

J_013

画像品質と仮想バッファ遷移を考慮した2パスエンコード方式に関する一検討 A study of a two-pass encoding method considering picture quality and hypothetical buffer behavior

村上 剛†

宮地 悟史‡

松田 雅之†

Takeshi MURAKAMI

Satoshi MIYAJI

Masayuki MATSUDA

1. まえがき

近年、携帯電話などのモバイル端末における動画コンテンツの視聴が盛んになっている。モバイル向け動画配信では、ネットワークの伝送容量や端末での保存容量などの制約のため、高い圧縮率が要求とされる。

MPEG-4[1]や H.264[2]では、エンコーダ側でデコーダ内のバッファを検証するためのVBV (Video Buffer Verifier) や HRD (Hypothetical Reference Decoder) が定義されており、これを破綻させることなくレート制御を行わなければならない。しかしながら、動画の圧縮符号化においては、バッファ制約への準拠と画像品質とは一般に相反する関係にある。これは、動画のもつ潜在的情報量が時々刻々と変化することに起因する。画像品質を考慮した上でバッファ制約を満たすレート制御方式として[3]が提案されている。[3]は GOP ごとの情報量事前予測に基づくレート制御方式であるが、制御単位が GOP であるため、画像シーケンス全体での品質が不均一となる場合がある。

これに対し本稿では、2パス符号化方式を用いて、1回目の仮符号化で画像シーケンス全体の性質を把握し、それに基づいて2回目の符号化を行うことで、バッファ制約に準拠すると同時に画像シーケンス全体の品質を均一にする方式を提案する。本方式では、1回目の符号化で作成したバッファ遷移図の大きな傾きが、各シーンにおける画像品質を反映していることに着目し、傾きが類似する区間に対しては、ほぼ同様な圧縮率を適用することで、品質の急激な劣化を回避すると共にバッファ制約への準拠を実現する。また、符号化後に得られる圧縮データのサイズを、符号化前に厳密に指定することは一般的には困難であるが、本方式では最終シーンにおける圧縮率を調整することにより、所望するサイズのデータを生成可能であることも併せて示す。

2. 詳細説明

本方式は、1回目の仮符号化結果から得られる符号生成量を元に、適正なバッファ遷移となるよう目標とする圧縮率を求め、更に目標値を達成できるよう2回目の符号化処理を行う。図1に、本方式におけるバッファ遷移図を示す。横軸は画像シーケンスのフレーム番号、縦軸はバッファサイズに対するビットの蓄積率である。ここで、1回目の仮符号化結果から作成されるバッファ遷移を●プロット、1回目の結果に対し単に平均ビットレートを目標値に合わせたものを▲、バッファ制約を考慮したものを、すなわち2回目の符号化で最終的に目標とするバッファ遷移を◆、及びビデオデータサイズを指定するためのバッファ遷移を□で、それぞれ示す。なお、本図において直線にみえるバッファ遷移の傾きは、実際には拡大図で示す通り、データのバッ

ファへの入力とデコードのための消費とが繰り返し行われる。以下に本方式の処理手順を示す。

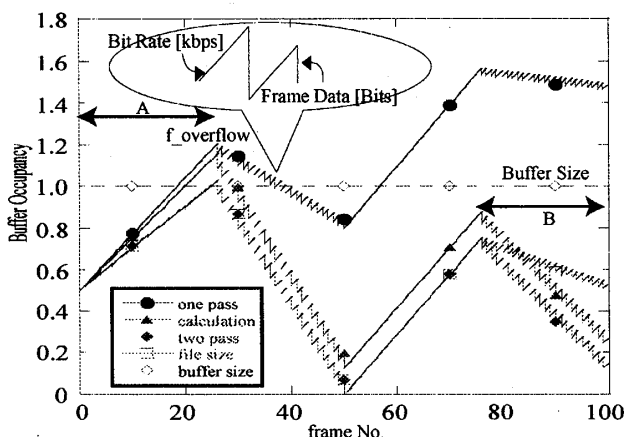


図1: バッファ遷移図の作成過程

- (1) まず、1回目の仮符号化を実行する。このとき、量子化パラメータ (QP) は固定値とする。生成された符号量に基づき、●で示すバッファ遷移図を作成する。ここで、全ビット数を画像シーケンスの時間長で除算した値を「1回目のビットレート」と定義する。
- (2) (1) で得られたビットレートと、所望するビットレート (以下「目標ビットレート」とする) との比率を下式により算出する。

$$\frac{\text{目標ビットレート}}{\text{1回目のビットレート}}$$

これを(1)で得られた各フレームのビット数に乘算し、単に平均ビットレートを目標値と一致させた場合のバッファ遷移を求める (図中▲)。ここでは、画像シーケンス全体で量子化パラメータを一定にした状態が維持される。

- (3) 次に、(2)で作成したバッファ遷移がバッファの上限・下限を超える場合、バッファ遷移の傾きの正負が等しい区間において、フレームに割り当てるビット数を一定の比率で減少/増加させ、バッファ遷移を調整する。図1の例では、 f_{overflow} を極大値とするオーバーフローを回避するため、Aで示す区間のフレームに割り当てるビット量を一定の比率で増加することにより、◆で示すようなバッファ遷移図を作成する。ここでの補正は、以降のバッファ遷移に影響を与えるため、先頭から順番に後続の区間に対し上記の操作を順次適用する。

†KDDI株式会社

〒102-8460 東京都千代田区飯田橋 3-10-10 ガーデンエアタワー
E-mail: te-murakami@kddi.com

‡株式会社KDDI研究所

- (4) また、出力されるビデオデータサイズを指定する場合は、シーケンス全体で出力されるデータサイズが下式で与えられることを用いて、(3)の結果に対し、以下の処理を適用する。

ビデオデータサイズ

$$= (\text{初期バッファ蓄積量}) + (\text{目標ビットレート} \times \text{再生時間}) - (\text{終了点におけるバッファ蓄積量})$$

この式より、初期バッファ蓄積量と目標ビットレートが与えられた場合、終了点におけるバッファ蓄積量をバッファサイズ内で調整することにより、出力されるデータサイズを厳密に指定することができる。図1では、Bの区間においてフレームの発生ビット数を一定の比率で減少させ、□で示すバッファ遷移図を作成する。

- (5) 上記(3)、または(4)で求めたバッファ遷移となるように、各フレームの目標とするビット数を与えて2回目の符号化を実行する。

3. 特性評価

本章では提案方式、及び従来方式[3]についての特性評価を行う。画像シーケンスには様々な画像性質やシーンチェンジを含むように、Foreman(300フレーム)、Mobile & Calendar(300フレーム)、Coastguard(300フレーム)をこの順序で繋ぎ合わせたものを用いた。また、符号化方式としてH.264を用い、画像サイズをQVGA、ビットレートを256kbps、フレームレートを15fps、仮想バッファサイズを1Mbit、初期QP値は予備実験により10とした。

3.1 バッファ遷移図、及びPSNR特性

本方式、及び従来方式のバッファ遷移と各フレームのPSNR値を図2に、また画像シーケンス全体をひとつの画像と捉えた場合のPSNR値、及び各フレームのPSNR値の標準偏差を表1に示す。図2より本方式、従来方式共にバッファ制約に準拠していることがわかる。一方、表1より本方式が従来方式と比較してPSNR値を改善できることがわかる。これについて以下に考察する。

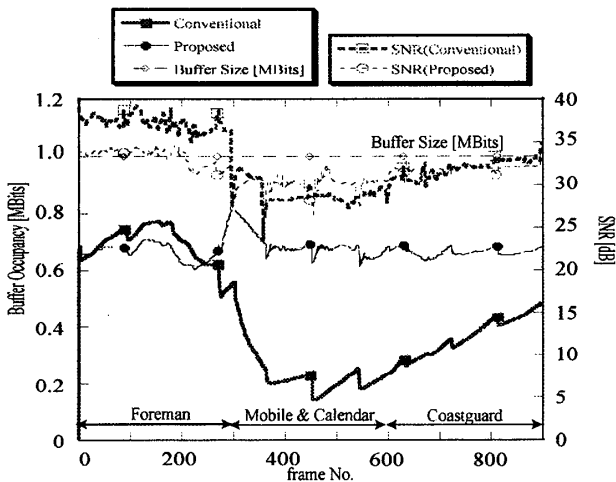


図2: バッファ遷移図

今回実験に使用した画像シーケンスは、前半が比較的動きが小さいForemanで、後半に動きの大きいシーンとなっている。従来方式では、GOP単位でのレート制御であるため、動きの小さい区間での圧縮率が小さくなる(量子化パラメータが小さくなる)。このとき、後続の動きが大きいMobile & Calendarでは、高い圧縮率となり(量子化パラメータが大きくなる)品質が低下する。これに対し提案方式では、シーケンス全体を通したレート制御であるため、圧縮率の変動、すなわち品質の変動が小さくなる結果となった。

表1: PSNR値、及びPSNR値の標準偏差特性

	PSNR値	PSNR値の標準偏差
Conventional	31.37	3.57
Proposed	31.40	1.57

3.2 ビデオデータサイズ

表2にビデオデータサイズを指定し、符号化した場合の結果について示す。ここで、画像シーケンス、フレームレート、符号化方式、仮想バッファサイズ、及び初期QP値は3.1と同様とする。また、

達成率[%]=

$$(\text{出力ビデオデータサイズ}) / (\text{目標ビデオデータサイズ}) \times 100$$

と定義し、評価を行った。表2より指定するビデオデータサイズに関係なく99%以上の達成率を実現できることがわかる。これにより、提案方式、すなわち、指定したビデオデータサイズとなるように、目標とするバッファ遷移を設定し、これに基づき2回目の符号化を行う手法の正当性が確認された。

表2 ビデオデータサイズ特性

目標ビデオデータサイズ[kbyte]	出力ビデオデータサイズ[kbyte]	達成率[%]
300	299	99.6
500	497	99.4
700	696	99.4

4. まとめ

本稿では、2パス符号化方式を用いて、一旦画像シーケンス全体の性質を把握した後、その結果に基づいて目標バッファ遷移を適切に設定した上で2回目の符号化を行うことで、バッファ制約に準拠すると同時に画像シーケンス全体で品質が均一となる方式を提案した。実験により、画像品質、及び品質均一化の両面で従来手法を上回ることを確認した。また、指定したサイズでビデオデータが生成可能であることを併せて示した。

文献

- [1]ISO/IEC 14496-2, "Information technology - Coding of audio-visual objects - Part2: Visual"
- [2]ITU-T Recommendation H.264 (2005), "Advanced video coding for generic audiovisual Services," March 2005.
- [3]宮地悟史, 滝嶋康弘, 羽鳥好律, "画像性質とバッファ制約を考慮したH.264レート制御方式," 電子情報通信学会論文誌D, vol. J88-D2, no. 7, pp. 1114-1125, Jul. 2005.