3T-1

軽量な動き予測を用いたDistributed Video Codingに関する研究*

前田　遊†　　金子　晴彦†

1　はじめに

Distributed video coding (DVC)[1] は, 圧縮時の計算量の少ない動画圧縮方式であり, 小型端末への応用に適している. しかし, DVC は圧縮時に適切な符号量を決定することが難しく, 復号器からのビットリクエストを使用して符号量を調節しているために, 復号時の計算量が多くなってしまうこと, それにより遅延が生じてしまうことなどの問題がある.

本稿では, エッジ検出を用いた DVC において, 符号器側に軽量な動き予測を導入し, 動きベクトルの大きさとフレーム間差分を用いて圧縮時に適切な符号量を推定する方法を提案する.

2　DVC の構造と問題点

DVC では, 符号化器では動き予測を行わず, 復号器側で動き補償を行い補助情報を生成し, 別途符号化器から送られてくる付加的情報 (線形符号のシンドロームなど) を用い, 動き補償における誤りを訂正する.

符号化器は, 数フレーム間隔で JPEG などによりイントラ符号化を行う. このフレームを I フレームと呼ぶ. I フレームの間にある WZ フレームは, DCT などで空間冗長性を削減し量子化した後, Slepian-Wolf(SW) 符号化器 [2] により付加的情報を生成し伝送する.

復号器では, 最初に I フレームを復号する. I フレームによる動き補償と動き推定により, WZ フレームの内挿または外挿補間を行う. その後, SW 復号器で補間誤りの訂正を行い, 画質を向上させる. 復号できなかった場合は, ビットリクエストを用いて, 符号化器により長い付加的情報を要求する. 復号された信号は逆量子化され, 逆 DCT などにより元のデータが復元される.

DVC では, 符号化器において最適な付加的情報量がわからないため, 従来の DVC の多くはビットリクエストを用いて符号量を制御している. このため復号器による処理が増大し, 遅延などの問題が生じる. 一方, ビットリクエストを用いない場合, 付加的情報が余計に必要であったり, 誤り訂正が充分に行えないという問題が生じる.

そこで本稿では, エッジ検出による補助情報を用いた DVC[3] に対し軽量な動き予測を導入し, 符号化時に取得可能なパラメータから適切な符号量を推定する方法を提案する. 本稿で提案する DVC のブロック図を 1 に示す.

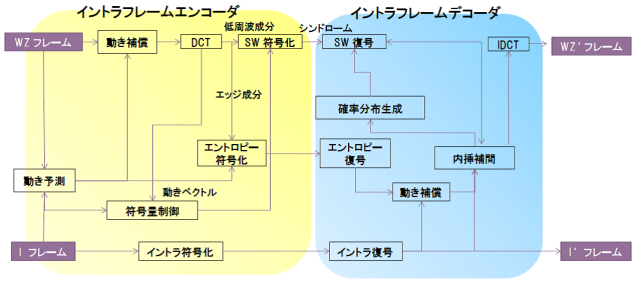

図 1: 提案する DVC の符号化器及び復号器の構成

3　軽量な動き予測と動き補償

マクロブロックのサイズを 8×8 画素とし，3×3 個のマクロブロックからなる領域をブロックグループと呼ぶ. ブロックグループにおける中央のマクロブロックと, I フレームとの間で，式 (1) に従って，1 画素精度の動き予測を行う.

$$\mathrm{MAD}_{i,j} = \frac{1}{64}\sum_{k=0}^{7}\sum_{l=0}^{7}\left|f_{WZ}(k,l) - f_{I_{i,j}}(k,l)\right| \qquad (1)$$

ただし，$f_{WZ}(k,l)$ は対象マクロブロックの画素値を示し，$f_{I_{i,j}}(k,l)$ は参照 I フレームにおける同一位置から縦方向に i 画素，横方向に j 画素ずらした位置の 8×8 ブロックの画素値を示す. また，$-8 \le i,j \le 8$ とする. 一つのブロックグループに対する動きベクトルの探索範囲を図 2 に示す. ここで計算した $\mathrm{MAD}_{i,j}$ が最小となる (i,j) を動きベクトルとする. 同じグループに所属するブロックは同じベクトルに従うとし，これを用いて I フレームと WZ フレームの差分をとり，符号化を行う. MPEG 等の動き予測では，全マクロブロックに対して動き予測を行っていることに対し，本手法では特定のマクロブロックに対して動き予測を行っているため，少ない計算量でフレーム間の大まかな動きを得られる.

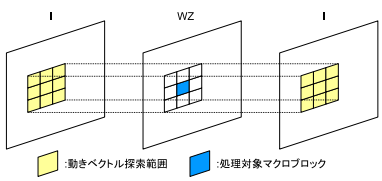

図 2: 動きベクトル探索範囲

* Distributed video coding using low complexity motion estimation

† Yu Maeda, Haruhiko Kaneko, Dept. of Computer Science, Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology.

4　符号量制御のためのパラメータ

SW 符号化における適切な符号量を圧縮時に決定するために, 符号化時に取得可能なパラメータを用いて符号量を推定する必要がある．本稿では, そのパラメータとして，動き補償におけるフレーム間の絶対値誤差と動きベクトルの大きさの平均を使用する．

4.1　動き補償におけるのフレーム間の絶対値誤差

動き補償における，I フレームと WZ フレームの絶対値誤差が大きければ動き予測がうまく行えていないといえる．そのため，誤差が大きければ必要な符号量は多くなる．そこで, フレーム WZ を符号化対象フレーム, フレーム MV を両端の I フレームから動きベクトルを用いて生成したものとし, $f_{WZ}(i,j), f_{MV}(i,j)(0 \leq i \leq h-1, 0 \leq j \leq w-1)$ をそれぞれ、フレーム WZ 及び MV の画素値として, 式 (2) で与えられるフレーム間の絶対値誤差を符号量推定に使用する．

$$s = \frac{1}{hw} \sum_{i=0}^{h-1} \sum_{j=0}^{w-1} |f_{WZ}(i,j) - f_{MV}(i,j)| \qquad (2)$$

4.2　動きベクトルの大きさの平均

軽量な動き予測によって求めた動きベクトルの大きさの平均が大きいほど，符号化対象フレームの動きが激しいと判断されるため，必要な符号量は多くなる．したがって式 (3) によって表される動きベクトルの大きさの平均値を計算し符号量制御に使用する．

$$\mathrm{ave} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{N} |MV_k| \qquad (3)$$

ここで，N は動き予測によって求められる一つの WZ フレームの動きベクトルの総数とし，$|MV_k|$ は k 番目の動きベクトルのノルムとする．

これから $\alpha = s + \mathrm{ave}$ とおいて，式 (4) によって符号量 M を決定する．

$$M = \beta \ln(\alpha) - \gamma \qquad (4)$$

ただし，β と γ は符号化する DCT 成分によって異なる値をとる．

5　評価

提案した手法の有効性を検証するために，提案手法の PSNR を測定し，H.264/AVC，motionJPEG，エッジ検出を用いた DVC，及び最適な符号量で提案手法を用いた場合と比較した．画像シーケンス foreman と hall monitor に対する評価をそれぞれ図 3 と図 4 に示す．ただし，各 DCT 成分 $(0,0), (0,1), (0,2), (1,0), (1,1), (2,0)$ に対してそれぞれ $(\beta, \gamma) = (247.21, 90), (253.92, 127), (200.74, 59), (225.65, 79), (225.23, 109), (198.88, 84)$ とする．

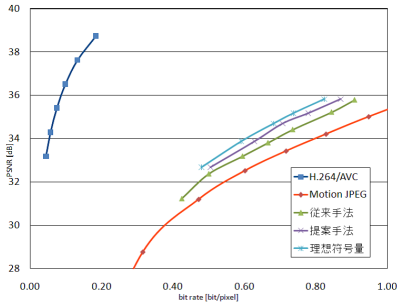

図 3: foreman の評価結果

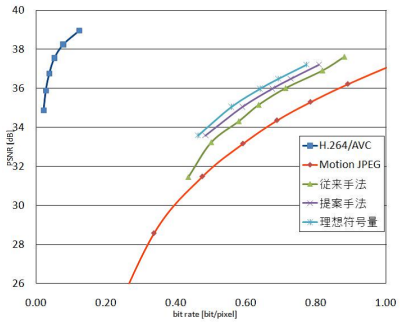

図 4: hall monitor の評価結果

この結果から提案手法は H.264/AVC よりは低い PSNR を示すが，motionJPEG や従来手法より高い性能を示した．また，最適な符号量より性能が低下するが，差は平均 0.2dB ほどであり，式 (4) による符号量の調整が適切に行えているといえる．

6　おわりに

本稿では，DVC において符号化時のビットリクエストにより生じる遅延や復号器の負荷といった問題点を解決するために，符号化時に軽量な動き予測を導入し，符号化時に得られるパラメータから符号量を制御するための式を導出した．また，本手法の正当性を検討するため他の動画像圧縮方式や最適な符号量を用いた圧縮との性能の比較を行い，その結果，適切に符号量が制御できていることを示した．

今後の課題としては，符号化時の計算量の評価や，I フレームと WZ フレームの量子化幅を変化した場合の符号量を推定する式の検討などがあげられる．

参考文献

[1] B. Girod, A.M. Aaron, S. Rane, and D. Rebollo-Monedero, “Distributed video coding,” Proceeding of the IEEE, Vol.93, No. 1, pp. 71-83, 2005.

[2] D. Slepian and J. K. Wolf, “Noiseless Coding of Correlated Information Sources,” IEEE Trans. Information Theory, Vol. IT-19, no. 4, July. 1973

[3] 斎藤司, “エッジ検出による補助情報を用いた Distributed Video Coding に関する研究,” 東京工業大学修士論文, 2010.