

HEVC 多視点符号化を利用した RGB4:4:4 符号化

RGB4:4:4 video compression using HEVC multi-view coding

峯澤 彰†
Akira Minezawa

服部 亮史†
Ryoji Hattori

関口 俊一†
Shun-ichi Sekiguchi

村上 篤道†
Tokumichi Murakami

1. まえがき

コンテンツ制作、遠隔画面共有、画像診断、デジタルアーカイブ等の用途において、RGB 信号の忠実性を維持した高品質な画像伝送・記録の要求がある。2013 年 1 月に第一版の規格化を完了した次期映像符号化標準 HEVC (High Efficiency Video Coding) では、RGB 信号を含む 4:4:4 色信号への方式拡張の作業が進められている。MPEG-4 AVC 比 2 倍の圧縮性能を有する HEVC に基づいた RGB 符号化を行うことにより、従来の圧縮技術に比べて少ないデータ量で高品質な RGB 信号の伝送・記録を行える可能性がある。

本稿では、HEVC をベースとする RGB 信号の高効率な符号化を実現するアプローチとして、R,G,B の各色成分を異なる視点の信号とみなし、多視点符号化を適用するアーキテクチャを提案する。実験の結果、ブロックレベルで符号化ツールの変更を行わない簡易な方式であっても高い符号化効率が得られることを確認したので報告する。

2. RGB4:4:4 映像符号化

一般にカラー映像信号は赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の 3 つの色成分からなる。符号化を行う際は、RGB から YUV への色空間変換と色差信号のダウンサンプリングを行うことであらかじめ情報量を削減した入力信号 (YUV4:2:0) を用いるのが一般的である。HEVC の第一版 [1][2]においても、YUV4:2:0 を符号化対象信号としている。一方、スタジオマスターやデジタルアーカイブなど原信号の忠実性が重要となる映像素材、文字や CG 等の人工画像のインタラクティブな送受信を必要とする遠隔画面共有、符号化歪みが許容されない画像診断等の様々な分野で RGB 信号の忠実性を維持できる高品質符号化が必要とされている。このような要求条件のもと、HEVC では RGB 信号を含む 4:4:4 色信号への方式拡張 (Range Extensions; RExt) の作業が進められている [3]。RExt では、RGB4:4:4 信号については YUV4:4:4 信号に変換したものを原信号として符号化する手法や、G、B、R の各信号をそれぞれ Y、U、V 信号とみなして符号化する手法をアンカーとして各提案手法の評価を行っている [4][5]。

RGB-YUV 変換では本質的に原信号に損失が生じるため、RGB 信号の忠実性が要求される高品質符号化の実現には、RGB 信号を直接符号化することが有効であることが知られている [6][7]。RGB4:4:4 フォーマットの画像 WordEditing (1280x720 画素, 8bit/pel)、画像 EBUrainFruits (1920x1080 画素, 10bit/pel) に対して表 1 の(1)の条件による HEVC RExt の符号化実験を行った結果を図 1 に示す。ただし、PSNR は RGB 各信号の PSNR の平均値であり、「GBR 符号化」は RGB 信号の G、B、R 信号をそれぞれ Y、U、V 信号と見なして符号化した結果、

「YUV 符号化」は RGB 信号を ITU-R Rec. BT.709[8]の変換式に従って YUV4:4:4 信号に変換してから符号化を行った結果を示している。また、図中の横軸については上の軸が画像 WordEditing、下の軸が画像 EBUrainFruits の軸を示している。これより、非自然画像 WordEditing は自然画像 EBUrainFruits と比較して YUV 変換による損失が非常に大きいことが確認できる。非自然画像まで適用分野が拡大している汎用的な画像信号を扱うに際しては、RGB 信号の直接符号化を前提とした符号化方式の策定が重要となる。

3. 多視点符号化による RGB4:4:4 符号化

RGB 信号を直接高効率に符号化する手法についてはこれまでに検討されてきた。文献[9]~[12]では、RGB 信号の直接符号化において色信号間の相関を利用する符号化ツールをブロック単位に適応選択することで符号化効率の改善が図られている。

本稿では、HEVC の第一版に対してブロックレベルの仕様変更を必要とせずに予測ブロック単位の適応色信号間予測を実現する手法として、HEVC 多視点符号化[13]の RGB 符号化適用について検討する。HEVC 多視点符号化は、動き補償予測の際に時間方向だけでなく視点方向の符号化済みピクチャも参照可能とする HEVC の拡張規格であり、HEVC の第一版に対して参照ピクチャの管理等といった上位シンタックスの変更のみで上記拡張を実現している。本

表 1 符号化条件

条件 No	(1)	(2)
適用方式	GBR 符号化, YUV 符号化, RGB 独立符号化	提案方式
ソフトウェア	HM10.1RExt3.0	HTM-DEV-0.2
符号化 パラメータ	JCT-VC 共通実験条件[4]の Random Access 条件	
QP	2, 12, 22, 32	

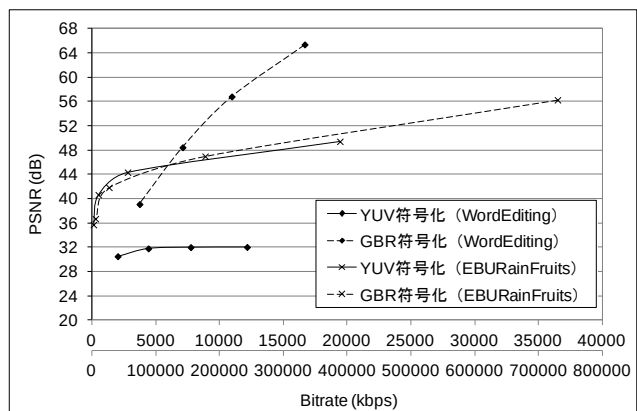


図 1 符号化結果

† 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

稿では、RGBの各色信号を多視点映像における各視点の輝度成分と見なし、HEVC多視点符号化によるモノクローム符号化を行うことで色信号間の予測を実現する。図2に提案方式の参照構造を示す。これより、提案方式ではB、Rの各色信号において同時刻のG信号を予測参照ピクチャとして利用できる。

4. シミュレーション結果

図2の参照構造を用いる提案方式の符号化性能を評価するため、表1の条件下でJCT-VC共通実験条件[4]の評価用RGB映像に対する符号化実験を実施した。表2にGBR符号化及びRGB独立符号化に対する提案方式の符号量変化量を示す。「RGB独立符号化」はRGB信号の各色信号をそれぞれ独立にモノクローム符号化する方式であり、図2において色信号間の参照を禁止した場合と等価である。したがって、提案方式と比較することで色信号間予測の性能を確認する。また、表中の値は平均符号量変化量を示すBD-rate[14]であり、値が負である場合提案方式の符号量が各方式の符号量より少ないことを示している。表2より、提案方式はRGB独立符号化と比較して色信号間の予測が可能となることで全ての画像で符号化効率が改善し、平均で15%符号化効率が改善していることを確認した。特に非自然画像に対する符号化性能が優れており、最大で29%高い符号化性能を有している。HEVC RExtの規格化作業におけるアンカーであるGBR符号化と比較しても平均で13%、最大で23%高い符号化効率を達成していることが確認できる。次に、図3に画像WordEditingにおけるR-Dグラフを示す。これより、提案方式はGBR符号化及びRGB独立符号化と比較して全てのビットレートで符号化効率が改善していることがわかる。以上から、両方式と比較して提案方式は常に優れた符号化性能を有すると考えられる。

5. まとめ

本稿では、RGB4:4:4映像信号符号化の効率改善を目的として、HEVCの多視点符号化によるRGB4:4:4符号化について検討を行った。その結果、提案方式は予測ブロック単位の色信号間予測を利用可能とすることでHEVC RExtの評価アンカーに対して全ての画像で符号化効率が改善し、平均で13%高い符号化効率を有することを確認した。

参考文献

- [1] 村上 他, “高効率映像符号化技術 HEVC/H.265 とその応用”, オーム社, 2013 年 2 月
- [2] ISO/IEC 23008-2 | ITU-T Recommendation H.265, April 2013.
- [3] D. Flynn, et al., “HEVC Range Extensions Draft 3,” JCTVC-M1005, April 2013.
- [4] D. Flynn, et al., “Common test conditions and software reference configurations for HEVC range extensions,” JCTVC-L1006, Jan. 2013.
- [5] T. Nguyen, et al., “HEVC Range Extensions Core Experiment 1 (RCE1): Inter-Component Decorrelation Methods,” JCTVC-M1121, April 2013.
- [6] G. Sullivan, “Approximate theoretical analysis of RGB to YCbCr to RGB conversion error,” JVT-1017, Sep. 2003.
- [7] W-S. Kim, et al., “Inter-plane prediction for RGB video coding,” Proc. IEEE ICIP, pp.785-788, Oct. 2004.
- [8] ITU-R Recommendation BT.709, April 2002.

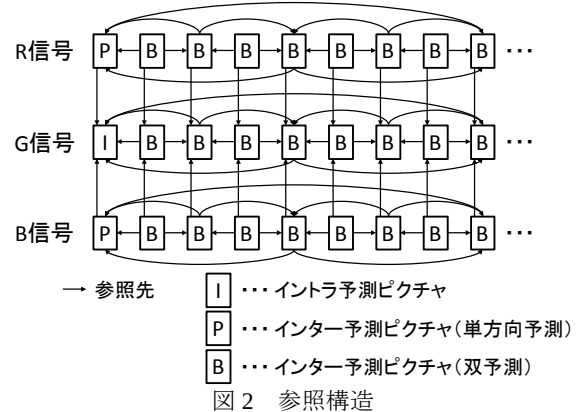


表2 平均符号量変化量

シーケンス名		対 GBR 符号化	対 RGB 独 立符号化
自然 画像	Traffic	-7.8%	-8.1%
	Kimono	-8.0%	-7.0%
	EBURainFruits	-20.7%	-22.5%
	DucksAndLegs	-3.0%	-3.0%
	ParkScene	-9.1%	-8.0%
非自然 画像	CadWaveform	-19.8%	-21.4%
	Map	-22.9%	-29.2%
	Programming	-9.0%	-10.8%
	VideoConferencingDocSharing	-9.6%	-13.9%
	WordEditing	-19.5%	-24.2%
自然画像平均		-9.7%	-9.7%
非自然画像平均		-16.2%	-19.9%
全体平均		-12.9%	-14.8%

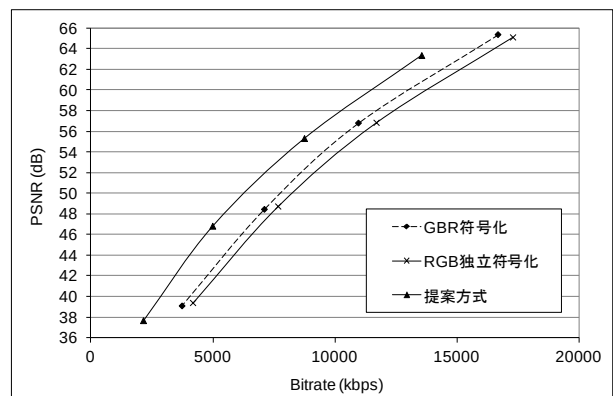


図3 画像WordEditingにおけるR-Dグラフ

- [9] D. Marpe, et al., "Macroblock-Adaptive Residual Color Space Transforms For 4:4:4 Video Coding," Proc. IEEE ICIP, pp. 3157-3160, Oct. 2006.
- [10] Y.-H. Kim, et al., "Efficient RGB Video Coding Using Adaptive Inter-Plane Residual Prediction," Proc. IEEE ICCE, pp. 1-2, Jan. 2008.
- [11] B. C. Song, et al., "Block Adaptive Inter-Color Compensation Algorithm for RGB 4:4:4 Video Coding," IEEE Trans. on CSVT, pp. 1447-1451, Oct. 2008.
- [12] Y.-H. Kim, et al., "High-Fidelity RGB Video Coding Using Adaptive Inter-Plane Weighted Prediction," IEEE Trans. on CSVT, pp.1051-1056, Oct. 2009.
- [13] G. Tech, et al., "MV-HEVC Draft Text 4," JCT3V-D1004, April 2013.
- [14] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-Curves," VCEG-M33, April 2001.