

HEVC 技術解説 [予測処理]

HEVC technical description: prediction coding

坂東幸浩[†],
Yukihiro BANDO[†],

1 まえがき

本稿では、HEVC[1] で導入された予測符号化に関する新技術について概説する。まず、予測処理における可変ブロック形状を実現するためのデータ構造 [2] について紹介する。次いで、同データ構造に基づくイントラ予測処理 [3] における予測方法、参照画素値の生成方法について解説する。最後に、同データ構造に基づくインター予測処理 [3] における動きベクトルの表現方法、小数画素精度動き補償について説明する。

2 HEVC のデータ構造

HEVC における符号化・復号処理は、ブロック単位に処理され、この処理の単位となるブロックの形状は、4 種類のデータ構造 coding tree unit (CTU)、coding unit (CU)、prediction unit (PU), transform unit (TU) により規定される。これらのデータ構造を用いることで、ブロック形状に対する設定の自由度が従来法に比べて高まっており、この結果、HEVC の符号化効率が大幅に向上している。本節では、上記 4 種類のデータ構造について概説する。

CTU は符号化処理の基本単位であり、H.264/AVC における Macro Block (MB) の概念を拡張したものとなっている。まず、MB が 16×16 [画素] の固定サイズであったのに対し、CTU のサイズは、 8×8 、 16×16 、 32×32 、 64×64 [画素] の中から選択可能である。さらに、CTU 内において再帰的な 4 分割に基づく領域分割が行われ、この領域分割は、4 分木構造を用いて表現される。図 1 に、CTU のサイズを 64×64 [画素] とした場合の領域分割の例を示す。あわせて、この領域分割を表現する 4 分木構造を図 2 に示す。

CTU を表す 4 分木の葉ノードが CU であり、CTU は CU の集合により構成される。CU は予測処理・変換処理等の符号化ツールを適用する基本単位であり、イントラ予測・インター予測も、CU 単位で設定される。CU は PU および TU の集合により構成される。

PU は予測に関する情報を共有する基本単位であり、PU 内は、同一の予測モードが適用される。CU に対して、PU は図 3 に示す分割形状を選択可能である。

TU は変換情報を共有する基本単位である。TU は CU を根ノードとする 4 分木で表現され、CTU に対する入れ子の

木構造をなす。なお、TU の規定する分割は、PU で規定する予測に用いる分割とは、独立に設定される。

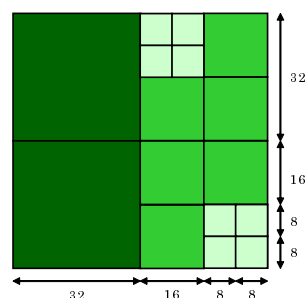


図 1: CTU の領域分割の例

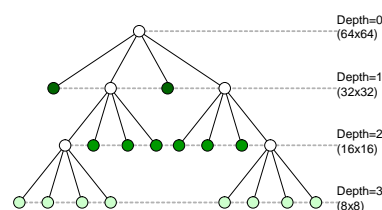


図 2: 図 1 の CTU の領域分割に対応する 4 分木構造

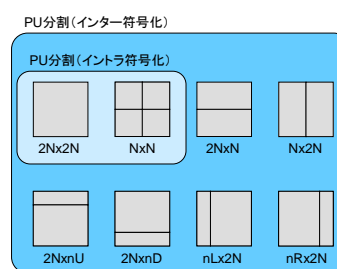


図 3: PU の分割形状

3 イントラ予測処理

本節では、HEVC において導入されたイントラ予測の新規技術として、予測方法、参照画素値の生成方法について述べる。

イントラ予測として、方向性予測、平面予測、直流成分予測の 3 種類のアルゴリズムが導入されている。HEVC の方向

[†]NTT アドバンステクノロジー株式会社

性予測は、H.264/AVCの方向性予測に対して予測方向の精緻化を図り、拡張したものである。予測方向が、H.264/AVCのサポートしていた8方向から、33方向へと大幅に増加している。平面予測は、参照画素から得られる水平・垂直方向の傾きに基づく2種類の線形予測の平均値を用いて予測値を生成する。H.264/AVCの場合、平面予測は、16×16[画素]のブロックのみで利用可能であったのに対し、HEVCの場合、全ブロックサイズで平面予測が利用可能である。直流成分予測は参照画素値の平均値を用いて予測値を生成しており、H.264/AVCで導入された予測方法を踏襲している。

方向性予測および平面予測の参照画素に対しては平滑化フィルタ(フィルタ係数 $[\frac{1}{4}, \frac{2}{4}, \frac{1}{4}]$)が適用される。平滑化フィルタは参照画素に含まれる符号化雑音の低減に効果を有し、予測誤差の低減を可能にする。参照画素に対する平滑化フィルタは、H.264/AVCでは、8×8サイズのブロックにのみ適用されていたのに対し、HEVCでは、その対象を8×8サイズ以上のブロックに拡大し、方向性予測の予測方向、ブロックサイズ、検出された不連続性に基づき、適応的に適用される。さらに、ブロック境界の不連続性を除去するために、直流成分予測、水平方向予測、垂直方向予測を対象として、ブロック境界部の画素値に対して平滑化処理が施される。

4 インター予測処理

本節では、HEVCにおいて導入されたインター予測の新規技術として、動きベクトルの表現方法であるmerge mode、小数画素精度動き補償のための補間フィルタについて述べる。

merge modeは、4分木分割に起因する問題を解消するために導入された時空間近傍PUとの動き情報の共有方法である。4分木分割においては、2個ないし3個の子ノードが同一の情報を保持していても、独立に表現する必要がある。さらに、異なる親ノードに属する子ノード間では、情報を共有できない。これらの4分木分割の構造上の問題により過分割が発生すると、発生符号量が増大し、符号化性能の低下を招く。この問題を解決するためには、PU間で動き情報を共有する仕組みが必要であり、この必要性が、merge mode導入の動機であった。なお、複数領域で同一の動き情報を共有すると、動き情報を保持する領域が統合されたようにみせることが、merge modeと命名された。

merge modeにおける動き情報の共有方法は、H.264/AVCにおけるskip mode、direct modeと類似した考え方であるが、以下の点が異なる。第一に、空間・時間近傍PUから複数の動きベクトルの候補を導出し、同候補の中から最適な動きベクトルを選択可能とした点である。H.264/AVCの場合、skip mode、direct modeで用いる動きベクトルは、一

意に定められ、選択の余地は無かった。第二に、参照ピクチャリスト・参照ピクチャインデックスを指定可能とした点である。H.264/AVCの場合、direct modeの参照ピクチャリスト・参照ピクチャインデックスは予め定められた値を使用することが規定されており、これらの値を動的に変更することは規格上、許されていない。

HEVCでは、動き補償の予測精度として、輝度信号に対して $\frac{1}{4}$ 画素精度、色差信号に対して $\frac{1}{8}$ 画素精度をサポートしている。こうした小数画素位置の画素値生成に用いる補間フィルタに関して、H.264/AVCに対する性能向上が図られている。輝度信号の場合、1/2画素位置の補間および1/4画素位置の補間には、各々、8タップフィルタ(フィルタ係数 $[-1\ 4\ -11\ 40\ 40\ -11\ 4\ -1]$)、7タップフィルタ(フィルタ係数 $[-1\ 4\ -10\ 58\ 17\ -5\ 1]$ 、 $[-5,17,58,-10,4,-1]$)が用いられる。H.264/AVCの場合、6タップフィルタを用いて1/2画素位置を補間し、同補間により得られた画素値を入力として、2タップフィルタ(平均値フィルタ)を用いて、1/4画素位置を補間する多段構成の補間フィルタを採用していた。このため、1/2画素位置を補間する際に混入した丸め誤差が1/4画素位置を算出する際にも伝播する問題があった。これに対して、HEVCの補間フィルタでは、1/4画素位置の生成に際して、1/2画素位置の計算で発生する丸め誤差の影響は受けない。さらに、フィルタのタップ長が長く、補間精度が向上しており、予測誤差の低減が図られている。

5 まとめ

本稿では、HEVCにおける予測処理を対象として、H.264/AVCとの差異を確認するという観点から、新規導入技術を概観した。HEVCにおけるイントラ・インター予測処理は、H.264/AVC等の従来法に対して、設計の自由度が高まっており、その結果、符号化効率の向上をもたらしている。しかし、同時に、自由度の高い符号器はパラメータ選択のための演算量の増加を伴う。このため、符号化効率の向上と符号化処理の低減に関するトレードオフの解決は、符号化器の設計において、今後の重要な課題である。

参考文献

- [1] Recommendation ITU-T H.265: High efficiency video coding, 2013.
- [2] I. Kim, J. Min, T. Lee, W. J. Han, and J. Park. Block partitioning structure in the HEVC standard. *IEEE trans. CSVT*, Vol. 22, No. 12, pp. 1697–1706, 2012.
- [3] G. J. Sullivan, J. R. Ohm, W. J. Han, and T. Wiegand. Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard. *IEEE trans. CSVT*, Vol. 22, No. 12, pp. 1649–1668, 2012.