

ブロックサイズ適応デブロッキングフィルタ方式の検討

A Study on Block-size Adaptive Deblocking Filter Method

河村圭†

Kei Kawamura

内藤整†

Sei Naito

1 まえがき

動画像符号化方式 HEVC の改善検討が VCEG と MPEG の合同チーム JVET で 2016 年から始まっている [1]. インループフィルタのひとつであるデブロッキングフィルタは HEVC 標準化時に並列実行などの観点で整理されたが, 複雑度を抑制するために平滑化される画素数が少ない. 本稿では, 大きなブロックサイズにおいてもブロックノイズを抑制するデブロッキングフィルタの改善手法を提案する.

2 従来手法とその課題

HEVC におけるデブロッキングフィルタ (以下 DBF) は, 8×8 ブロック単位で予測単位 (PU) と変換単位 (TU) 境界におけるエッジ量をもとに, 強フィルタと弱フィルタ, フィルタなしを決定する [2]. 強フィルタの場合, エッジを挟んだ 6 画素について 4 または 5 タップのフィルタを適用する. 弱フィルタの場合, エッジを挟んだ 2 画素について 4 タップのフィルタを適用する. なお, 次世代符号化方式の JVET 参照ソフトウェア JEM2.0 においても, DBF の仕様は同一である.

図 1 はブロック境界を中心に左右に位置する画素を示している. 4 ラインずつフィルタ種別を判断し, 4 ラインについては同じフィルタを適用する. その際, フィルタ種別は $p_{x,0}, p_{x,3}, q_{x,0}, q_{x,3}$ の 16 画素を用いて判断する. また, 強フィルタの場合, 以下の計算により新しい画素値が決定される. なお, $p_{n,x}$ を省略して p_n と表現し, $q_0 \sim q_1$ の導出についても同様である.

$$p'_0 = (p_2 + 2p_1 + 2p_0 + 2q_0 + q_1 + 4) \gg 3 \quad (1)$$

$$p'_1 = (2p_2 + 2p_1 + 2p_0 + 2q_0 + 2) \gg 2 \quad (2)$$

$$p'_2 = (2p_3 + 3p_2 + p_1 + p_0 + q_0 + 4) \gg 3 \quad (3)$$

一方, HEVC では最大 TU サイズとして 32×32 が導入され, JEM2.0 では 64×64 が検討されている. 映像解像度の向上 (例えば 4K や 8K) により大きなブロックサイズが選択されやすくなり, さらにディスプレイサイズが大きくなることで大きなブロックの境界が知覚されやすくなっている. 特に平坦な領域において輝度値が僅かに異なるブロックが隣接していると, ブロックノイズとして知覚されやすいが, フィルタの適用される画素数が少ないため, DBF が有効に機能していない.

†株式会社 KDDI 研究所, KDDI R&D Laboratories, Inc.

$p_{3,0}$	$p_{2,0}$	$p_{1,0}$	$p_{0,0}$	$q_{0,0}$	$q_{1,0}$	$q_{2,0}$	$q_{3,0}$
$p_{3,1}$	$p_{2,1}$	$p_{1,1}$	$p_{0,1}$	$q_{0,1}$	$q_{1,1}$	$q_{2,1}$	$q_{3,1}$
$p_{3,2}$	$p_{2,2}$	$p_{1,2}$	$p_{0,2}$	$q_{0,2}$	$q_{1,2}$	$q_{2,2}$	$q_{3,2}$
$p_{3,3}$	$p_{2,3}$	$p_{1,3}$	$p_{0,3}$	$q_{0,3}$	$q_{1,3}$	$q_{2,3}$	$q_{3,3}$
Block P				Block Q			

Fig. 1: Pixel positions of deblocking filter process.

3 提案手法

大きなサイズのブロックが隣接している場合のブロックノイズを抑制するために, ブロックサイズに応じてフィルタを拡張する手法を提案する. すなわち, 大きなブロックサイズではフィルタを拡張し, 小さなブロックサイズではこれまでと同じフィルタを適用する. 色差には強フィルタがため, 提案手法は適用されない.

まず, 提案する拡張したフィルタの適用基準として, ブロックサイズが 16×16 以上であること, かつ強フィルタであることを条件とする. 計算量の増加を抑制するため, フィルタ種別の判断は従来と同じである.

次に, フィルタを適用する画素数を 6 から 14 に, フィルタ長を 4 から 11 に拡張する. HEVC や JEM2.0 では四分木構造となっているため, ブロックサイズが $N \times N$ の場合, ブロック境界はかならず N の整数倍位置にある. その結果, フィルタを適用する画素数は並列実行性を維持したまま最大 $N/2$ まで拡張可能となる. フィルタ係数は従来手法と同様の方針で決定した.

これらをまとめると, 以下の計算により新しい画素値が決定される. なお, $p_4 \sim p_7, q_4 \sim q_7$ は図 1 を拡張した位置にある画素である.

$$p'_0 = (p_4 + 2p_3 + 2p_2 + 2p_1 + p_0 + 22q_0 + 2q_1 + 2q_2 + q_3 + 8) \gg 4 \quad (4)$$

$$p'_1 = (p_5 + p_4 + 2p_3 + 2p_2 + 2p_1 + p_0 + 22q_0 + 2q_1 + q_2 + q_3 + 8) \gg 4 \quad (5)$$

$$p'_2 = (p_5 + 2p_4 + 2p_3 + 2p_2 + 2p_1 + p_0 + 22q_0 + q_1 + q_2 + q_3 + 8) \gg 4 \quad (6)$$

$$p'_3 = (p_6 + 2p_5 + 2p_4 + 2p_3 + 2p_2 + 2p_1 + p_0 + q_0 + q_1 + q_2 + q_3 + 8) \gg 4 \quad (7)$$



Fig. 2: Original and decoded images by the JEM2.0 and the proposed method. Red circles show significantly different area by the proposed deblocking filter.

Table 1: Coding performance in BD-rate

	Y	U	V
Class A1	0.91%	0.01%	-0.08%
Class A2	1.29%	-0.06%	0.03%
Class B	0.89%	0.04%	0.10%
Class C	0.56%	0.02%	0.04%
Class D	0.29%	-0.07%	-0.17%
Overall	0.79%	-0.01%	-0.01%

$$p'_4 = (p_6 + 3p_5 + 3p_4 + 3p_3 + p_2 + p_1 + p_0 + q_0 + q_1 + q_2 + 8) \gg 4 \quad (8)$$

$$p'_5 = (p_7 + 2p_6 + 5p_5 + 2p_4 + p_3 + p_2 + p_1 + p_0 + q_0 + q_1 + 8) \gg 4 \quad (9)$$

$$p'_6 = (3p_7 + 5p_6 + 2p_5 + p_4 + p_3 + p_2 + p_1 + p_0 + q_0 + 8) \gg 4 \quad (10)$$

4 実験結果と考察

提案手法を評価するために、JVET 参照ソフトウェアである JEM2.0 に提案手法を実装した。実験条件は JVET 共通実験条件 CTC に従った [3]。ただし、提案手法は動画像として評価する必要があるため、Random Access 条件のみを対象とした。QP は 22, 27, 32, 37 の 4 つである。なお、HM CTC と比較して、Class A (4K 以上の解像度) 素材は既存のものから置き換わっており、Tango, Drums100, CampfireParty, ToddlerFountain, CarRobot, TrafficFlow, DaylightRoad, Rollercoaster の 8 素材 (4 素材ずつ A1, A2 に分類) となっている。また、Class B は 1920×1080 画素である。

客観評価指標である BD-rate による結果を表 1 に示す [4]。BD-rate は同一客観品質を実現するために必要なビットレートの増加割合を示しており、正値は性能低下を表す。この結果より、提案手法は、JEM2.0 からの符号化劣化を平均 0.79% に抑えていることが確認で

きる。ただし、提案手法の主たる対象である Class A では 1.10% の劣化となっており、提案手法が採用されるほど客観性能は低下する。

提案手法はあくまで主観画質の改善が目的であるため、簡易的な主観画質評価を実施した。非圧縮映像再生装置に Class A1, A2, B の原画像、従来手法、提案手法 (いずれも QP37) を格納し、SDI 接続にてマスターモニターへ出力した。これらの画像は全て SDR, BT.709 である。エキスパート (3 名) による評価の結果、提案手法によりブロックノイズの低減を確認できた。

参考として、Class B の BasketballDrive (1920×1080 , 50fps) から一部切り出した画像を図 2 に示す。左からそれぞれ原画像, JEM2.0, 提案手法 (いずれも QP=37) による符号化結果である。これらの図より、赤丸で囲んだ領域においてブロックノイズが抑制されていることを確認できる。

5 むすび

本稿では、大きなブロック境界において知覚されるブロックノイズを抑制するため、デブロッキングフィルタをブロックサイズに応じて切り替える手法を提案した。提案手法はブロックサイズが 16×16 画素以上の場合に、フィルタの適用する画素数をエッジ境界を挟んで 14 に、タップ数を最大 11 に、それぞれ拡張した。提案手法は客観品質の性能低下を抑えつつ、主観画質が改善することを確認した。今後は、四分木・二分木混在構造における拡張方式について検討を行う。

参考文献

- [1] J. Chen, *et al.*, "Algorithm Description of Joint Exploration Test Model 2," JVET-B1001, Feb. 2016.
- [2] "ITU-T H.265: High efficiency video coding," 3rd Edition, April 2015.
- [3] K. Suehring, *et al.*, "JVET common test conditions and software reference configurations," JVET-B1010, Feb. 2016.
- [4] G. Bjøntegaard, "Calculation of average psnr differences between rd-curves," VCEG-M33, April 2001.