

HEVC 符号化方式における輝度 - 色差予測モードのメモリ削減手法

A Study on Memory Reduction Method of the Luma-Chroma Prediction Mode in HEVC

河村圭[†]
Kei Kawamura吉野知伸[†]
Tomonobu Yoshino内藤整[†]
Sei Naito

1 まえがき

次世代動画画像符号化方式 HEVC (High efficiency video coding) が JCT-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding) で議論され、2013 年 4 月に国際標準として発行された [1]. HEVC Version 1 では YUV4:2:0 色形式のみを対象としており、現在 YUV4:2:2/4:4:4 色形式などに拡張する Range Extensions の標準化議論が JCT-VC で進められている。

符号化ツールの追加を含まない単純な 4:2:2/4:4:4 色形式への拡張では、高ビットレートにおける符号化性能が十分に改善されていないということが明らかにされた。また、4:2:0 色形式と比較して 4:2:2/4:4:4 色形式では色差画素数が増加するため、色差予測方式の改善が求められている。その一方式として、輝度と色差との相関を利用して輝度信号から色差信号を予測する輝度 - 色差予測モード (Luma-chroma prediction mode) がコア実験として議論されている [2]. このモードでは、色差信号が輝度信号と予測係数を用いて線型予測される。予測係数は符号化側と復号側の双方で導出されるため、伝送されない。

本予測モードは予測係数導出のために多くのメモリ量、またはメモリ帯域が必要になるという課題がある。導出は最小二乗法に基づき符号化済みの周辺画素値を参照画素として用いるためである。また、導出のための演算コストも増加する。

本稿では、輝度 - 予測予測モードで必要となるメモリを削減する手法を提案する。具体的には、予測係数導出における参照画素数を間引くことで半減させる。その結果、必要なメモリ量や帯域が半減し、演算コストも削減される。さらに提案手法を参照ソフトウェア HM (HEVC Test Model) 10.0 に実装し、BD-rate により評価する。

2 従来手法

J. Kim らは再構成 (ローカルデコード) した輝度信号を用いて、色差信号を線型予測するイントラ予測モードを提案している [3]. 色差信号は同一ブロックの再構成輝度信号から以下のモデル式によって予測される。

$$\text{Pred}_C[x, y] = \alpha \times \text{Rec}_L[x, y] + \beta \quad (1)$$

ここで、 Pred_C はブロック内の色差予測信号、 Rec_L はブロック内の再構成輝度信号を表す。モデル式のパラメータ α と β は、当該ブロックの周囲にある符号化済みの輝度信号と色差信号を用いて、符号化側と復号側で最小二乗法により導出する。

本予測モードは、メモリ参照量が非常に多いという問題がある。特に、ハードウェアを設計する際には最悪値を考慮する必要があり、平均ではなく最悪値での評価が重要になる。H.264 が策定された 10 年前と比較して、メモリ容量は非常に増加しているが、メモリ帯域はそれに見合うだけの増加をしていない。そのため、予測係数の導出に用いる信号の削減が必要となる。

図 1 に YUV4:2:0 色形式における輝度 - 色差予測モードで利用する参照画素の位置を示す。図 1 左側は再構成した輝度、右側は予測対象の色差であり、四角形は画素を表し、黒枠内は現在符号化する色差ブロックと、それに対応する輝度ブロックである。また、黒枠の上と左は符号化済みの画素であり、予測係数の導出に利用可能である。さらに、黒丸と黒三角形は予測係数導出に用いる参照画素、輝度の白丸は色差の予測に用いる画素を表す。

ここで、YUV4:2:0 色形式では、色差ブロックの縦横比が 2 : 1 になる。最新の Range Extensions 2.0 では、この長方形ブロックを正方形に分割し、2 回に分けて符号化することになっている。したがって、最初に黒丸の参照画素を用いて係数を導出して符号化し、次に黒三角形の参照画素を用いて係数を導出して符号化する。このように、本予測モードは、色差予測に直接用

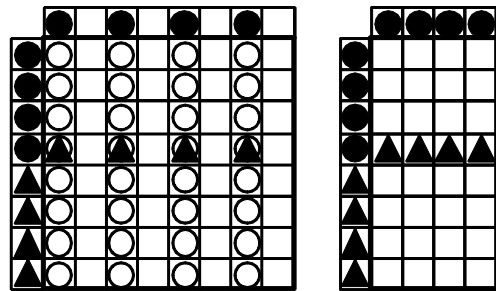


Fig. 1: Position of reference pixels in the conventional method. The left is the reconstructed luma samples and the right is the target chroma samples.

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

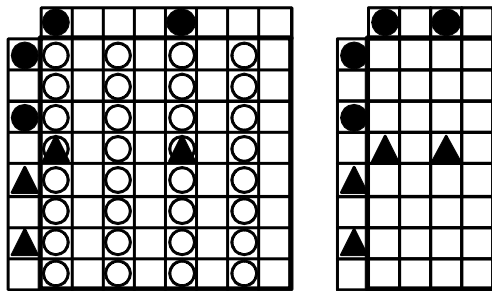


Fig. 2: Position of reference pixels in the proposed method. The left is the reconstructed luma samples and the right is the target chroma samples.

いる画素 Rec_L の他に、予測係数の導出に必要な画素数が多い。

3 提案手法

本稿では、従来手法で述べたような最悪値でのメモリ帯域を削減するために、参照画素数を削減する手法を提案する。図2に YUV4:2:2 色形式に対して提案する参照画素数の位置を示す。

この図から明らかなように、提案手法は従来手法の参照画素数を半減している。以下に、その他の特徴を列挙する。まず、参照画素数が2のべき乗である特性を維持している。その結果、予測係数導出時の平均値算出などで、除算をシフト演算に置き換えられる。次に、提案手法は輝度ブロックサイズが 8×8 に限定されず、いずれのブロックサイズでも適用可能である。

ここで、従来手法を拡張例として係数の導出を変換ブロックではなく、符号化木ブロック(マクロブロックに相当)ごとに1回だけ導出し、その結果を内部の全変換ブロックに適用する手法が提案されている [3]。提案手法は、このような拡張例に対しても適用可能である。

なお、従来手法と提案手法共に、YUV4:2:2 色形式の場合についての述べたが、YUV4:4:4 や YUV4:2:0 においても同様の手法を適用可能である。

4 実験結果と考察

提案手法を HM (HEVC Test Model) 10.0-RExt2.0 に実装し、JCT-VC の共通実験条件 [4] に従って性能を評価した。提案方式はイントラ符号化に適用する方式であるため、All Intra 条件のみを比較した。なお、対象となる映像は HD 解像度以上であり、RGB4:4:4 は8種類、YUV4:4:4 は7種類、YUV4:2:0 は7種類である。また、基本的には RGB4:4:4 から色空間変換とダウンサンプリングによって YUV4:4:4、YUV4:2:0 映像が作成されている。

アンカーとして従来手法であるメモリ削減前の輝度-

Table 1: BD-bitrate comparison. A coding loss is negligible. [%]

| Source | Y | U | V |
|-----------|--------|--------|--------|
| RGB 4:4:4 | 0.030 | 0.044 | 0.035 |
| YUV 4:4:4 | -0.016 | -0.039 | -0.095 |
| YUV 4:2:2 | 0.010 | 0.028 | 0.024 |
| Overall | 0.009 | 0.012 | -0.010 |

色差予測モードを用い、比較結果を表1に示す。表の数値は JCT-VC で評価軸として採用されている BD-bitrate で、負数はビットレートを削減したことを意味している。YUV はそれぞれの色成分ごとの PSNR と全成分の合計ビットレートから算出している。

提案方式と従来方式は輝度信号の処理に変更がないため、表における Y は全成分の合計ビットレート増減により変化している。この結果より、提案手法による符号化性能は 0.009、無視出来るレベルであることを確認できる。また、色空間や素材ごとに結果を確認すると、YUV4:4:4 では大部分の映像でゲインがあるのに対し、その他の色空間では基本的にロスが発生している。

5 むすび

本稿では、輝度-予測予測モードで必要となるメモリを削減するため、予測係数導出における参照画素数を間引く手法を提案した。提案方式は、メモリ使用量や計算負荷を削減する一方で、輝度-色差予測モードの符号化性能を維持していることを実験により確認した。今後は、参照画素位置を適応的に決定する手法を検討する。謝辞 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。

参考文献

- [1] "High efficiency video coding," Recommendation ITU-T H.265, Apr. 2013.
- [2] T. Nguyen, et al. "HEVC Range Extensions Core Experiment 1 (RCE1): Inter-Component Decorrelation Methods." JCTVC-M1121, Apr. 2013.
- [3] J. Kim, "RCE1: The performance of extended chroma mode for non 4:2:0 format," JCTVC-M0097, Apr. 2013.
- [4] D. Flynn, "Common test conditions and software reference configurations for HEVC range extensions," JCTVC-L1121, Jan. 2013.
- [5] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," VCEG-M33, Apr. 2001.