

HEVC RExt の最新標準化動向

Recent Trends in International Standardization of HEVC RExt

河村圭[†]
Kei Kawamura

内藤整[†]
Sei Naito

1 まえがき

HEVC 初版は 2013 年 1 月に標準化作業が完了したが、その半年前から Range Extensions (以下, RExt) の標準化が開始された。RExt は第 2 版の機能拡張の一つであり、2014 年 4 月に標準化作業が完了した [1]。RExt は 4:2:2/4:4:4 や 12bit, 16bit など映像フォーマットの拡張が主な対象となっている。本稿では RExt に採用された各種追加ツールの概要と性能、策定されたプロファイル群を紹介する。最後に、2014 年 4 月から標準化作業が開始された Screen Content Coding (SCC) など最新動向に触れる。

2 映像フォーマットの拡張とプロファイル

RExt では、AVC High Profile (HP) と同様、またはそれ以上の映像フォーマットを符号化対象とすることを目標とした。

色形式については、4:2:0 以外の 4:0:0, 4:2:2, 4:4:4 色形式が対象である。このうち、4:2:2 色形式については、正方形の輝度ブロックに対応する色差ブロックは長方形となる。ハードウェア設計の再利用性を考慮し、AVC HP と同様に長方形を 2 つの正方形に分割し、それぞれを Transform Unit (TU) として扱う。なお、イントラ予測は TU ごとに処理されるが、その予測方向は輝度と色差とで合わせるのではなく、既存の予測方向で近似する。

ビット深度については、初版策定時から 10bit 以上の精度が確保されていた。そのため、変換や補間など基本的機能に変更はない。ただし、重み付き予測については、入力映像ビット深度に応じた精度とする変更が加えられている。

HEVC 初版では映像プロファイルとして Main / Main10 プロファイルが策定された。RExt では主に表 1 に示すプロファイルが新規に策定された。なお、イントラやモノクローム、静止画プロファイルは省略したが、追加されたプロファイルは全部で 19 種類ある [1]。また、14bit は策定されず、16bit は表から省略した一部のプロファイルのみで策定された。

3 新規符号化ツール

RExt では当初、HEVC 初版 YUV4:2:0 色形式の単純な拡張を迅速に標準化することが想定されていた。しかしながら、Wireless Display 向け映像伝送を 4:4:4 色形式のアプリケーション例として、PC 画面や計測機器画面、CG などのカメラで撮影した以外の映像 (以

Table 1: HEVC Profiles [1]

	4:2:0	4:2:2	4:4:4
8bit	<i>Main</i>		Main 4:4:4
10bit	<i>Main10</i>	Main 4:2:2 10	Main 4:4:4 10
12bit	Main12	Main 4:2:2 12	Main 4:4:4 12

Table 2: BD-bitrate on AVC HP v.s. HEVC RExt. [2]

Source	Y	U	V
EBUHorse	-21.6%	-19.6%	-9.5%
EBUWaterRC	-18.7%	-2.8%	14.6%
EBURainFruits	-34.8%	-34.3%	-43.2%
Kimono	-47.3%	-30.8%	-26.2%
Overall	-30.6%	-21.9%	-16.1%

下、スクリーンコンテンツ) が審議対象に加わることであった。そのため、スクリーンコンテンツに特化した符号化ツールも審議対象となり、主に下記の符号化ツールが追加されることになった。

3.1 残差信号回転

Transform Skipping (TS) において、予測残差信号のブロック内位置を回転させる方式である。TS ではレベル値は参照画素に近い左上ほど小さな値になる。一方、DCT/DST および量子化後のレベル値は高周波成分を表す右下ほど小さな値になる。RExt ではこの不一致が修正され、TS か DCT/DST かによらず、右下ほど小さなレベル値となる。

3.2 残差信号 DPCM

残差回転と同様に TS において、レベル値に対して水平、または垂直の DPCM を適用する方式である。スクリーンコンテンツでは直線が多用されたエッジの急峻な映像が入力される場合があり、入力される値も離散的となる。そこで、以下の予測残差信号の修正 (復号側) を行う。ここで、 r は逆変換後の残差値である。

$$r[x][y] += r[x-1][y] \quad \text{if Horizontal} \quad (1)$$

$$r[x][y] += r[x][y-1] \quad \text{if Vertical} \quad (2)$$

3.3 色成分間無相関化

色差予測残差信号を輝度予測残差信号から線形予測する方式である。これまで ITU-T H.26x シリーズや MPEG では、画素値の予測としてフレーム内予測 (イントラ予測) とフレーム間予測 (インター予測) の 2

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

Table 3: BD-bitrate by each tools for camera captured contents [3]

Tool for YUV444 (RExt)	AI-MT	AI-HT	AI-SHT	RA-MT	RA-HT	LD-MT	LD-HT
CrossComponentDecorrelation	-1.5%	-1.9%	-2.0%	-0.6%	-1.0%	-0.2%	-0.7%
IntraBlockCopy*	-0.5%	-0.3%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	0.0%	-0.1%

Table 4: BD-bitrate by each tools for non-camera captured contents (Screen contents) [3]

Tool for YUV444 (SC)	AI-MT	AI-HT	AI-SHT	RA-MT	RA-HT	LD-MT	LD-HT
ResidualRotation	-0.3%	-0.3%	-0.2%	-0.4%	-0.3%	-0.1%	0.0%
ImplicitResidualDPCM	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.4%	-0.3%	0.0%	0.1%
ExplicitResidualDPCM	-0.6%	-0.5%	-0.5%	-0.3%	-0.2%	-0.1%	-0.1%
CrossComponentDecorrelation	-4.1%	-4.3%	-3.9%	-3.4%	-3.7%	-2.8%	-3.3%
IntraBlockCopy*	-29.9%	-29.5%	-28.4%	-23.7%	-23.3%	-16.1%	-17.0%
GolombRiceInitialization	-0.3%	-0.7%	-1.2%	-0.3%	-0.6%	-0.1%	-0.3%

種類しかなかったが、RExt では成分間予測が追加された。以下の色差予測残差信号の修正（復号側）を行う。ここで、 r_Y は輝度予測残差値、ResScaleValue はサイド情報である予測係数、 r は色差予測残差値である。

$$r[x][y] += (\text{ResScaleVal} \times r_Y[x][y]) \gg 3 \quad (3)$$

3.4 Intra block copy

フレーム内予測のひとつとして、符号化済みのフレーム内画素値を変位ベクトルにより参照する方式である。変位ベクトルは動きベクトルと同様に符号化される。また、メモリ帯域などのハードウェア実装負荷を考慮し、符号化対象 Largest Coding Unit (LCU) の左側 2LCU に制限することなどが議論されていた。プロファイル審議時に技術が十分成熟していないという理由で、RExt には採用されなかった。

3.5 Golomb Rice 初期化

レベル値を符号化する際の Rice パラメータ初期値を、符号化済みブロックから決定する方式である。スクリーンコンテンツや高ビット深度映像、超低圧縮時には、絶対値の大きなレベル値が頻出する。そこで、Rice パラメータの初期値を 0 ではなく、周囲のブロックでの符号化結果を反映した値とする。

4 符号化性能

HEVC RExt を AVC High Profile と性能比較した結果を表 2 に示す。評価指標は会合で利用されている BD-rate である [4]。また、対象映像はカメラ撮影映像（自然画像、YUV4:4:4）である。表 2 より、約 30% の符号量削減を実現していることを確認できる。

次に、本稿で紹介した個別ツールの性能について、自然画像を表 3 に、スクリーンコンテンツを表 4 にまとめる。ただし、表 3 ではゲインのないツールの結果を省略した。また、Intra block copy は RExt には採用されていないことに注意されたい。これらの結果より、色成分間無相関化以外は自然画像に有意な性能改善が

ない。また、追加された多くのツールはスクリーンコンテンツ向けの小改善であることが分かる。

5 今後の標準化動向

RExt では主にカメラ撮影映像を対象とした。そのため、Intra block copy を初めとするスクリーンコンテンツに特化し、かつ復号処理負荷の高いツールは最終的に不採用となった。

2014 年 1 月に SCC CfP が発行され、4 月会合では Response 審議がなされた。その結果、2015 年 10 月作業完了 (FDIS 発行) を目標として、SCC の標準化作業が正式に開始された。ここでは、Intra block copy や Palette mode, string match, 色空間変換など新旧様々な符号化ツールが議論されている。

6 むすび

本稿では、HEVC 拡張のひとつとして対象映像フォーマット拡張した Range Extensions の標準化経緯やプロファイル、審議されたツール群について述べた。特に AVC High Profile と比較して、色成分間予測が新規に追加されたことに特徴がある。引き続き、スクリーンコンテンツを対象とする標準化審議が始まっており、さらなる技術提案が求められている。

参考文献

- [1] D. Flynn, et al. "High Efficiency Video Coding (HEVC) Range Extensions text specification: Draft 7" JCTVC-Q1005.v9, Apr. 2014.
- [2] B. Li, et al. "Comparison of Compression Performance of HEVC Range Extensions Draft 5 with AVC High 4:4:4 Predictive profile" JCTVC-P0213, Jan. 2014.
- [3] S. Lee, et al. "Recommended profiling of range extension coding tools" JCTVC-Q0051, Apr. 2014.
- [4] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," VCEG-M33, Apr. 2001.