

J_066

ゼロ値予測による両方向動き検出の最適化

Optimization of bidirectional motion estimation by zero-value prediction

右田 泰司†
Taiji Migitaモシニャガ ワシリ一†
Vasily Moshnyaga

1. まえがき

テレビ電話やデジタル放送など、画像によるコミュニケーションが求められており、動画像を高圧縮する技術が必要となっている。そこで我々はDVD、携帯電話、ビデオカメラなどで用いられている動画像圧縮技術MPEGに着目している。MPEGでは動き補償が使われており、その双方向動きベクトル検出のために、他の処理に比べて 10^3 倍以上の演算量を必要とし、MPEG符号化器で消費される消費エネルギー全体の50%以上を費やす。そこで我々は、低消費電力化を目的に「双方向動きベクトル検出用ゼロ値予測手法」を提案している。本稿ではこの手法の修正案およびシミュレーションによる実験結果を述べる。

2. 従来手法

MPEGはI(Intra)ピクチャ、P(Predictive)ピクチャ、B(Bi-directionally predictive)ピクチャの3種類の画像から構成される。Iピクチャは他のピクチャを全く参照せず、1つの画像データのみから符号化される。Pピクチャは過去のIピクチャまたはPピクチャからの動き補償予測により符号化される。Bピクチャは過去と未来の画像(IとPのみ)の両方から動き補償により符号化される(双方向予測)。Bピクチャで復号された画像は、他の動き補償に用いられることはない。各ピクチャの並びと依存関係は図1のようになる。MPEG符号化の際、カメラから取り込まれる画像の順に、図1(a)に示すようにピクチャタイプを振り分けていく。だがBピクチャでは未来の画像も予測に使用する。したがってBピクチャを生成するためには、Pピクチャを先に符号化しておかなくてはならない為、入力画像の順番を図1(b)のように入れ替えた後、符号化処理を行うことになる。

動き補償予測はブロックマッチング法により行われる。ブロックマッチング法では、1つのピクチャを 16×16 のブロックに分割し、このブロックと動き検出範囲の中から参照ブロックと最も差分の小さいブロックを検出する。そして、その検出結果により動きベクトルを決定する。この方式で用いられる動き検出範囲とは、Pピクチャでは過去の画像、Bピクチャでは過去と未来の両画像である。Bピクチャの場合、時間的に近いIまたはPピクチャを検出範囲枠内として参照するのに対し、Pピクチャは時間的に離れたIピクチャまたはPピクチャを検出範囲枠内として参照する。そのため、動き補償予測で行われる演算量はBピクチャよりもPピクチャのほうが大きくなる。

これまで、上記の演算量を減少するために様々な適用型双方向動きベクトルの検出手法が提案されている[1-6]。しかしながら、これらの手法はいずれもBピクチャ

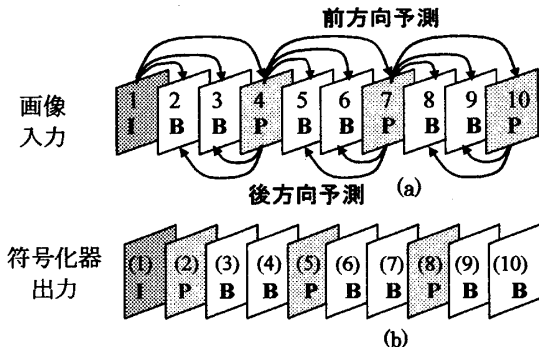


図1: MPEG符号化器の画像入力順(a), 出力順(b)

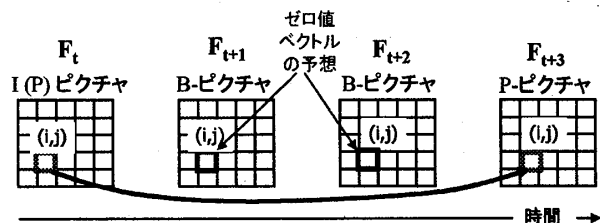


図2: 提案手法の特徴

において少なくとも1本のベクトルを演算する必要がある。さらに、背景のように静止している画像内容の場合、ノイズによる動きベクトルが多く検出されてしまい、無駄な演算を費やしてしまうという欠点を有している。そこで本論文では、この無駄な演算を削減することを目的に、新たな手法を提案する。

3. 提案手法

提案する手法は、以下の観測に基づいている。図1に示したように、実際画像の入力順と圧縮された画像の出力順は異なり、入力されるBピクチャ(例えばB2とB3)の処理は、未来のPピクチャ(P4)処理の後となる。したがって以前のIあるいはP参照ピクチャに対して、その未来P参照ピクチャのブロックが静止している場合、Bピクチャの同位置ブロックも静止であると判断する。もっとも実際は静止ブロックではなく動きがある可能性がある。しかしMPEGにおいては、動画像は30フレーム/秒程度であり画像相関関係が大きいため、Iピクチャ-Pピクチャ、Pピクチャ-Pピクチャの間では大きな動きはないものとする。特に人間の視覚では、この一瞬の変化があまり感じられない。

本手法の特徴は、Iピクチャ-Pピクチャ、Pピクチャ-Pピクチャ間で前方向予測を行う際、動きのないブロックはその間のBピクチャと同じ位置にあるブロックも

†福岡大学 工学部 電子情報工学科

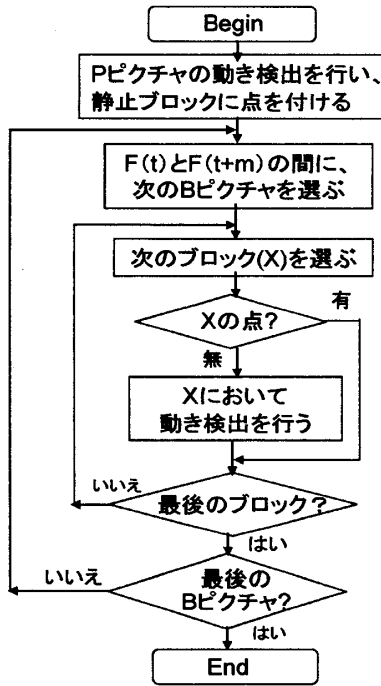


図3：提案手法のフローチャート

動きがないものとし、その位置のブロックについては動きベクトル検出処理を実行しないという点である。例えば図2のように、Iピクチャ(F_t)によるPピクチャ(F_{t+3})の参照ブロック(i, j)の動きベクトルMVが0になり、つまり動きのない場合、その間にあるBピクチャ(F_{t+1}, F_{t+2})のマクロブロック(i, j)も動きがないと予測し、その動きベクトルMVも0とする。この手法により、Bピクチャにおいて演算量の大幅な削減が可能となる。その他のブロックに関しては既存の動きベクトル検出処理を行う。

図3に本提案手法のフローチャートを示す。本手法は、Pピクチャの動き補償処理のとき、各「静止ブロック」にマーキング点を付ける。そしてBピクチャの動き検出処理のときには、そのマーキング点の有無で画像ブロックを分類し、点が無いブロックにのみ動き検出処理を行うというものである。

3. 実験結果

MPEG2の圧縮プログラム[7]に対して本提案手法を適用し、4つの動画像(いずれもMP@LL、モノクロ)で実験を行い、演算量とピクチャ・エラー率を計測し概算した。

図4は従来手法と比較して本提案手法での演算量削減率を、図5はSalesman動画像に適用した場合の画質評価(PSNR)をそれぞれ1フレーム当たりで表したものである。

表1：実験結果

動画像	画像サイズ	フレーム数	最大演算削減率(%)	エラー率(%)
Salesman	258x288	300	43	0.83
Miss-A	352x288	150	49	0.56
Carphone	176x144	382	45	0.47
Foreman	176x144	382	46	0.38

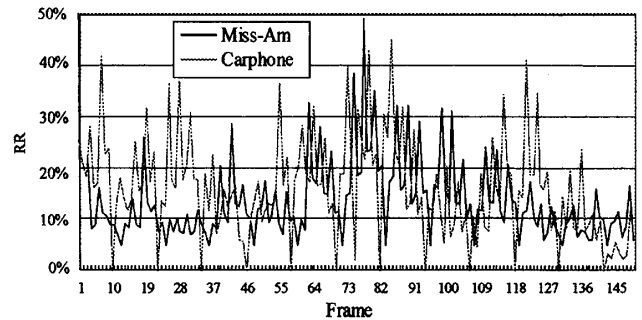
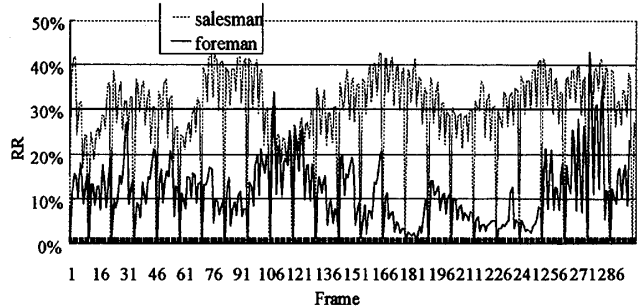


図4：演算削減率

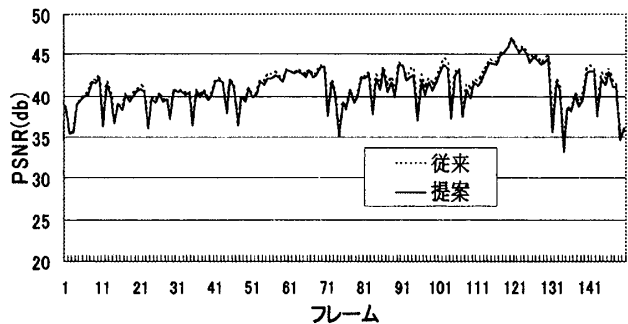


図5：PSNR

実験により、本提案手法の効果は画像とフレームへの依存性を有することがわかった。動画像それぞれでの本提案手法の最大演算削減率とピクチャ・エラー率を表4に示す。実験結果より、本提案手法は高画質を維持しつつも演算量を最大49%減少させることがわかった。

参考文献

- [1] S.W. Wu and A.Gersho, "Joint estimation of forward/backward motion vectors for MPEG interpolative prediction", *IEEE Trans.Image Proc.*, Vol.3, pp.684-687, Sept. 1994.
- [2] M.-K.Kim, and J.-K. "Efficient motion estimation algorithm for bidirectional prediction scheme", *Electronic Letters*, Vol.30, No.8, pp.632-633, April 1994.
- [3] J. Yeh, M. Vetterli, M. Khansari, "Motion compensation of motion vectors", *Proc. IEEE ICIP*, Vol.1, pp.574-578, 1995.
- [4] S.Katra, M.-N. Chong, "Bidirectional motion estimation via vector propagation", *IEEE Trans. on CAS for Video Techn.*, Vol.8, No.8, pp.976-987, Dec.1998.
- [5] A.M.Tourapis, E.Wu, S.Li, "Direct mode coding for bipredictive pictures in the JVT standard", *IEEEISCAS*, Vol.2, pp.700-703, 2003.
- [6] X.Li, Y.Lu, D.Zhao, W.Gao, S.Ma, "Enhanced direct coding for bipredictive pictures", *Proc. IEEE ISCAS*, Vol.3, pp.785-788, 2004.
- [7] MPEG2 video codec (mpeg2v12.zip) (available from: <http://www.mpeg.org>)