

予測方向への輝度変化を考慮したイントラ垂直・水平方向予測

Vertical and horizontal intra prediction using luminance change along the prediction direction

峯澤 彰† 杉本 和夫† 関口 俊一†
Akira Minezawa Kazuo Sugimoto Shun-ichi Sekiguchi

1. まえがき

現在、ISO/MPEG と ITU-T/VCEG は、共同で次世代映像圧縮方式 HEVC (High Efficiency Video Coding) の規格化作業を進めている[1]。HEVC は MPEG-4 AVC/H.264[2]に対して約 2 倍の圧縮率を目標としており、MPEG-4 AVC/H.264 と同様のハイブリッド符号化をベースに様々な新しい符号化ツールの検討が行われている。イントラ予測について検討されているものの一つに MPEG-4 AVC/H.264 と同様の方向性予測の拡張が挙げられる。MPEG-4 AVC/H.264 で用いられた従来の方向性予測では、予測対象ブロックに隣接する画素やその隣接画素から生成した補間画素の輝度値を予測値として予測方向に沿って繰り返すことで予測画像を生成する。したがって、予測方向が予測対象ブロック内のエッジの方向と一致していても、予測方向に輝度値の変化が生じている場合には、精度よく予測することができないという問題があった。

本稿では、予測方向に沿って輝度変化が生じているブロックでも効率よく予測可能な方向性予測の一検討として、方向性予測の一部である垂直方向予測および水平方向予測の改善について検討する。

2. 輝度変化を考慮した垂直・水平方向予測

MPEG-4 AVC/H.264 の垂直方向予測および水平方向予測は、 $N \times N$ 画素の予測対象ブロック内の左上画素を座標の原点としたとき、式 (1)、(2) でそれぞれ表せる。

$$Pred[x, y] = Rec[x, -1] \quad (x, y = 0, 1, \dots, N-1) \quad (1)$$

$$Pred[x, y] = Rec[-1, y] \quad (x, y = 0, 1, \dots, N-1) \quad (2)$$

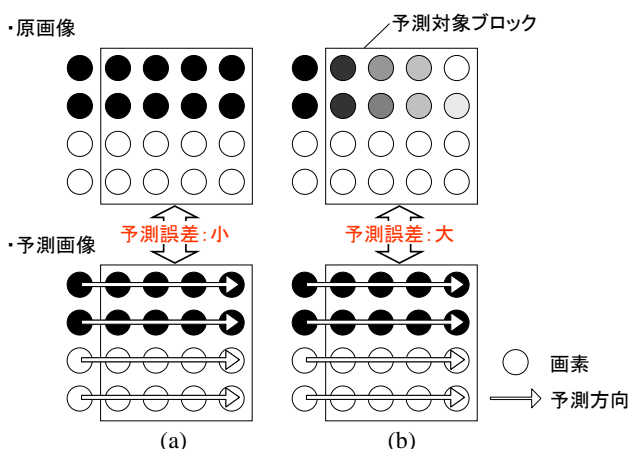


図1 4×4 ブロックにおける水平予測の例

ただし、 $Pred[x, y]$ は位置 $[x, y]$ における予測値、 $Rec[x, y]$ は位置 $[x, y]$ にある符号化済み画素 (復号画素) の輝度値である。式 (1)、(2) の場合、 $Rec[-1, y]$ や $Rec[x, -1]$ を予測値として予測方向に繰り返すだけであるため、図 1 の

(a) に示すような予測対象ブロック内の輝度値が予測方向に沿って一定であるブロックでは高い予測性能を有するものの、図 1 の (b) に示すような予測方向に沿って輝度値が変化しているブロックでは、予測方向とエッジの方向が一致していても精度よく予測することができない。

そこで本稿では、予測方向への輝度変化に対応する垂直・水平方向予測として、式 (3)、(4) を検討する。

$$Pred[x, y] = Rec[x, -1] + (Rec[-1, y] - Rec[-1, -1]) \cdot u(x) \quad (x, y = 0, 1, \dots, N-1) \quad (3)$$

$$Pred[x, y] = Rec[-1, y] + (Rec[x, -1] - Rec[-1, -1]) \cdot v(y) \quad (x, y = 0, 1, \dots, N-1) \quad (4)$$

ただし、 $u(x)$ は $Rec[-1, y] - Rec[-1, -1]$ をスケールするパラメータ、 $v(y)$ は $Rec[x, -1] - Rec[-1, -1]$ をスケールするパラメータをそれぞれ表している。すなわち、提案方式では式 (1)、(2) に示す従来の垂直・水平方向予測の予測値に対して、参照画素である符号化済み画素の予測方向への輝度変化量に比例した値を加えることで、参照画素と同様の輝度変化を予測値に与えることができる。さらに、一般に画素間の距離が離れる程相関が低くなることから、 $u(x)$ 、 $v(y)$ は参照画素からの距離が遠い画素程値が小さくなるような x 、 y によって変化するパラメータとしてそれぞれ定義する。

3. シミュレーション結果

提案方式の符号化効率を評価するため、HEVC のテストモデル第 3 版 (HM-3) [3] に対して式 (3)、(4) の垂直・水平方向予測を実装したソフトウェアを用い、符号化シミュレーションを実施した。ただし、垂直・水平方向予測に式 (1)、(2) を用いる従来の HM-3 を「従来方式」、HM-3 の輝度信号の垂直・水平方向予測を式 (3)、(4) に変更したものを「提案方式」とし、提案方式は予備実験の結果から、 $u(x) = 1/2^{x+1}$ 、 $v(y) = 1/2^{y+1}$ に設定し、 16×16 画素より大きいブロックでは従来の式 (1)、(2) を用いることとする。

本シミュレーションにおける共通符号化条件を表 1 に示す。表 1 の条件の下、解像度やフレームレートの異なる複数のシーケンスを用いてシミュレーションを行った際の輝度信号における従来方式に対する提案方式の符号化性能を表 2 に示す。ただし、表中の Δ bitrate は文献[4]に記載の平均の符号量削減量を表す評価値の一種である。表 2 より、

† 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

従来方式と比較して提案方式は全てのシーケンスで符号化効率改善しており、平均で約 0.3%、最大で約 0.8%の性能改善効果を有することを確認した。これより、参照画素の予測方向への輝度変化量をスケールリングして従来の予測値に加えることで符号化効率を改善できることがわかる。また、図 2 は QP=27 での画像 Traffic における従来方式と提案方式の輝度信号の復号画像の一部 (32×32 画素) を垂直方向予測および水平方向予測の選択状況と合わせて表示したものである。ただし、図中の線は予測ブロックの境界を表している。これより、従来方式と比較して提案方式は図に示すような輝度値が徐々に変化する輪郭を持つ領域において垂直・水平方向予測が多く選択されていることが確認できる。表 3 は QP=27 での画像 Traffic における画面全体に対する垂直・水平方向予測を選択したブロックの面積の割合 (フレーム平均) である。これより、従来方式と比較して提案方式は、式 (1) を式 (3) に、式 (2) を式 (4) に置き換えた 16×16 画素以下のブロックにおいて垂直・水平方向予測の選択率が増加していることが確認できる。以上より、提案方式によって垂直・水平方向予測が最適選択される領域が増加し、符号化性能が向上していると考えられる。

また、演算負荷については、シミュレーションを実行した際の CPU 時間を確認することでを行った。その結果、従来方式に対する提案方式の CPU 時間の増加率は符号化、復号共に 1% で程度あり、本方式の導入による演算負荷の増加は小さいと言える。

4. まとめ

本稿では、予測方向に沿って輝度変化が生じている場合にも効率よく予測可能な方向性予測の一検討として、垂直方向予測および水平方向予測の改善方式を提案した。HEVC のテストモデルに対して本方式を導入したところ、垂直・水平方向予測が最適選択される領域が増加し、平均で 0.3% の符号化効率改善が得られることを確認した。

参考文献

- [1] 関口, 浅井, "次世代映像符号化 (HEVC) の標準化動向", 映情学誌 vol65, pp.70-76, March 2011
- [2] ISO/IEC 14496-10 | ITU-T Recommendation H.264, March 2005
- [3] T. Wiegand, et al., "WD3: Working Draft 3 of High-Efficiency Video Coding," JCTVC-E603, March 2011.
- [4] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-Curves," VCEG-M33, April 2001.

表 1 共通符号化条件

Coding structure	IIII...(All Intra)
Entropy coding	CABAC
Coding block size	64x64~8x8
Transform block size	32x32~4x4
The number of Intra prediction mode	33 directional modes, DC mode, Planar mode
RD optimization	ON
QP	22, 27, 32, 37

表 2 シミュレーション結果

Sequence	Size	Frame rate	The number of frames	Δbitrate[%]
Traffic	2560 x1600	30	150	-0.774
PeopleOnStreet		30	150	-0.742
NebutaFestival		60	300	-0.067
SteamLocomotive		60	300	-0.072
Kimono	1920 x1080	24	240	-0.176
ParkScene		24	240	-0.372
Cactus		50	500	-0.422
BasketballDrive		50	500	-0.273
BQTerrace		60	600	-0.239
Vidyo1	1280 x720	60	600	-0.394
Vidyo3		60	600	-0.312
Vidyo4		60	600	-0.428
BasketballDrill	832 x480	50	500	-0.103
BQMall		60	600	-0.666
PartyScene		50	500	-0.279
RaceHorses		30	300	-0.118
BasketballPass	416 x240	50	500	-0.461
BQSquare		60	600	-0.272
BlowingBubbles		50	500	-0.136
RaceHorses		30	300	-0.185
Average				-0.325

表 3 垂直・水平方向予測ブロックの占有率[%]

ブロックサイズ	従来方式		提案方式	
	垂直	水平	垂直	水平
4x4	1.70	2.82	3.08	4.38
8x8	1.98	3.33	2.89	4.74
16x16	1.41	2.46	2.07	3.30
32x32	0.69	1.06	0.70	1.05
64x64	0.00	0.00	0.00	0.00

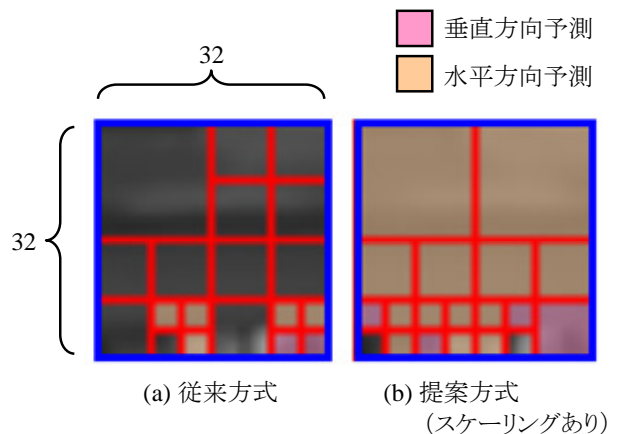


図 2 復号画像の比較