I-010

MPEG-2/H.264 変換における MBAFF モード決定手法に関する検討

MBAFF Mode Decision for MPEG-2 to H.264 Transcoder

江尻 淳† Jun Ejiri　加藤 晴久‡ Haruhisa Kato　滝嶋 康弘‡ Yasuhiro Takishima　半谷 精一郎† Seiichirou Hangai

1. はじめに

MPEG-2 は，現在，映像アプリケーションにおいて最も普及している動画像符号化方式である．一方，新しい動画像符号化方式である H.264/MPEG-4 AVC(以下，H.264)は，MPEG-2 に比べ約 2 倍の符号化効率を得ることが可能なことから，MPEG-2 に変わる符号化方式として注目されている．H.264 への移行に伴い，既存の MPEG-2 コンテンツを H.264 に変換する需要が高まっている．しかし， MPEG-2 をフルデコード/フルエンコードで H.264 に変換した場合，符号化に要する処理時間は膨大となる．特に，既存 MPEG-2 コンテンツの多くがインターレース映像であることからインターレース映像を考慮した変換方式が求められている．このような背景から，本稿は，MPEG-2/H.264 変換においてインターレース映像を符号化する際に使用される Macro Block level Adaptive Frame Field(以下，MBAFF) 符号化のモード高速決定手法について検討する．

2．従来方式とその問題点

MPEG-2/H.264 変換において入力ビットストリームの符号化モード情報を H.264 の符号化モード決定に利用することが考えられる．しかし，インターレース信号を符号化する際，符号化単位が MPEG-2 は 16x16 の MB，H.264 は 16x32 の MB ペアで異なるため符号化情報を直接継承することができない．

従来の MBAFF モードの決定手法として，レート歪最適化(以下，RDO)を適用し，MBAFF モードを決定する手法[1]が報告されている．しかし，[1]は，各モードで仮符号化を行いモードを決定するため，処理量が膨大となるという問題がある．

文献[2]では，画素のライン間における相関と H.264 の符号化済 MB の動きベクトルから MBAFF モードを決定する手法が報告されている．RDO を適用せずにモードを決定するため，[1]に比べ，符号化処理量を大幅に削減できる．しかし，ライン間相関が高くかつ平坦な MB ペアでは，フレーム符号化，フィールド符号化どちらを選択しても符号化効率はそれほど変わらない．むしろ，直前の MB ペアのモードと同じモードを選択しモードの切り替えに要する符号化ビット量を抑制した方が高い符号化効率を得られるため，[2]の手法では，符号化効率が低下してしまう問題がある．

3. MPEG-2 符号化情報を利用した提案方式

本稿は，高速化を目的とするため符号化処理量の全体に占める割合が最も高い B ピクチャについて検討する．

先行実験より B ピクチャにおいて，フレーム符号化では，符号化効率が大幅に低下してしまうことがあるということがわかった．また，インターレース映像では，フィールド符号化の方が符号化効率の高くなる MB ペアに対してフレーム符号化を適用してしまうとフィールドが適切に分離されず，動きの大きい縞状部分の画素が滲んでしまう問題がある．そこで提案手法では，フィールド符号化を前提とし，H.264 でフレーム符号化が最適な MB ペアを MPEG-2 符号化情報から検出することで，画質の劣化を抑えながら MBAFF モードを高速に決定する．

3.1 フレーム符号化が選択される MB ペアの特徴

フレーム符号化が選択される MB ペアの特徴として以下のような特徴が挙げられる．

(1) MPEG-2 予測モードがフレーム予測である MB ペア

(2) ライン間における画素の相関が高い MB ペア

提案手法では，これらの特徴を利用しフレーム符号化すべき MB を決定する．ただし，平坦な MB ペアは，フィールド符号化，フレーム符号化どちらで符号化しても符号化効率がそれほど変わらない．平坦な MB ペアを検出し，フィールド符号化を適用することでモード切り替えに要する符号化ビット量を抑制が期待できる．

3.2 提案する MBAFF モードの決定手法

Step1　予測モード判定

符号化対象 MB ペアにおける同位置における 2 つの MB の MPEG-2 予測モードが，共にフレーム予測ならば Step2 へ．それ以外はフィールド符号化に決定し終了．

Step2　ライン間画素相関判定

符号化対象 MB ペアにおいて，式(1)を満たせば Step3 へ．満たさない場合，フィールド符号化に決定し終了．

$$(SAD_{frame} - SAD_{field}) < TH1 \qquad (1)$$

$$SAD_{frame} = \sum_{x=0}^{15}\sum_{y=0}^{14}\left|c(x,y)-c(x,y+1)\right| + \sum_{x=0}^{15}\sum_{y=16}^{30}\left|c(x,y)-c(x,y+1)\right|$$

$$SAD_{field} = \sum_{x=0}^{15}\sum_{y=0}^{14}\left|c(x,2y)-c(x,2y+2)\right| + \sum_{x=0}^{15}\sum_{y=0}^{14}\left|c(x,2y+1)-c(x,2y+3)\right|$$

$c(x, y)$は，現在のフレームの画素値，$TH1$ は閾値を示す．

Step3　平坦判定

符号化対象 MB ペアにおいて，式(2)を満たせば，フレーム符号化に決定し終了．満たさなければ，フィールド符号化に決定し終了．

$$\sum_{(x,y)\in MBP}\left|c(x,y)-\bar{c}\right| > TH2 \qquad (2)$$

$c(x, y)$は，現在のフレームの画素値，$\bar{c}$ は符号化対象 MB ペアにおける画素値の平均，$TH2$ は閾値を示す．

4. 提案方式の性能評価実験

4.1 実験方法

提案手法の有効性を確認するため，参照ソフトウェアの JM[1]に提案手法を実装し実験を行った．

† 東京理科大学

‡ (株) KDDI 研究所

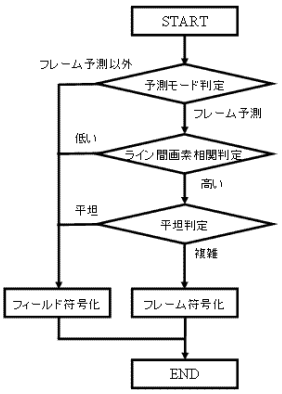

図 1. 提案方式のフローチャート

比較方式は，提案方式，すべての MB ペアにフィールド符号化を適用する方式 (方式 1)，すべての MB ペアにフレーム符号化を適用する方式 (方式 2) [1]，従来方式[2]，すべての MB ペアに RDO を適用した方式(JM 方式)である．ただし，I ピクチャと P ピクチャに関しては，各方式とも RDO を適用し符号化した．入力シーケンスは Bus, Flower, Football, Mobile を使用した．入力条件は，MPEG-2 (720x480,*M*=3, *N*=15(IBBPBBP...), 9Mbps, 148 フレーム)，出力条件は，H.264 (QP_I,QP_P=28, 32, 36, 40, QP_B=30, 34, 38, 42) とし MPEG-2 から H.264 に符号化した．レート制御を行わず QP を固定した以外，他の条件は同一とする．評価方法は BD-PSNR[3]を使用した． PSNR の比較は，入力ビットストリームを復号した画像と出力ビットストリームを復号した画像とで比較を行う．

表 1. 各方式の符号化方法

方式	I,P ピクチャ	B ピクチャ
提案方式	RDO	提案手法
方式 1	RDO	フィールド符号化
方式 2	RDO	フレーム符号化
従来方式	RDO	従来方式
JM 方式	RDO	RDO

4.2 実験結果と考察

表 2 に各シーケンスにおける JM 方式に対する各方式の処理時間，発生ビット量，画質の比較を示す．⊿Time は JM 方式に対する処理時間の削減割合，⊿bit は JM 方式に対する符号化ビット量の増分，⊿PSNR は，JM 方式に対する PSNR の増分を示す．また，図 2 は Football における各方式の RD 曲線を示す．

提案方式は JM 方式との比較において，処理時間を 27.9~29.6%削減し，画質の劣化は 0.05~0.15dB に抑えられている．従来方式との比較では，処理時間は同程度だが，画質が 0.05～0.13dB 改善している．方式 1 との比較では，処理時間を同程度だが，画質が 0.02～0.09dB 改善している．これは，提案方式のモード決定処理がフレーム符号化を行わなければならない MB ペアを正確に検出していることを示している．方式 2 との比較では，処理時間がわずかに増加したが，画質は，Football で 0.7dB 改善した．また，色差の PSNR は，各シーケンスとも方式 1 との比較において，画質が改善している．しかし，方式 2 との比較では，画質の劣化が見られる．これは，4:2:0 フォーマットの画像では色差成分はプログレッシブとなるため基本的にフレーム符号化を適用した方が，符号化効率が高くなるためである．以上の結果から，提案方式は，すべてのシーケンスにおいて適応的にモードを選択し符号化していることがわかる．

表 2. 各方式の処理時間と画質の比較

入力	方式	⊿time [%]	⊿bit [bit]	⊿PSNR Y [dB]	⊿PSNR U [dB]	⊿PSNR V [dB]
Bus	提案方式	28.9	3.56	-0.15	-0.07	-0.10
	方式 1	28.8	4.05	-0.17	-0.12	-0.13
	方式 2	31.4	8.68	-0.36	0.07	0.07
	従来方式	29.0	4.79	-0.20	-0.03	-0.06
Flower	提案方式	29.4	2.75	-0.14	-0.04	-0.03
	方式 1	28.8	4.58	-0.23	-0.13	-0.07
	方式 2	32.2	3.33	-0.17	0.04	0.02
	従来方式	30.1	4.12	-0.21	0.01	-0.01
Football	提案方式	27.9	1.22	-0.05	-0.34	-0.17
	方式 1	28.0	1.17	-0.05	-0.35	-0.17
	方式 2	30.9	19.29	-0.75	0.32	0.20
	従来方式	29.2	4.15	-0.18	-0.13	-0.07
Mobile	提案方式	29.6	2.95	-0.13	-0.02	-0.03
	方式 1	28.6	3.75	-0.17	-0.05	-0.08
	方式 2	30.8	4.53	-0.20	0.02	0.03
	従来方式	30.5	4.64	-0.21	0.02	0.02

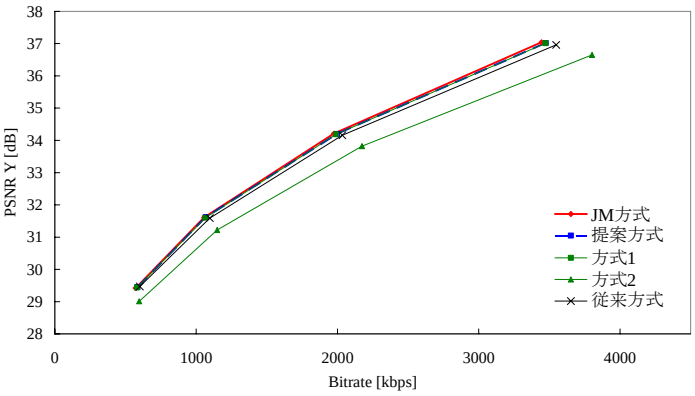

図 2. Football における各方式の RD 曲線

5. まとめと今後の課題

MPEG-2/H.264 変換における MPEG-2 符号化情報を利用した MBAFF モードの決定手法について検討した．提案方式は，符号化効率を維持しながら，処理時間を約 30%削減することが可能であることを確認した．各方式に比べ処理時間，符号化効率ともに提案方式は優れていることを確認した．今回は B ピクチャの MBAFF モードの決定手法について検討したが，今後は I, P ピクチャについての MBAFF モードの決定手法について検討する．

参考文献

[1] Joint Video Team (JVT), “Reference Software JM12.2”, http://iphome.hhi.de/suehring/tml/
[2] Miguel A Guerrero, “Fast Macroblock-Adaptive Frame/Field Coding Selection in H.264”
[3] G.Bjontegaard, “Calculation of average PSNR differences between RD-curves”, VCEG-M33, (2001)