

事前解析を利用した MPEG-2 ビデオ符号化とその簡略化に向けた一検討 MPEG-2 Video encoding with pre-analysis and a study for the simplification

横山 裕†
Yutaka Yokoyama

宮崎 孝†
Takashi Miyazaki

1. まえがき

実時間動作する MPEG-2 事前解析符号化システムを実現し、符号化性能を評価したので報告する。MPEG-2 ビデオ符号化では、ピクチャタイプの違いやシーンによって画像毎の符号化効率が大きく異なるので、高画質化のためには画像内容に応じた符号量配分ができることが望ましい。TM5 などに代表される従来の符号量制御方式[1]では直前に符号化処理した同じピクチャタイプの結果を基に、ピクチャごとの目標符号量を設定している。このような制御方式では定常的な入力画像であれば問題ないが、シーンチェンジやフェード画像など、画像の性質が変化する場合に適切な符号量配分ができずに、画質劣化を引き起こす場合がある。この問題を解決するためには、仮符号化などの事前解析を行い、その結果を用いて本符号化を行う事前解析符号化が有効である[2,3]。そこで今回は、2 台のエンコーダを用いてリアルタイムの MPEG-2 事前解析符号化システムを実現し、性能を評価した結果について報告する。さらに、事前解析のために完全な符号化処理を行うことは演算コストが大きいので、解析処理の簡略化に向けた検討を行ったので報告する。

2. 事前解析符号化

2.1 構成

図 1 に示すように MPEG-2 事前解析符号化システムは、2 つのエンコーダから構成される。まず、事前解析のために、1 段目のエンコーダ(Encoder 1)で仮符号化を行い、入力画像の複雑度を計算する。この複雑度情報に応じて符号量配分が決定される。本符号化では、事前解析に要する時間だけ遅延された入力画像を 2 段目のエンコーダ(Encoder 2)の入力とし、配分された符号量に基づいて符号化する。今回は固定ビットレート制御することを前提とし、符号量配分では GOP 期間で一定の符号量を割り当てる。事前解析では、1 GOP 分の入力画像を予め仮符号化し、遅延量は 1 GOP 期間以上必要となる。

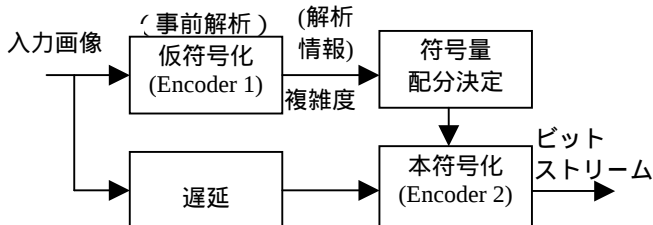


図 1. 事前解析符号化

2.2 事前解析処理

事前解析処理として、本符号化と同じビットレートで通常どおりの符号化を行う。画像ごとの平均量子化幅と発生符号量を観測し、TM5 で使っているモデルに従って、符号化複雑度を計算する。いまピクチャ j の平均量子化幅を Q_j 、発生符号量を S_j としたとき、複雑度 X_j は

$$X_j = Q_j * S_j$$

で計算できる。

2.3 符号量配分

符号量配分では、1 GOP 期間の総符号量を、それぞれのピクチャ j の複雑度に応じて比例配分する。1 GOP 期間で利用可能な総符号量を R_{gop} とすると、ピクチャ j の目標符号量を T_j は、

$$T_j = X_j / X_{sum} * R_{gop}$$

で計算する。ここで X_{sum} は、GOP 期間の複雑度の総和である。

本符号化では、ここで設定されたピクチャごとの目標符号量に基づいて符号化処理を行う。なお、マクロブロックレベルのフィードバック制御や適応量子化などのフレーム内の制御については本符号化で行う。

3. 簡略化に向けての一検討

事前解析として仮符号化を実行するには、符号化を 2 度行う、あるいは符号化器を複数用意しなければならない、コストが大きくなる。そこで、事前解析処理の簡略化のために、完全な符号化によらずに複雑度の推定を行うことを検討した。入力画像のアクティビティ、予測誤差量と複雑度の間には相関があることが知られている[4]。そこで、事前解析ではアクティビティと予測誤差量まで求めて、それらの値から複雑度を推定して符号量配分に用いる方法の評価をした。

アクティビティは、TM5 と同様にマクロブロック内の輝度分散値を基準にした値として求め、I ピクチャの複雑度の推定に用いる。予測誤差量は、動きベクトル探索処理のあと、動き補償フレーム間予測誤差のブロック内の総和として求めて、P, B ピクチャの複雑度の推定に用いる。これらの値から、各ピクチャタイプの複雑度 X_i, X_p, X_b を次式で推定する。

$$X_i = C_i * A_i + B_i$$

$$X_p = C_p * D_p + B_p$$

$$X_b = C_b * D_b + B_b$$

A_i は I ピクチャでのアクティビティ、 D_p, D_b はそれぞれ P, B ピクチャの予測誤差である。推定式の導出には、過去の符号化ピクチャから、それぞれのピクチャタイプに応じて、対応する $(A_i, X_i), (D_p, X_p), (D_b, X_b)$ を測定し、最小 2 乗法で回帰直線を求めている。 $C_i, C_p, C_b, B_i, B_p, B_b$ は計算される定数である。

† NEC マルチメディア研究所

4. 符号化実験

4.1 実験システム

1チップ MPEG-2 エンコーダ LSI (μ PD61051)を搭載した符号化ボードを2台用いて、事前解析符号化システムを実現した(図2)。入力画像はEncoder 1に入力されると共に、Time Lag Adjuster にも入力され、事前解析の期間以上遅延させて、本符号化用のEncoder 2へ入力される。Encoder 1で測定した解析データはEncoder 2に送られ、本符号化の制御に用いられる。Encoder 2では解析データから符号量配分を行い、本符号化を実行する。符号化した局所復号画像は入力画像と共にSNR解析器に入力されPSNRを観測する。この実験システムにより、少なくとも解析時間だけの遅延が必要であるが、エンコーダを2台用いればリアルタイムの事前解析符号化が実現できる。

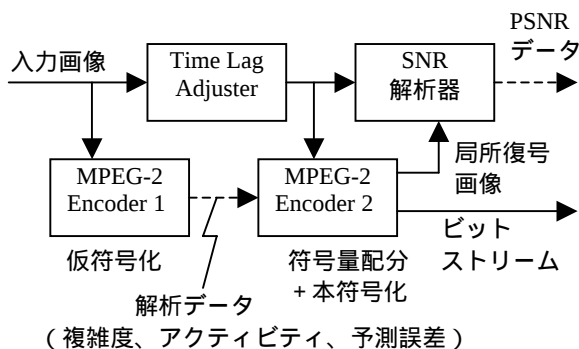


図2. 事前解析符号化実験システム

4.2 実験条件

MPEG-2 MP@ML (720x480), M=3, N=15, 4Mbps で、符号化実験を行った。評価画像としては、約3分半の映像ソースを用いた。比較した方式としては、

- ・方式1 1パス方式(事前解析を行わない方式)
- ・方式2 事前解析方式(仮符号化利用)
- ・方式3 簡略事前解析方式(複雑度推定)

の3方式を用いた。ここで、方式3の簡略方式では、さらなる演算コスト削減のために、入力画像をSIFサイズ(352x240)に縮小して複雑度推定に必要なデータを測定した。なお、完全符号化しない場合、動き補償予測誤差の計算には原画像を参照画像としなければならないが、今回の実験ではシステムの都合上、通常の符号化処理と同様に実際に符号化した局所復号画像を参照画像として用いた。

4.3 実験結果

PSNRの統計量を表1に示す。PSNRの平均値はいずれの方式でも変わらないものの、事前解析を行うことで、分散値は大幅に減少し、全体的な画質が安定していると言える。最悪値も向上しており、最低画質の底上げも実現されていることがわかる。また、簡略化方式でも、完全な仮符号化する方式とほぼ同等である。

図3に、シーンの変わり目でのPSNRの変化を示す。従来の1パス方式では、シーンの変わり目でPSNRが大きく劣化しているが、事前解析符号化によって、この期間内の符号量配分が適切にでき、PSNRが2~4dB向上している。簡略化方式でも、同様な性能が得られていることがわかる。

表1. PSNRの統計量

方式	平均値	分散値	最小値
方式1	38.1	17.07	22.7
方式2	38.1	16.03	23.7
方式3	38.1	16.10	23.5

PSNR比較(field毎)

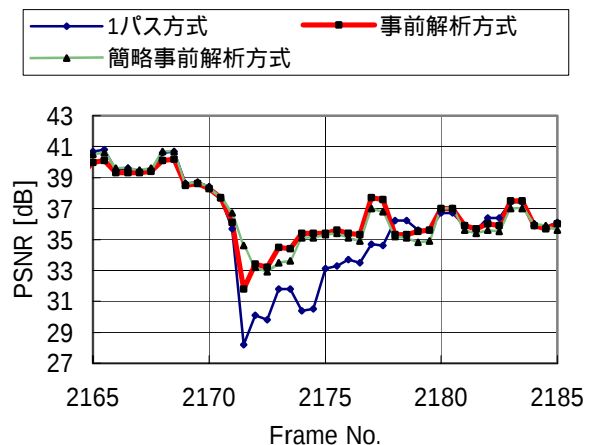


図3 PSNRの推移の比較

5. おわりに

MPEG-2 ビデオエンコーダ LSI を搭載した符号化ボード2台を用いて、リアルタイムで事前解析符号化処理を行うシステムを構築した。事前解析符号化により、シーンの変わり目などで2~4dBの改善があることを確認した。これにより、2つのエンコーダを用いれば事前解析符号化が実現でき、符号化画質を向上させることができる。また、事前解析処理の簡略化に向けて、完全な符号化処理に依らない情報から、符号化複雑度を推定する方式についても検討した。この方式でより少ない演算コストで事前解析符号化の性能が得られることがわかった。しかしながら、事前解析としては動き探索処理が必要であり、これについてはまだ演算量が多いため、さらなる簡略化を検討する必要がある。また、参照画像を原画像としたときの影響の調査は今後の課題である。

参考文献

- [1] ISO/IEC-JTC1/SC29/WG11: "Test Model 5", 1993
- [2] 横山、野垣、「短区間事前解析による MPEG-2 ビデオ符号化の符号量制御」、2001 信学ソ大、D-11-23、2001.9
- [3] Yokoyama, Nogaki, "A Rate Control Method with Pre-analysis for Real-time MPEG-2 Video Coding", ICIP-2001, WA11.04, 2001.10
- [4] 中村、新田、吉留、遠藤、「前処理および1次動き探索を用いた符号化制御に関する検討」、2001 信学総大、D-11-19、2001.3