

DCTを利用したH.264/AVCにおける Intra 予測モードの決定手法

Intra prediction mode decision of H.264/AVC using DCT

服部 貴光[†]
Takamitsu HATTORI

市毛 弘一[†]
Koichi ICHIGE

1 はじめに

動画符号化方式では、従来からフレーム間予測とDCT(離散コサイン変換)を用いた技術が使われており、H.264/AVC[1]ではそれらにさまざまな予測技術および符号化手法が追加された。Intra 予測もその1つで、フレーム内の画素変化に対する予測効率を高められる。ただし、通常この予測には多くの計算が必要となり、少ない演算量で高精度な予測画像を目指した研究が盛んに行われている[2]-[4]。

他方、DCTの各基底画像は、Intra 予測モードに関連があることがわかる。我々はこの点に着目し、mode0~4についてはDCT係数からモードを決める手法を既に提案した[5]。しかしながら mode5~8については未対応であり、また、モードを決められないブロックが存在するという問題があった。

本稿ではこの問題を解決して、mode5~8にも対応し、全てのブロックのモードをDCT係数から予測する、高速なIntra 予測モードの決定手法を提案する。提案手法の精度と計算速度は、SAD、および先行研究[5]との比較により評価される。

2 SADを用いた予測手法

モードを予測する最も簡単な手法として、SADを用いる手法が挙げられる[1]。SADは原画像に対する予測画像の誤差の絶対値の総和である。この手法ではSADが最小となるモードを選択する。そのためPSNR的には有利であるが、全モードへの誤差計算が必要である。本稿ではこの計算が不要となる評価方法を提案する。

3 提案手法

3.1 表記および閾値について

4×4画素ブロックのDCT係数行列 $\tilde{X} = \tilde{X}_{ij}$ ($i, j = 1, 2, 3, 4$)に対して、以下の変数を定義する[5]。

$$\alpha = |\tilde{X}_{12}| + |\tilde{X}_{13}| + |\tilde{X}_{14}| \quad (1)$$

$$\beta = |\tilde{X}_{21}| + |\tilde{X}_{31}| + |\tilde{X}_{41}| \quad (2)$$

$$S = \left(\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 |\tilde{X}_{ij}| \right) - |\tilde{X}_{11}| \quad (3)$$

これらの変数を用いて、モード決定で使用する閾値を以下のように定義する。

[†]横浜国立大学大学院 工学府/工学研究院

AC_{min} : $|\tilde{X}_{11}|$ の大きさ (mode0) .

B_0 : S と α の大小関係 (mode0, $0 \leq B_0 \leq 1$) .

B_1 : S と β の大小関係 (mode1, $0 \leq B_1 \leq 1$) .

B_2 : S と \tilde{X}_{11} の関係 (mode2, $0 \leq B_2 \leq 1$) .

B_{diag} : $|\tilde{X}_{12}|$, $|\tilde{X}_{21}|$ に関する許容度 (mode3~8) .

B_r : $|\tilde{X}_{12}|$ と $|\tilde{X}_{21}|$ の比率 (mode5~8) .

3.2 DCTの特徴量とモードの決定法

行列 \tilde{X} を参照し、モードを決定する条件について記す。

3.2.1 mode0~4の決定法

mode4までの決定条件は以下の通りである。詳細は文献[5]で確認されたい。

- mode0: $\alpha \geq B_0 S$ or $S \leq AC_{min}$
- mode1: $\beta \geq B_1 S$
- mode2: $B_2 \tilde{X}_{11} > S$
- mode3: $\tilde{X}_{12} \simeq \tilde{X}_{21}$
- mode4: $\tilde{X}_{12} \simeq -\tilde{X}_{21}$

3.2.2 mode5~8の決定法

mode5~8の予測は、mode0~4では表現できない方向を補完する。予測画像のDCT係数について \tilde{X}_{12} , \tilde{X}_{21} を比較すると、符号と大きさに一定の関係があることがわかる。

- mode5~8: $\tilde{X}_{12} \simeq (-1)^k (B_r)^\ell \tilde{X}_{21}$

ただし、 k, ℓ は以下で与えられる。また、大きさの比率 B_r は2程度の値をとる。

- mode5: $k = 1, \ell = 1$
- mode6: $k = 1, \ell = -1$
- mode7: $k = 0, \ell = 1$
- mode8: $k = 0, \ell = -1$

3.2.3 近似式の成立条件

mode3,4で \tilde{X}_{12} , $B_r \tilde{X}_{21}$ に関する近似の条件を以下に示す。ただし、許容度 B_{diag} は0.1~0.5程度の値をとる。

$$1 - B_{diag} |\tilde{X}_{12}| < |\tilde{X}_{21}| < 1 + B_{diag} |\tilde{X}_{12}|, \quad (4)$$

$$1 - B_{diag} |\tilde{X}_{21}| < |\tilde{X}_{12}| < 1 + B_{diag} |\tilde{X}_{21}|. \quad (5)$$

3.3 モードの制限

図1に、画素ブロックとその近傍ブロックの関係を示す。AとBの値が大きく異なる場合は、mode3を選ぶのは不適切であることから近傍ブロックと \tilde{X}_{11} を比較しこれを回避する。詳細は文献[5]で確認されたい。

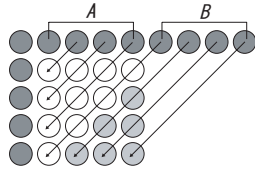


図 1 参照画素が複数ブロックにまたがる場合

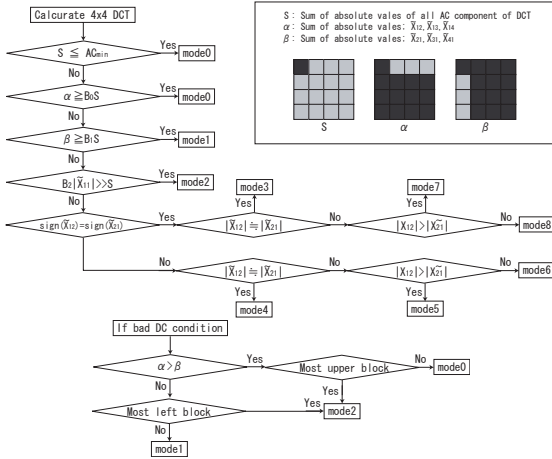


図 2 提案手法のフローチャート

3.4 提案するアルゴリズム

DCTの係数からモードを決定するアルゴリズムを以下に示す。流れの途中でモードが決定した場合は、そこでモード探索を終了する。図2にフロー図を示す。

1. $S \leq AC_{min}$ ならば, mode0 .
2. $\alpha \geq B_0 S$ ならば, mode0 .
3. $\beta \geq B_1 S$ ならば, mode1 .
4. $|\tilde{X}_{11}| B_2 > S$ ならば mode2 .
5. 近傍ブロックからモードの制限を確認
6. $\text{sign}(\tilde{X}_{12}) = \text{sign}(\tilde{X}_{21})$ ならば mode3,7,8 ,
 $\text{sign}(\tilde{X}_{12}) \neq \text{sign}(\tilde{X}_{21})$ ならば mode4,5,6 .
7. $|\tilde{X}_{12}| \simeq |\tilde{X}_{21}|$ ならば mode3,4 ,
 $|\tilde{X}_{12}| > |\tilde{X}_{21}|$ ならば mode5,7 ,
 $|\tilde{X}_{12}| < |\tilde{X}_{21}|$ ならば mode6,8 .
8. $\alpha > \beta$ ならば mode0 , $\alpha \leq \beta$ ならば mode1 .
9. 未定のブロックを mode2 とする .

4 シミュレーション

静止画像 Lena を動画画像 1 フレームとみなし, Intra モード予測を行う。SAD および提案手法を用いた場合の予測画像を図3に示す。なお, 提案手法では以下の閾値条件を用いている。

$AC_{min} = 1.0$, $B_0 = 0.30$, $B_1 = 0.40$, $B_2 = 0.05$,
 $B_{diag} = 0.10$, $D = 2.0$

また, 計算時間と PSNR を表1に示す。シミュレーションに用いたコンピュータおよびソフトウェアの仕様



図 3 予測画像

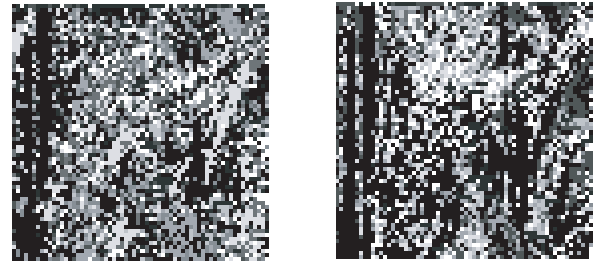


図 4 モードの分布

表 1 シミュレーション結果

	SAD 手法	文献 [5]	提案手法
PSNR	26.2[dB]	21.8[dB]	23.3[dB]
計算時間	0.672[sec]	0.340[sec]	0.141[sec]

は Pentium4 2.53GHz, Memory 512MB, MATLAB6.5 R13 である。表1より, 画質面では SAD との比較において 2.9[dB] 低下したが, 速度は約 4.7 倍となった。エッジ部分では \tilde{X}_{11} の比較で大きな誤差は発生しないが, 必要以上に候補を絞りすぎている。結果として mode0,1 となることが多く, これが画質の劣化につながっていると考えられる。

5 まとめ

本稿では, DCT の特徴量のみで Intra モード予測を行う手法を提案した。提案手法はモードを簡易的に決めるという点では十分に機能する。閾値の決め方や画質改善が今後の課題である。

参考文献

- [1] Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, ITU-T Rec. H.264 — ISO/IEC 14496-10 AVC, March 2003.
- [2] 常松他, 信学論 D-II, Vol. J88-D-II, No.9, pp.1979-1981, Sep. 2005.
- [3] C.C Cheng, T.S. Chang, Proc. ISCAS 2005, pp. 1509-1512, May 2005.
- [4] 筑波他, 情処研報, 2004-AVM-47, Dec. 2004.
- [5] 服部他, 信学技報, No. SIP/IE2006-7, Sep. 2006.