

MPEG-4 FGS レイヤにおける 符号化マクロブロック選択に関する考察

中嶋 淳一

上倉 一人

八島 由幸

日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所
〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 1-1
Tel: 046-859-3475, Fax: 046-855-1735
E-mail: nakajima.junichi@lab.ntt.co.jp

あらまし MPEG-4 FGS プロファイルにおけるエンハンスメントレイヤの符号化に関して、マクロブロックの優先度を設定し、ビットプレーンのシフト量を決定するアルゴリズムを提案する。原画像信号から得られるマクロブロックの輝度情報およびアクティビティに応じて優先度を設定する。アクティビティはマクロブロック内の輝度値差分を用いて計算し、その値によりマクロブロックを分類した。従来の符号化に対し、平坦な領域と物体のエッジ部分での画質改善を確認した。

キーワード MPEG-4 FGS Profile, スケーラブル符号化, アクティビティ

Method for Macroblock Selection on an MPEG-4 FGS layer

NAKAJIMA Junichi

KAMIKURA Kazuto

YASHIMA Yoshiyuki

NTT Cyber Space Laboratories, NTT Corporation
1-1 Hikarinooka Yokosuka-Shi Kanagawa 239-0847, Japan
Tel: 046-859-3475, Fax: 046-855-1735
E-mail: nakajima.junichi@lab.ntt.co.jp

Abstract This paper proposes an algorithm that determines macroblock priority and number of bits for bit-plane shifting, to encode an enhancement layer in MPEG-4 FGS profile. We determine this macroblock priority according to luminance value and activities of macroblocks. The activity is calculated using differences of luminance value in a macroblock. Experimental results are presented on some image regions. We observe that an improvement of visual quality for plain regions and the edge of objects.

Key Words MPEG-4 FGS profile, Scalable encoding, Macroblock activity

1 はじめに

近年, ADSL, FTTH 等のブロードバンド回線を用いたインターネットアクセスの増加により, 映画やコンサートのライブ映像などのコンテンツ配信が一般化しつつある. また, 比較的帯域な携帯電話などのモバイル環境などでもユーザ同士での動画交換などが広く使われている. これらの中低速ネットワーク向けの映像符号化には, 国際規格である MPEG-4 ビジュアル符号化 [1] を用いたものが多い.

アクセス形態の多様化に対するコンテンツの一元管理の必要性や, ネットワーク状況の変動に対しても一つのストリームで柔軟に対応できる符号化ツールを集めたものとして, FGS (Fine Granularity Scalable) プロファイルが規定されている [2]. FGS プロファイルでは, 適当なビット位置まで送信された拡張レイヤの復号残差画像を, 基本レイヤの復号画像に足し込むことでネットワークの帯域にあわせた品質の復号画像を得ることができる.

本研究では, FGS プロファイルの枠組みにおいて符号化されるマクロブロックの優先度を設定し, 同ビットレートでの主観画像品質の向上を計るアルゴリズムの提案とシミュレーション実験により, 優先度を上げたマクロブロックにおける SNR の向上と主観品質の改善を確認した.

2 MPEG-4 FGS Profile

MPEG-4 FGS Profile の概要に関しては, 文献 [3] に詳しい. 図 1 に, FGS エンコーダの構成例を示す. 基本レイヤの符号化部では, 通常の MPEG-4 符号化の方式に従って, 動き予測, DCT, 量子化などの処理が行われる. 一方拡張レイヤの符号化部では, まず入力画像とローカルデコード画像の差分信号に対してマクロブロック単位で DCT を行う. 次に DCT 係数をビットプレーン展開したものを, 係数の最大値を含

むプレーン (MSB) からランレングス符号化を行い拡張レイヤの符号化ストリームを出力する. デコーダ側では, 上記の逆の手順により受信した符号化ストリームから残差信号を復号し, 基本レイヤのデコード画像に足し込むことで画質が向上する.

また, FGS には frequency weighting と selective enhancement という 2 つの機能がある. frequency weighting は DCT 係数の低周波成分の係数をシフトする. また, selective enhancement はマクロブロック自体をシフトする. これらの処理によりビットストリーム内での優先度が上がり, 拡張レイヤのビットストリームが伝送路の帯域制限などで切り捨てられた場合にも画質向上が維持できる.

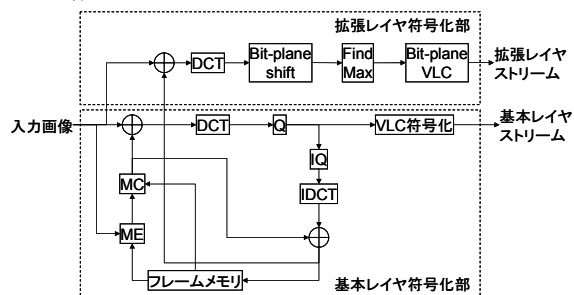


図 1 FGS エンコーダの構成

3 拡張レイヤによる主観品質向上

MPEG-4 符号化をはじめ, 一般の画像符号化では人間の視覚特性に基づいた量子化を行い符号量の削減を行っている. すなわち,

- 変化の少ないところでの誤差は目立つ
- 変化の激しいところでの誤差は目立たない

ことから, 変化の少ない領域を改善することで主観品質の向上がより期待できる. 一方, 画像をオブジェクトに分割して視覚的・意味的に重要な領域, たとえば人物の顔などに符号量を割り当てる ROI (Region of Interest) 符号化処理もあるが, 処理時間や判定精度といった解決すべき点が多い.

本研究では、画像のマクロブロック単位でのアクティビティを「隣接画素との輝度値の差分がある閾値以上である画素の個数」と定義し、画質を改善するマクロブロック選択の指標とする。

また、輝度値の小さな暗い領域に対して、輝度値の大きい明るい領域も注目されやすいこと、一方で、低ビットレートでは量子化に伴い高周波成分の欠落が発生し、画像の輪郭線がぼけやすくなる。そのため、主観品質向上を考慮した、拡張レイヤにおける符号化マクロブロックの優先度付けを行い、画像内のエッジ相当部分を改善する。

4 提案アルゴリズム

前節の考察に基づき、拡張レイヤでの符号化対象マクロブロックを、以下の手順により選択し優先度を設定する。

1 各マクロブロックについて、原画像において着目画素と隣接 8 画素との差分絶対値の最大値を求め、その値が閾値 Th_edge より大きい画素数をエッジ分量 Num_edge としてカウントする。

2 各マクロブロックについて、原画像における輝度成分が閾値 Th_Y_high より大きい画素数 Num_white を数える。

3 残差を送信するマクロブロック(以下、送信 MB)を決定する。

a) Num_white が閾値 Th_w 以上のマクロブロックは、高輝度マクロブロックとして送信 MB とする。この送信 MB の数を Num_MB1 とする。

b) 3a の処理で、送信 MB でないマクロブロック数の $N\%$ を Th_count と定義する。すなわち、 $Th_count = (全 MB 数 - Num_MB1) * N$ である。以下では、残りの送信 MB と判定するマクロブロックを Num_count で数える。

c) 前述のエッジ分量 Num_edge に従い、マクロブロックを表 1 のように 3 種類に分類する。

表 1 エッジ分量による MB の分類

$Num_edge \leq 40$	平坦MB
$40 < Num_edge < 192$	エッジMB
$192 \leq Num_edge$	複雑MB

d) 3c においてエッジ MB と分類されたマクロブロックについて、 Num_white の大きい順に送信 MB とし、 Num_count をインクリメントする。 Num_count が Th_count を超えたら 3f へ。

e) 3c において平坦 MB と分類されたマクロブロックについて、 Num_edge の大きい順、次いで Num_white の大きい順に送信 MB とし、 Num_count をインクリメントする。 Num_count が Th_count を超えたら 3f へ。

f) 3e までの処理で、送信 MB となったマクロブロックの優先度を上げ、当該マクロブロックのビットプレーンをシフトアップ対象とする。

4 残差信号の輝度成分に DCT を施し、DCT 係数をビットプレーン展開する。

送信 MB と判定されたマクロブロックのビットプレーンは、FGS Profile の selective enhancement の機能を用いて、指定されたビット数だけシフトされることにより優先的に DCT 係数が送信される。

5 シミュレーション実験

5.1 実験条件

表 2 に、MPEG-4 基本レイヤの符号化条件を示す。量子化制御方式は、MPEG-4 VM を基に独自のマクロブロック単位での符合量割り当てを行った。拡張レイヤのビットレートは 896kbps とし、基本レイヤとの合計で 1280 kbps となる。

入力画像は標準画像 (Susie, Table Tennis, Mobile & Calendar), 独自画像 (Swing), テレビアニメ (Anime) の 5 種類を、PC 上のビデオキャプチャカードを用いて VGA (640 画素 × 480

ライン)サイズの非圧縮 AVI データとして取り込んだ。前節における判定用の閾値は以下のとおりを設定した。

- 隣接画素差分 Th_edge = 20
- 高輝度画素 Th_Y_high = 190
- 高輝度画素割合 Th_w = 192

表 2 基本レイヤの符号化条件

MPEG-4符号化パラメータ	
入力画像	5種類, AVI形式
画像サイズ	640画素×480ライン
ビットレート	384kbps
フレームレート	10fps
量子化制御	VM+独自, MB単位
動き予測	3step整数+半画素精度

実験では、まず提案方式の送信 MB 選択手法と画像全体にビットを割り当てた場合とを比較した。また、1. 高輝度マクロブロックの判定, 2. 色差成分の0クリア処理, 3. 画像全体に対する frequency weighting の利用について、それぞれを off にした場合に画像がどのように変化するかを調べた。また、送信マクロブロックの選択された比率(アルゴリズム 3bにおけるN)と、ビットプレーンのシフト量を変化させた場合の画質も比較した。最後に、送信 MB と画像全体での SNR の変化を調べた。

表 3 拡張レイヤの符号化パラメータ

	N(%)	bit shift	高輝度	色差	Freq.
A	50	3	on	on	on
B	50	3	off	on	on
C	50	3	on	off	on
D	50	3	on	on	off
E	0	0	off	off	off
F	0	0	off	off	on
G	25	3	on	on	on
H	75	3	on	on	on
I	50	1	on	on	on
J	50	2	on	on	on
K	50	4	on	on	on

符号化パラメータの組み合わせにより、11 種類のパターン A~K を用意した。表 3 に、各パターンについての拡張レイヤの符号化パラメータを示す。frequency weighting が on の際にビットシフトされる DCT 係数のシフト量は、ジグザグスキャン順で 0~2 番目が 3bit, 3~9 番目が 2bit, 10~14 番目が 1bit とした。

5.2 結果と考察

5.2.1 提案手法による画質改善

図 2 に、提案手法をすべて含むパターン A と画像全体にビットを割り当てるパターン E の符号化結果を示す。パターン A ではカレンダーの日付間にある直線がより鮮明に再現されている。また、文字の周囲に発生するモスキートノイズも減少していることが分かる。

図 3 に、高輝度マクロブロック判定を off にしたパターン B の符号化結果を示す。パターン A と比較して日付間の直線の下部が一部かけていることが分かる。

図 4 に、色差成分の0クリア処理を off にした、すなわち色差成分も符号化したパターン C の符号化結果を示す。モスキートノイズはパターン A の方が少ない。一方で、動物の首筋など色の再現性に関してはパターン C の方がよいことが分かる。

図 5 に、Frequency weighting を off にしたパターン D の符号化結果を示す。パターン D の方はモスキートノイズが少ないことが分かる。これは Frequency weighting を用いない分、DCT 係数の高周波成分が多めに送られたものと考えられる。

図 6 に、画像全体における送信マクロブロックの比率を変更したパターン G と H の符号化結果を示す。比率が 25% である、パターン G の符号化結果が良いことが分かる。これは残差信号の足し込みによる改善が知覚しやすい領域の大小は、画像によって大きく異なるため、画像

の性質に合わせた送信マクロブロックの比率設定が必要である。

図7に、送信マクロブロックにおける Selective enhancement のビットシフト量を変更したパターン I, J, および K の符号化結果を示す。小鳥の絵の周囲に発生しているモスキートノイズと輪郭線の鮮明さから、シフトするビット量を増やした方が送信マクロブロックの画質が向上するといえる。しかしながらそれ以外の領域が符号化されにくくなるため、FGS レイヤの目標符号量に合わせた調整が必要である。

5.2.2 選択領域の SNR 比較

表4に、輝度成分の PSNR を送信 MB と画像全体について比較した結果を示す。対象パターンは表3のパターン A とパターン F であり、パターン A における送信 MB と同じ領域で比較した。パターン F ではすべてのマクロブロックに均等にビットが割り当てられるのに対し、パターン A では、送信 MB の選択処理により高輝度マクロブロック、エッジもしくは平坦なマクロブロックにビットを割り当てている。SNR の差から、送信 MB の SNR が向上していることが分かる。

表4 送信 MB の SNR 比較

画像	送信MB(dB)		画像全体(dB)	
	A	F	A	F
Susie	41.55	40.38	41.57	41.51
Table	35.16	33.97	33.83	34.01
Mobile	33.80	32.37	33.84	33.64
Swing	26.48	26.86	26.48	26.86
Anime	35.11	34.76	35.11	34.76

6 まとめ

MPEG-4 FGS 符号化において、原画像のエッジ分布・輝度成分の統計量からエンハンスメントレイヤにおける符号化マクロブロックの優先度付け手法を提案した。それぞれの手法の画質向上を主観評価により判定した。今後は判定アルゴリズムの高速化と原画像の性質によ

って閾値とビットシフト量などのパラメータを適応的に切り替える処理を検討していく。

[謝辞]本研究にあたり、シミュレーションプログラムの作成、データ収集にご協力いただいた NTT ソフトウェア(株)の米原紀子氏に感謝いたします。

参考文献

- [1] “Coding of Audio-Visual Objects – Part 2: Visual,” ISO/IEC 14496-2:2001, Jul. 2001.
- [2] “Coding of Audio-Visual Objects – Part 2: Visual, Amendment 4: Streaming Video Profile,” ISO/IEC 14496-2:1999 / FDAM4, Jan. 2001
- [3] W. Li: “Overview of Fine Granularity Scalability in MPEG-4 Video Standard,” IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol.11, pp.301—317, Mar. 2001
- [4] 岡田，中嶋，小野，秦泉寺，八島：“MPEG-4 ソフトウェアエンコーダ/トランスコーダ,” NTT R&D, vol.52, pp.12—20, 2003



図2 提案手法の比較
(左:パターン A, 右:パターン E)



図3 高輝度マクロブロック判定の比較
(左:パターン A, 右:B)



図 4 色差成分 0 クリア処理の比較
(左:パターン A, 右:C)



図 5 Frequency weighting の有無の比較
(左:パターン A, 右:D)

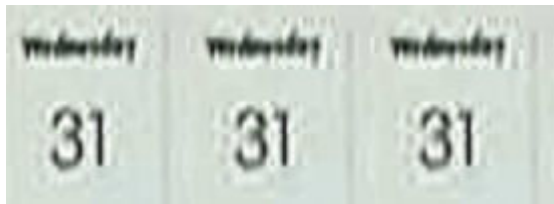


図 6 送信 MB 比率の比較
(左:パターン G, 中:A, 右:H)

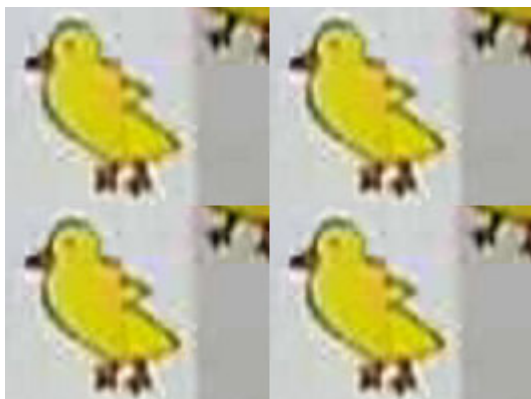


図 7 送信 MB のビットシフト量による比較
(左上:パターン I, 右上:J, 左下:A, 右下:K)