

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
Tomonobu Yoshino

内藤 整
Sei Naito

酒澤 茂之
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。

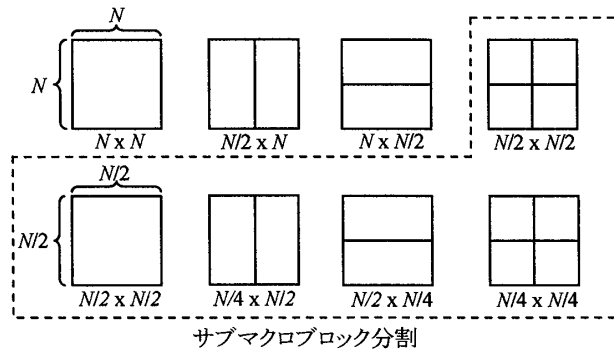


図1 ブロック分割

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[%]

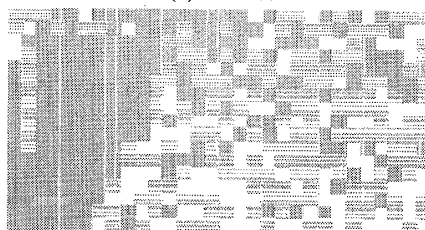
素材	Adaptive	画面内固定
A	16.05	10.37
B	22.09	8.75
C	8.99	1.92
D	15.68	13.44

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、超高解像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.

株式会社 KDDI 研究所

〒356-8502 埼玉県ふじみ野市大原 2-1-15