

I-009

符号化コスト関数に基づく H.264/AVC フリッカ低減手法

A Method for H.264/AVC Flicker Reduction Based on Coding Cost Function

清水 智行† 五十嵐 将也‡ 米山 暁夫† 滝嶋 康弘† 半谷 精一郎‡
Tomoyuki Shimizu Masaya Igarashi Akio Yoneyama Yasuhiro Takishima Seiichiro Hangai

1. まえがき

高い圧縮効率を示す動画画像符号化方式 H.264 の普及が、ワンセグや次世代 DVD 等への採用により加速している。H.264 では、画像特徴に応じて様々な符号化ツールを適応的に選択して符号化することによって、高い符号化効率を達成することが可能である。フレーム間予測のみならず、I スライスにおいても、隣接画素の補間によって予測画像を生成し、補間方向と予測誤差を符号化するイントラ予測が採用されている。

一方、イントラ予測は前フレームとの相関のない予測画像を生成し得るため、予測誤差の量子化歪みが前後のフレームとの不連続性を生じ、フリッカを発生させる原因となる。従って、H.264 のイントラ予測において、フリッカの発生を抑制する手法が必要となる。

これまでに、フリッカを抑制する手法として、[1][2]が提案されている。[1]では、フレーム間予測の結果なるべく近づけるように、イントラ予測及び量子化制御を行うことによって、フレーム間の相関性の損失を防止し、フリッカを抑制しているが、フレーム間予測の結果および高度な量子化制御を必要とするため複雑な処理となる。一方、[2]ではフリッカが知覚されやすい平坦領域においてイントラ 16x16 予測の DC モードを優先的に選択することによってフリッカの発生を抑制しているが、静止領域でのフリッカが考慮されておらず、モードの偏りによって符号化効率が大幅に低下するという問題がある。

本稿では、簡易な判定処理により、符号化効率の低下を抑制しつつフリッカを低減させる手法を提案する。

2. 符号化モードとフリッカ強度

H.264 の Baseline Profile および Main Profile において、イントラ予測のモードとしてイントラ 16x16、イントラ 4x4 の 2 種類が存在する。予測画像の補間方向については DC モードを含めてそれぞれ 4 モード、9 モードが含まれる。そこで、それぞれの予測モードとフリッカの相関性について確認するべく、予備実験を行った。

フリッカの評価尺度として、Flicking Measure [3]を採用する。Flicking Measure の計算式を式(1)に示す。 $R(i, j)$ は復号画像、 $O(i, j)$ は原画像、 i はフレーム番号、 j はマクロブロック番号、 ϵ は定数、 SAD は差分絶対値和である。

$$S = \frac{\text{avg}_{i,j(SAD(O(i,j),O(i+1,j)) < \epsilon)} SAD(R(i+1,j) - R(i,j), O(i+1,j) - O(i,j))}{1} \quad (1)$$

実際に動画画像を符号化して、各モードのブロックにおける Flicking Measure を測定し、平均値を求めた。符号化サンプルは Paris(352×288 画素、30fps)、符号化条件は IPPP

表 1: Flicking Measure (イントラ 16x16)

	Mode	QP (I, P)			
		(40, 38)	(36, 34)	(32, 30)	(28, 26)
Flicking Measure	0	1040.39	909.25	712.50	543.34
	1	1067.34	885.47	694.93	542.51
	2 (DC)	780.44	673.44	565.03	474.61
	3	908.42	749.01	606.40	494.29

表 2: Flicking Measure (イントラ 4x4)

	Mode	QP (I, P)			
		(40, 38)	(36, 34)	(32, 30)	(28, 26)
Flicking Measure	0	1558.45	1166.45	827.66	588.58
	1	1440.38	1107.61	815.22	585.03
	2 (DC)	1011.24	789.67	616.01	490.13
	3	1647.98	1187.11	855.01	619.10
	4	1824.17	1303.93	922.42	654.83
	5	1800.49	1284.55	919.97	656.85
	6	1746.02	1259.22	915.97	647.08
	7	1560.89	1130.46	832.31	608.84
	8	1191.04	928.53	715.88	553.13

構造((M, N)=(1,15))、QP 固定である。なお、同一 QP では I フレームの PSNR が相対的に高くなるため、各フレームの PSNR が均一になるように QP 値を調整した。符号化モード毎の Flicking Measure の分布を調べるため、H.264 の規格違反が発生しない範囲で強制的に全マクロブロック(以下、MB)の符号化モードを固定する。

実験結果を表 1、表 2 に示す。イントラ 16x16、イントラ 4x4 いずれにおいても、DC モードの Flicking Measure が最も小さい値を示した。また、イントラ 4x4 よりイントラ 16x16 において Flicking Measure が小さくなっている。

3. 提案手法

予備実験の結果によると、DC モード、イントラ 16x16 モードの比率を高めることによってフリッカを低減することができると考えられるが、これは符号化効率が低下する原因となる。そこで、本手法では I スライスにおいて、フリッカが知覚されやすい平坦な静止領域においてイントラ 16x16 の DC モードを適用することとし、それ以外の領域では、符号化効率が低下しない範囲でフリッカが低下するモードを適用する。フローチャートを図 1 に示す。

3.1 平坦・静止領域判定

テクスチャが平坦で、かつ静止領域となる MB では、フリッカの発生が知覚されやすくなるため、イントラ 16x16 の DC モードを適用し、フリッカを低減させる。このような領域においては十分に平坦であるため、イントラ 16x16 予測の DC モードを適用しても符号化効率の低下を小さく抑えることができる。

† (株)KDDI 研究所, KDDI R&D Labs, Inc.

‡ 東京理科大学, Tokyo University of Science

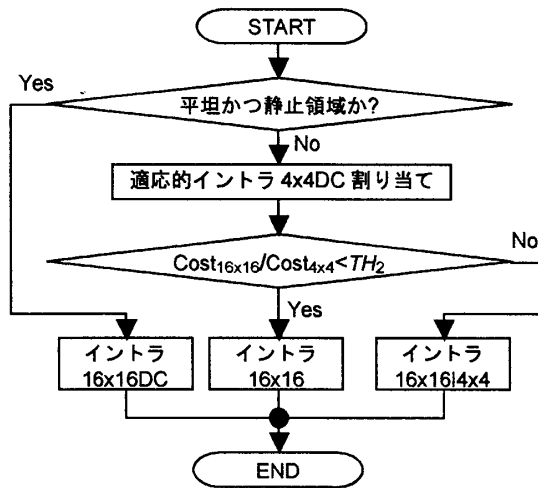


図 1: フローチャート

前フレームとのフレーム間差分 D および MB のアクティビティ act を式(2), (3)によって求める。なお、 n は MB 内の 8×8 画素のブロック番号、 $s_n(i, j)$ はブロック n 内の座標 (i, j) における輝度値である。

$$D = SAD(O(i, j) - O(i-1, j)) \quad (2)$$

$$act = \max_n \left(\text{avg} \left(\sum_i \sum_j |s_n(i, j) - \text{avg}(s_n)| \right) \right) \quad (3)$$

ここで、式(4), (5)両方が成立する場合は強制的にイントラ 16x16 予測の DC モードと決定し、それ以外の場合は 3.2 節で述べるモード判定に移る。

$$D < TH_D \quad (4)$$

$$act < TH_{act} \quad (5)$$

3.2 符号化コスト関数に基づくモード判定

H.264 符号化処理において、符号量と歪みの観点から最適な符号化モードを選択するために、レート歪みコスト $RDCost$ が用いられる。 $RDCost$ は式(6)で表される。なお、 QP は量子化パラメータ(0-51)、 R は符号量である。

$$RDCost = SAD + \lambda R \quad (\lambda = \sqrt{0.85 \times 2^{(QP-12)/3}}) \quad (6)$$

まず、イントラ 4x4 モードにおける各 4×4 分割ブロックのモードを決定する。各分割ブロックにおいて DC モードおよび $RDCost$ 最小モードの $RDCost$ 値を $Cost_{4x4DC}$ 、 $Cost_{4x4}$ としたとき、式(7)が成立する場合はその分割ブロックのモードを DC に決定する。

$$Cost_{4x4DC} / Cost_{4x4} < TH_1 \quad (TH_1 \text{ は定数}) \quad (7)$$

次に、MB 単位でのモード判定を行う。イントラ 16x16 において $RDCost$ が最小となるモードを求め、その値が $Cost_{16x16}$ であるとき、式(8)が成立する場合はイントラ 16x16 モードに決定する。

$$Cost_{16x16} / Cost_{4x4} < TH_2 \quad (TH_2 \text{ は定数}) \quad (8)$$

以上により、符号化効率の低下を必要最小限に抑えつつ、フリッカを抑制することが可能となる。

4. 実験

提案方式の性能を検証するため、JM[4]に提案方式を実装し、シミュレーション実験を行った。符号化サンプルは Container, Paris, Foreman, Mobile & Calendar, Table Tennis であり、その他の条件は予備実験と同様である。閾値は、 $TH_D = 1500$, $TH_{act} = 30$, $TH_1 = TH_2 = 1.4$ である。

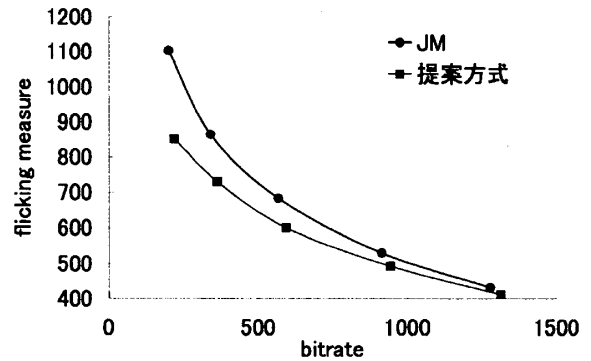


図 2: 実験結果(Flicking Measure, Paris)

表 3: 符号化性能比較(対 JM)

符号化サンプル	Δ Bits [%]	Δ PSNR[dB]
Container	6.21	-0.28
Mobile	1.83	-0.09
Paris	4.52	-0.30
Table	2.74	-0.13

実験結果を図 2 および表 3 に示す。図 2 では代表値として Flicking Measure が最も大きな値を示す Paris の結果を用いている。提案方式は JM に対して、特に低ビットレートにおいて大幅に Flicking Measure を低下させており、表 3 によると画質劣化は 0.3dB に抑えられている。他の符号化サンプルにおいても、Flicking Measure の大きなサンプルほどフリッカ低減の効果が高くなっていることが確認できた。

一方、低ビットレートにおいては、提案方式の適用によって大幅に Flicking Measure が低下しているが、依然として高ビットレート時に比べると非常に大きな値であり、さらに、Flicking Measure が小さい値となる高ビットレートにおいても主観的にはフリッカが知覚できるため、より詳細な分析が必要であるものと考えられる。

5. 結論

本稿では、平坦・静止領域判定およびレート歪みコストに基づく比較的簡易な演算による符号化モード判定によって、符号化効率の低下を抑えつつ、H.264 の I スライスにおけるフリッカを低減させる手法を提案した。

本手法により、特に低ビットレートにおいて大幅に Flicking Measure を低減させることが可能であるが、一方、高ビットレート時に比べると高い値となっており、主観的にはまだフリッカを知覚できる。よって、主観的にフリッカを低減させるより精密な方式が今後の検討課題である。

参考文献

- [1] 蝶野他, 「デテント付き量子化制御による I ピクチャフリッカの低減方法」, PCSJ 2005, P-4.02, 2005 年 11 月.
- [2] 清水他, 「H.264/MPEG-4 AVC におけるイントラ符号化フレームのフリッカ低減方法」, PCSJ 2005, P-4.03, 2005 年 11 月.
- [3] X. Fan, et al, "Flicking Reduction in All Intra Frame Coding," JVT-E070, 2002.
- [4] K. Suehring, "H.264 Reference Software (JM10.2)," <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>