July 2008.