

第二部

MPEG デコーディングシステム用のメモリ縮小法 A Memory Reduction Approach for MPEG Decoding System

加賀谷由佳子

Yukako KAGAYA

あらまし 論文解説として, [2][3] を参考にして, 次を解説する.

Hideo OHIRA, Fumitoshi KARUBE, A Memory Reduction Approach for MPEG Decoding System, IEICE TRANS, FUNDAMENTALS, VOL.E82-A, NO.8 (1999), 1588-1591

ここでは, メモリ容量を縮小するための MPEG デコーディングシステムを述べる. この方法はマクロブロックを再構築するために, フレームメモリを蓄えさせる前に単純な 1 次元の DPCM (画像を差分で表現する方法) のテクニックを採用するものである. 実験結果は, ほぼ $1/2$ のメモリサイズを使用することが一般的なデコーダのそれにより要求された時に画像の品質は主観的に受け入れられることを示した. この圧縮方法により紹介される信号対雑音比中の悪化は 4 Mbps の MPEG MP @ ML の一般的なテストシーケンスに対し, 0.1dB ~ 0.7dB に並んだ. この技術は費用効果の高い MPEG デコーダ実現するために実行されうるものである.

キーワード フレームメモリ圧縮, MPEG ビデオデコーダ, DPCM (Differential Pulse Code Modulation) 差分パルス符号変調, SNR (Signal to Noise Ratio) 信号対雑音比, MP @ ML, MP @ HL

1 はじめに

新しいコーディングアルゴリズムや半導体装置, ネットワーク, そしてコンピュータの端末装置は急速な進化を遂げ, 消費者にデジタルマルチメディアサービスとして浸透している. 特に MPEG は将来のマルチメディアサービスとして, 21 世紀に向けて爆発的成長の可能性を持っている. デジタルマルチメディアサービスは消費社会に広く受け入れられ, それらのシステムは発展しつつけている. しかしながら, 洗練された圧縮技術を用いる MPEG は, 多大な量の記憶容量を必要としている. 例えば, MPEG MP @ ML は 16Mbits を必要とし

ていて, MPEG MP @ HL は 96Mbits を必要としている. それだけでなく, 効果的な圧縮と要求される記憶容量メモリ間の関係はシステム全体のコストの重要な部分を構成するメモリに帰着する. その結果, 我々の試みはメモリ容量に焦点をおき, また MPEG2 のデコーディングシステムのメモリ縮小方法にもいたる.

この論文では, 我々は非線形 1 次元の DPCM という単純なテクニックを基とした MPEG デコーディングシステムのメモリ縮小を実現する方法を導入する. 第 2 章では圧縮に対するメモリ要求, 第 3 章と第 4 章ではデコーディングアルゴリズムと実行結果の評価をそれぞれ

記述する。

2 圧縮に対するメモリ要求

まず初めに、図 1 について考える。図 1 は MPEG 圧縮アルゴリズムによって使われる予測方法を説明したものである。

この図 1 において、I ピクチャはフレーム内符号化を行ないフレーム間予測処理のためのベースとなるものを示しており、P ピクチャは順方向予測で生成されるものを示し、B ピクチャは双方向予測で生成される I ピクチャと P ピクチャの間あるいは P ピクチャ間に挿入されるものを示している。B ピクチャは予測される次のフレームには利用されないため、2つの予測フレームと 1つのディスプレイフレームは MPEG デコーダが符号化された画像の連続を復元するために蓄えられる。そのため、MP @ ML や MP @ HL の場合は、それぞれの符号化システムを作るため、16Mbits、96Mbits を必要とする。

その結果、費用効果の高い MPEG デコーダを作るための明確な方法は、必要なフレームメモリを減らすことである。フレームメモリ縮小に関する主な問題はフレーム圧縮によって起きるデコーダの復元フレームのエラーだ。普通はエンコーダとデコーダにおいて復元されたフレームは同一である。しかしながら、この場合、私たちはただデコーダの中に蓄える前に、メモリの中にフレームを圧縮する。この手順は、デコーダとエンコーダの間にある復元されたフレームに少しのミスマッチを結果として生じる。このミスマッチエラーは連続的な復元されたフレームを通して伝わる。しかし、MPEG の基準は、1つの I ピクチャまでの GOP (Group Of Pictures) ごとにおけるビデオの連続を新たにすることによって、エラーの蓄積を除去するために、GOP を明確にすることだ。この特質で、フレームメモリ縮小させることができる。

メモリ縮小の条件を要約すると次のこととなる。

(1) そのメモリ縮小方法は主観的に致命的な悪化がなくてはならない

復元された I、P ピクチャの悪化は、連続的な復元フ

レームを通して伝わる。それゆえに、この悪化が目には見えないということを念頭において、方法を選択すべきだ。

(2) この処理は 1つのブロック、またはマクロブロック (MB) で実行されるべきである

MPEG 処理において、ブロック単位・MB 単位で行われることから、 16×16 、または 8×8 ブロックを基本とした処理はこの単位で完結することが必須である。

(3) 複雑さの低い圧縮処理

単純な処理は望ましい。またハードウェアの実行も簡単にすることが望ましい。

(4) 解凍処理はランダムなデータのアクセスを許さなければいけない

フレームメモリの中に保存してあるデータのクイックアクセスはデコードの復元されたフレームに必要である。

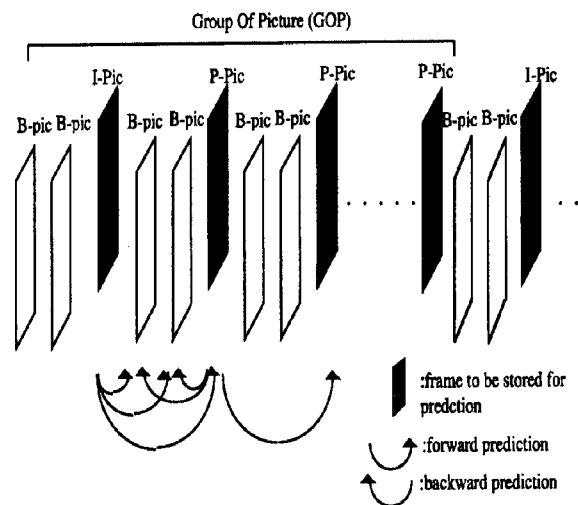


図 1 MPEG アルゴリズムの予測方法

3 処理

我々の方法は保存されているフレームを圧縮することによって、フレームメモリを縮小することができる。(表 1) 第 2 章では、メモリ縮小のための必要条件を考えた。また、我々は複雑さの低い 1 D-DPCM を圧縮

処理と解凍処理の両方で用いる．また， 8×8 ブロックの各々の列に DPCM を実行する．これはより速いアクセスとデータの解凍を許している．

我々が提案する MPEG デコーディングシステムを図 2 に示す．この方法は，フレームメモリの中に蓄えられた MB データより前に復元された MBs を再圧縮する．そのデータは予測フレームとディスプレイフレームにアクセスされたときに解凍される．

その圧縮は次の条件からなる．

- 1 次元予測で 8×8 ブロックのそれぞれの列に DPCM をする
- 4 bits で非線形
- 一定の圧縮率 (8×8 pel ブロックに 56 %)

図 3 は 8×8 ブロック内の 1D-DPCM を表している． $X_{0,i}$ は量子化されていない (8bits) ．他のピクセルは図 1 によると 8bits から 4bits まで量子化される．DPCM を使うことの不便な点は，ただ 1 つのデータサンプルをアクセスするために， 8×8 ブロックの全体の列にいたるまで，解凍しなければいけないかもしれないことである．これは，求められているデータもまた，解凍しなければいけないことを意味する．求められているデータをアクセスする比率は最悪な場合 50 % だ．しかしながら，われわれの方法ではメモリ以上の約 56 % の比率を得られる．したがって，DPCM の最悪な場合でさえも，一般的な MPEG デコーダの最悪な場合よりも約 25 % 少ないメモリアクセスですむ．

compression method	remark
Lossless compression	—not fixed compression —hardware increase
orthogonal transform	—complicated method (hardware increase) —difficult to access data randomly
DPCM	—fixed compression —simple method

表 1 可能な圧縮方法

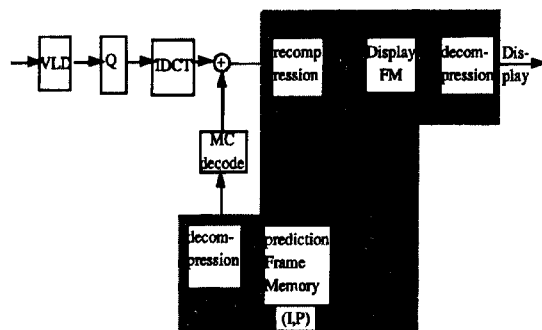


図 2 MPEG デコーディングシステムのメモリ縮小

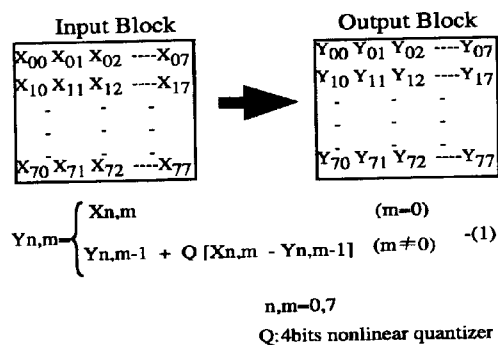


図 3 1D-DPCM を用いた圧縮

4 性能評価

4.1 実験の条件

実験は 2 つの MP @ ML テストの連続において行なわれる．(Flowergarden および MobileCalendar) その実験されたビットレートは 4 Mbps で，そしてその GOP 構造は $N=15$, $M=3$ である．より高い条件のために，我々は 3 つの異なる筋書きのもとで圧縮を行なった．

(1) 予測されるフレーム圧縮 (I, P ピクチャ圧縮)

I および P ピクチャは圧縮されたが，B ピクチャは圧縮されなかった．圧縮によってもたらされたデコーダの復元フレームにおけるエラーは，次のフレームを通して伝わり，また GOP の終わりを通して伝わった．合計フレームメモリの容量は 30 % まで減少した．

(2) ディスプレイフレーム圧縮 (B ピクチャ圧縮)

その復元フレームのエラーは次のフレームを通して伝わらなかったが、圧縮比は 15 % までのみ減少した。

(3) 予測とディスプレイ圧縮を結合させる (I, P, B ピクチャ圧縮)

圧縮してから起こった復元フレームエラーは、その GOP の終わりまで連続するフレームを通して伝わった。その必要とされる合計フレームメモリは、3 つの実験の中で最も大きい圧縮率 45 % まで減少した。

4.2 実験結果

我々は、自分達のアルゴリズムを、その SNR を一般的な MPEG デコーディングシステムのそれと比較することによって、主観的、量的に評価した。図 4, 5, 6 は 1 つの GOP の持続のためのそれぞれの SNR を比較している。予測フレーム、ディスプレイフレームの結合圧縮の場合も図 4, 5, 6 の中にそれぞれ示されている。また、フレームエラーがその次のフレームに対して伝わらないために、*FlowerGarden* と *MobileCalendar* 連続どちらにとっても、ディスプレイフレーム圧縮の場合は最もよく主観的な結果を表している。しかし、予測フレームとディスプレイフレームのどちらの場合においても、その SNR の悪化は、0.1 ~ 0.7dB の範囲にしか及んでいないし、SNR の悪化は主観的に評価される時に視覚的に受け入れられる。結合予測とディスプレイフレーム圧縮を使った我々のアルゴリズムによって符号化されたそのフレームは、一般的 MPEG デコーダによって符号化されたフレームと一致し、それらを図 7 に示す。これらの実験結果は一般的な MPEG デコーダのメモリの約 1/2 を使う MPEG デコーディングシステムは、画質において大きな損失なしで達成されるということを証明している。

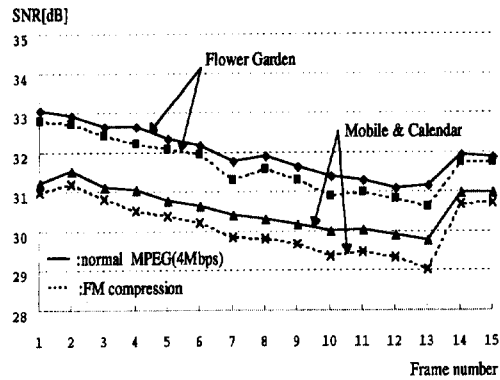


図 4 実験結果 (I, P ピクチャ圧縮)

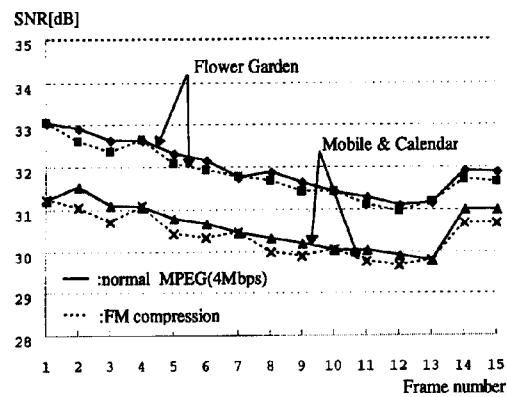


図 5 実験結果 (B ピクチャ圧縮)

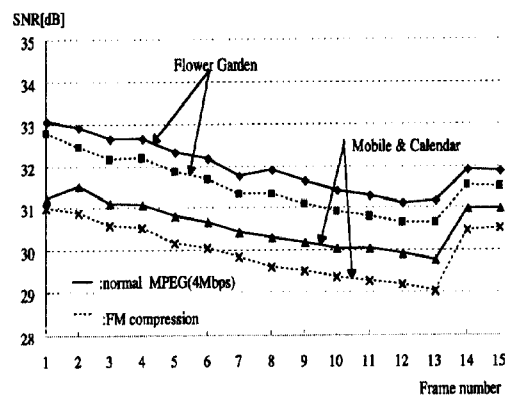


図 6 実験結果 (I, P, B ピクチャ圧縮)

5 まとめ

縮小されたメモリを使った MPEG デコーディングシステムを述べた． 1つの 8×8 ブロックの各々の列に 1 D-DPCM をして，フレームメモリを約 $1/2$ に圧縮しても，画質において実用上問題ない動画像シーケンスが得られた． この技術は，費用効果の高い MPEG デコーダを作るために役立つだろう．

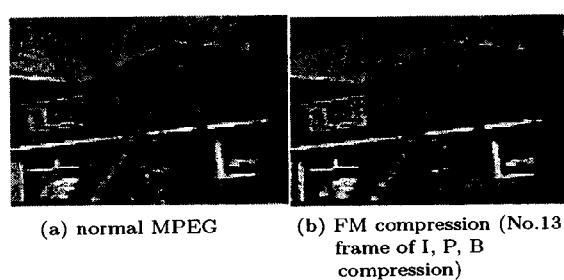


図 7 画像比較

参考文献

- [1] Hideo OHIRA, Fumitoshi KARUBE, A Memory Reduction Approach for MPEG Decoding System, IEICE TRANS ,FUNDAMENTALS ,VOL.E82-A, NO.8 (1999) ,1588-1591
- [2] 笠野英松, 最新技術解説 入門 MPEG — 4, 技術評論社, 2000, 東京都, 215
- [3] 浅野研一・村上篤道, MPEG-2 のハードウェア動向, 電子情報通信学会, Vol.80, No.10 (1997), 1027-1030