

単一参照フレームによるフレーム間予測符号化の一検討

藤村 誠† 今村 弘樹† 黒田 英夫††

フレーム間予測符号化では、時間的に隣接するフレーム間での予測処理が一般的である。しかし、この方法では予測したフレーム間の依存度が高く、あるフレームが回線エラーなどの影響を受ければ、その影響は関連している以降のフレームにも波及する。このため、有効なエラー対策および復号画像の回復処理が必要となる。一方、モーション JPEG のようなフレーム内符号化による動画像符号化では、あるフレーム伝送時に回線エラーが生じて、それ以降のフレームに影響は出ない。しかし、符号化効率はフレーム間予測に比べて低いという問題がある。

そこで、フレーム間の独立性をある程度持ちながら、フレーム間予測の符号化効率も併せ持つ単一参照フレームによるフレーム間予測方式を提案する。動き補償も加えたフレーム間予測の場合、フレーム間の距離が小さければ、単一の参照フレームで十分な符号化効率が得られ、各フレームは参照フレームのみの影響ですむことになる。

評価実験では、モーション JPEG への適用を想定し、予測誤差信号を JPEG 圧縮した場合の情報量圧縮と画像品質について測定し、予測効率については良好な結果を得たが、画像品質については改善の余地があることが分かった。

A Study on Interframe Coding Scheme by Single Reference Frame

MAKOTO FUJIMURA,[†] HIROKI IMAMURA[†] and HIDEO KURODA^{††}

In case of interframe prediction coding, prediction process is done between a frame and next frame. This process make dependance between frames. If a frame signal are degraded by some errors, another frames which are depended each other are degraded. Then some error recovery processes are needed. On the other hand, intraframe based coding such like Motion JPEG needs simple error recovery process. But intraframe based coding cannot have high compression ratio comparison with interframe based coding. Therefore we proposed interframe coding scheme by single reference frame. This method has both high coding efficiency and dependancy of inter-frame. Evaluation experiments show some goot results.

1. はじめに

現在、動画像符号化は MPEG および H-26x に代表されるフレーム間予測をベースとしたハイブリッド符号化方式が主流である。一般にフレーム間予測符号化は、時間的に隣接したフレーム間で差分がとられ高い符号化効率を実現するが、フレーム同士の依存度は高いものとなる。このため、符号化情報を伝送中に、あるフレームで回線エラーなどが生じた場合、それ以降の依存度の高いフレームにも劣化が生じる恐れがある。この対策として、さまざまなエラー処理やエラーコンシールメント処理が行われている。

一方、モーション JPEG のようなフレーム内符号化をベースとするものは、符号化情報の伝送中にエラーが生じて、それ以降のフレームに影響は出ない。このため、初期のインターネット上のフリーの動画像伝送システムなどは、フレーム内符号化が行われていた。しかし、フレーム内符号化をベースとするため、動画像符号化として見た場合、符号化効率の面からは問題があった。

このような問題を解決するため、単一参照フレームによるフレーム間予測方式を検討する。動き補償と併せて考えれば、フレーム間予測は近いフレームであれば隣接しなくとも十分な予測効率が得られるものと考えられる。また、モーション JPEG に適用した場合、その特長を損なうことなく、情報量圧縮率を向上が期待できる。すなわち、単一参照フレームを行うことでフレーム内符号化のようなフレーム間の独立性を保ち、かつフレーム間予測による符号化効率を実現できる。

† 長崎大学工学部
Faculty of Engineering, Nagasaki University
†† 長崎大学大学院
Graduate School of Science and Technology, Nagasaki University

以下、2. では、同一参照フレームによるフレーム間予測方式を説明する。3. で評価実験を行い、提案した方式を検証する。4. はまとめである。

2. 同一参照フレームによるフレーム間予測方式

2.1 基本方式

同一フレームでのフレーム間予測を行う場合には、予測を行うフレーム数、および差分信号のレンジの変換が必要となる。このため、基本的な構成には、フレームメモリ、フレーム間差分レンジの変換および逆変換の機能、フレーム間予測のためのフレーム数を制御する機能が必要となる。

図1に提案するフレーム間予測方式の構成図を示す。SW1およびSW2は、フレームをそのままJPEG符号化する場合とフレーム間予測誤差をJPEG符号化する場合とで切替える。フレームメモリには数フレームごとに1フレーム分の信号が記憶される。フレーム間予測誤差を得る場合には、フレームメモリに記憶された信号と入力信号とでフレーム間差分をとる。

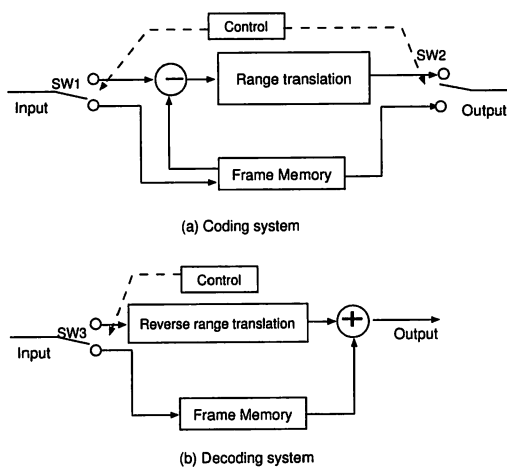


図1 構成図

Fig. 1 Diagram of prediction by one reference frame

符号器側の処理の流れは次のようになる。

- (1) 参照フレームを設定する
- (2) 次フレーム以降、フレーム間予測を行う
- (3) 予測誤差信号のレンジを変換する
- (4) 予測誤差信号をJPEG圧縮する
- (5) 圧縮した符号銃砲を伝送する

一方、復号器側の処理の流れは次のようになる。

- (1) 圧縮した符号銃砲を受け取る
- (2) 予測誤差信号をJPEG展開する
- (3) 予測誤差信号のレンジを変換し、もとの予測誤差信号に戻す
- (4) 予測誤差信号に参照フレームを加算する

2.2 動き補償

動き補償はフレーム間予測符号化の効率を向上させる。特に、一枚の参照フレームによるフレーム間予測を行う場合、参照フレームから離れたフレームであるほど、動き補償予測の効果が重要になるものと考えられる。

動きベクトル探索は、あらかじめ決められた探索範囲内について行うため、提案手法のようにフレーム間の距離がある場合には探索範囲を越える恐れがある。このため、前フレームまでの動きベクトルの累積合計を、探索開始点とする動き補償を導入する。この方法では、パンのような画像中のオブジェクトが全体的に並行移動するような信号に対して大きな効果があるものと考えられる。

3. 評価実験

3.1 実験目的および条件

単一参照フレームによるフレーム間予測の評価のため、モーションJPEGを想定した実験を行った。

1フレーム目を参照画像として、以降の2-10フレーム目を提案したフレーム間予測方式と動き補償によって符号化を行った。動き補償予測は、16×16画素のマクロブロック単位で行う。一マクロブロックあたり探索範囲は、15×15画素になる。動きベクトル探索として、従来の総探索(MC type1)によるもの、および前フレームまでの動きベクトルの累積合計を探索始点とした総探索(MC type2)を用いた。予測誤差フレームに対しては、信号レンジの変換を行った後、JPEG圧縮および展開を行い、1フレーム目の信号に加算して復号化した。また、比較のため、テスト画像10フレーム分をテスト画像をJPEG圧縮した場合の情報量と画像品質を測定した。テスト画像は、動きの少ないAkiyo、動きの多いFoot、パンしているFlow gardenの輝度信号を使用した。

3.2 予測誤差信号レンジの変換

JPEGは一般の画像信号を対象としているため、そのレンジは0~255となる。一方、フレーム間差分の

レンジは $-255 \sim 255$ となるため、量子化によって信号レンジを $0 \sim 255$ に変換する必要がある。今回は、下式のように単純に差分信号に 255 を加えて、 2 で割ることとした。復号処理の際には、差分信号に対して 2 を掛けてから 255 を引いてレンジを元に戻す。

$$diff' = (diff + 255)/2$$

3.3 情報発生量

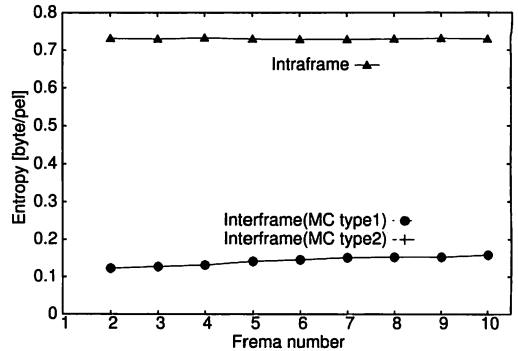
情報発生量を画像品質の測定を行った。また、比較のため各フレームの原画像を JPEG で符号化した。情報発生量として圧縮したファイル容量を画素数で割ったものを用いた。

図 2 に提案したフレーム間予測による情報発生量を示す。MC type1, MC type2 は、それぞれ従来の動きベクトル探索、累計動きベクトルを探索始点とする探索を表している。また、比較のためフレーム単位で圧縮、展開したフレーム内復号信号の PSNR も示している。図より、3つのテスト画像において提案したフレーム間予測の情報発生量が、フレーム内への JPEG 圧縮より有効であることが分かる。また、累計した動きベクトルを探索開始位置とする動きベクトル探索が、有効であることが分かる。特に、参照フレームである第 1 フレームから離れたフレームの情報発生量を抑えていることが分かる。

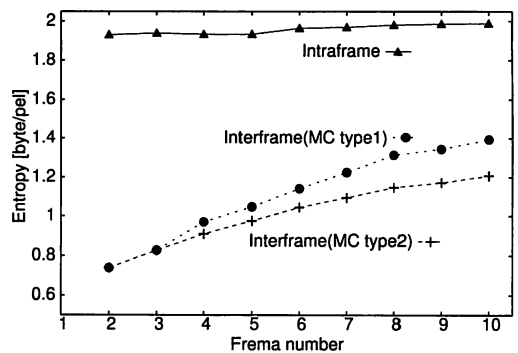
3.4 画像品質

図 3 に、提案した方式におけるフレーム間予測による復号信号の PSNR を示す。MC type1, MC type2 は、それぞれ従来の動きベクトル探索、累計動きベクトルを探索始点とする探索を表している。また、比較のためフレーム単位で圧縮、展開したフレーム内復号信号の PSNR も示している。3つのテスト画像信号で、フレーム内復号信号の PSNR が高く、フレーム間予測による復号信号は低くなっている。これは、予測誤差信号のレンジを半分にするために、一種の量子化を行っているためであり、この量子化処理による誤差が加えられているためと考えられている。

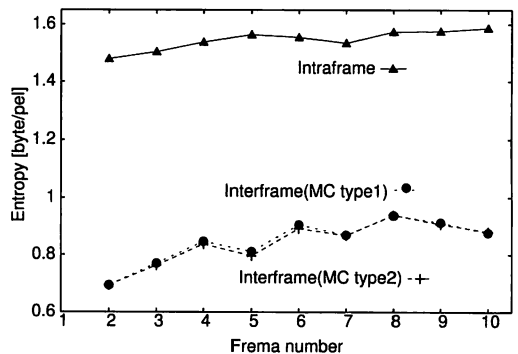
また、フレーム間予測符号化において 2 種類の動きベクトル探索方法によって、PSNR が差が出ている。累計動きベクトルを探索始点とする動きベクトル探索法が、パンのある Flow garden や、動きの激しい Football に効果があることが分かる。一方、動きが小さい Akiyo については、両動きベクトル探索法による差異はほとんど生じていないが、フレーム内信号への圧縮、展開より PSNR が高くなっている。これは、



(a) Akiyo



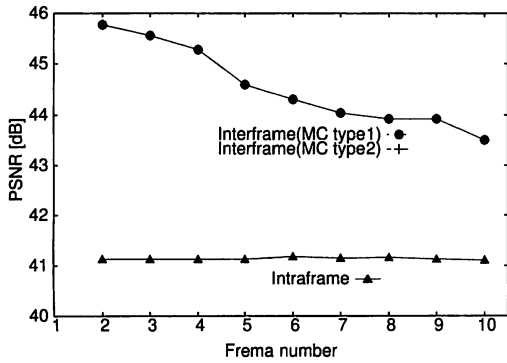
(a) Flow garden



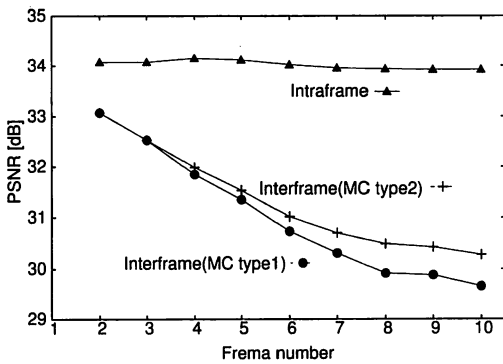
(a) Football

図 2 情報発生量
Fig.2 Entropy

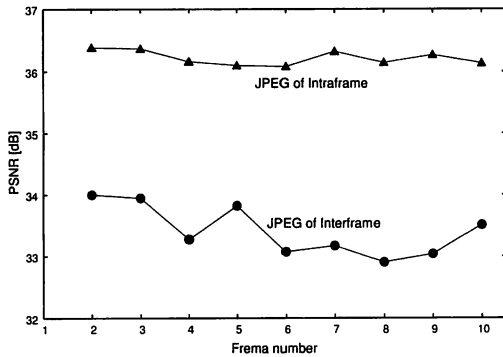
動きが小さいため、フレーム間予測の効果が大きいのではないかと考えられる。



(a) Akiyo



(a) Flow garden



(a) Football

図3 画像品質
Fig.3 PSNR

今後の課題としては、モーション JPEG への適応について、予測誤差信号のレンジ変換の効率向上の検討などがある。また、H.264 のようなフレーム間予測ベースの符号化方式への適用も検討する予定である。

参考文献

- 1) 大久保栄, 角野真也, 菊池義浩, 鈴木輝彦: H.264/AVC 教科書, インプレス (2004).
- 2) 福原隆浩, 板倉英三郎: JPEG2000 詳細解説, CQ 出版 (2004).

4. まとめ

同一参照フレームを用いたフレーム間予測符号化方式を提案した。モーション JPEG への導入を想定した評価実験では、符号化効率の向上は期待できるが、画像品質においては検討の余地があることが分かった。