

任意ビットレート下における動画像の動的 QOS 制御方法の提案[†]

6C-8

藤井敬三^{1††} 齋藤信男²

¹ 株式会社システムコア ² 慶應義塾大学環境情報学部

1 はじめに

動画や音声などの連続メディアを扱うためには、システムは各メディアの持っている時間的な制約を守りながら、処理を行なわなければならない。従って、有限である計算機資源 (CPU, バス, ディスク, ネットワークなど) を予約し, 保証する必要がある [1]。一方, 情報量の膨大な動画像に対しては, その冗長性を利用してデータ圧縮を行なうことは極めて有効であるが, その冗長性の度合いにより, 圧縮結果得られるビットレートは大きな変動を伴う。リアルタイムに動画像データをネットワークを介して転送する場合 [2], ディスクへ格納する場合 [3] には, アクセス許容帯域内にレートを押える必要があり, またレートは動的に制御可能であることが望ましい。テレビ会議/電話用に H.261(P*64)[4], 蓄積動画用に MPEG/MPEG-II [5] などが既にあるが, 我々は, より遅い~より速いレート, あるいは動的に変化するレートでも, 使用可能なシステムを目指している。

本稿では, 動画像に対して JPEG を用い, ビットレートを一定に保つために, 動画像の QOS(Quality of Service) を動的に変化させる方法を提案する。

プロトタイプはハードウェア JPEG 圧縮/伸長を備えた, Parallax 社 XVideo-24SVC-VIO を実装した Sun-SPARCstation2+SunOS4.1.2 上に作成した。

2 動画像の QOS

連続メディアの QOS として, 時間的解像度と空間的解像度に分類することができる [6]。動画像に対して, JPEG を用いる場合には, 時間的解像度はフレーム周期に相当し, 空間的解像度はフレームサイズ (画素数), 画質 (Q-factor)[8] に相当する。Q-factor は量子化テーブルへの係数であり, XVideo では 25~1000 の範囲で変化させることが可能であり, 大きな値は高い圧縮が行なわれ, 画像は劣化する。

"A Proposal on Dynamic QOS Control for Digital Video in Arbitrol Bit Rate"[†]

Keizo FUJII^{1††} and Nobuo SAITO²

¹ System Core Co.,Ltd. and ² Faculty of Environmental Information, Keio University

[†] この研究は, 情報処理振興事業協会 (IPA) が実施している開放型基盤ソフトウェア研究開発評価事業「マルチメディア統合環境基盤ソフトウェア」プロジェクトの元に行なわれた。^{††} 開放型基盤ソフトウェア湘南藤沢キャンパス研究室の研究員として IPA に登録されている。

2.1 入力画像の差異によるビットレートの変動

JPEG に限らず, DCT 変換を用いる圧縮手法は, 入力画像の差異により圧縮サイズ (圧縮後に得られる 1 フレームのサイズ) は大きく変動する。これは入力を DCT 変換後, AC 係数を量子化し, 零のランレングスにより圧縮しているためである [9]。

入力画像の差異による圧縮サイズの変化を図 1 に示す。これは横軸に経過時間を, 縦軸に発生したデータ量 (=圧縮サイズ/フレーム周期, 単位は byte/sec) とし, '93 年 12 月 24 日放送の "NHK ニュース 7(19:00-20:00)" を標本に用いた。フレームサイズ 320 x 240 画素, 画質 Q-factor=50 固定, フレーム周期は約 0.2 sec 固定である。平均=93184byte/sec, 標準偏差=19450, 標準偏差/平均=0.20 であった。この結果 (画質固定, フレーム周期固定) より, 次の結論を得た。

- 同一シーンであれば, ビットレート¹の変動が少ない。
- 同一シーンは番組の性質上, 数 sec 連続する。
- ビットレートの変動からシーン変化の類推が可能。

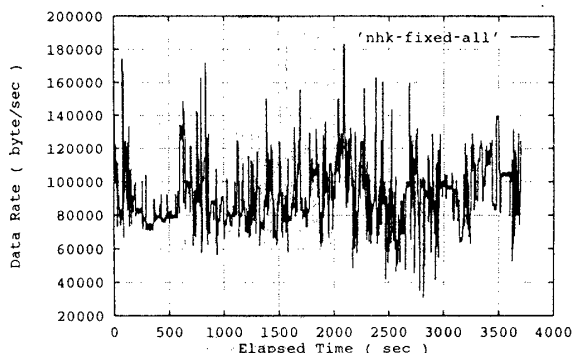


図 1: ビットレートの変動 (NHK ニュース 7)

2.2 Q-factor と画質と圧縮サイズ

同一静止画像において, Q-factor を変化させた場合, 圧縮サイズがどのように変化するかを調べた。この結果から, Q-factor が Q_{old} のとき圧縮サイズが $Size_{old}$ の画像において, 圧縮サイズを $Size_{new}$ にするための新しい Q-factor Q_{new} は次式で近似できることがわかった。

$$Q_{new} = Q_{old} \times \left(\frac{Size_{old}}{Size_{new}} \right)^2 \quad (1)$$

2.3 動的な QOS 制御

ビットレートを一定に保つためには, フレーム周期, 圧縮サイズをそれぞれ動的に変化させる必要がある。

¹ここではフレーム周期固定のため, 個々のフレームの圧縮サイズと同意である。

ただし、圧縮サイズは Q-factor により制御可能ではあるが、入力画像の影響を大きく受ける。

ここでは、視覚的な違和感を少なくするため、QOS 制御方法を動画像に対する一般的な要求に合わせ [7]、フレーム間の変化大であれば“画質より動きを優先”し、逆に変化小であれば“動きより画質を優先”するとした。

様々な動画像標本より、現在の圧縮サイズを $Size_{new}$ 、1 フレーム過去の圧縮サイズを $Size_{old}$ 、圧縮する前のサイズを $Size_{basic}$ とした場合、動画像の変化率を次式と定義した。

$$\text{変化率 (\%)} = \frac{|Size_{old} - Size_{new}|}{Size_{basic}} \times 100 \quad (2)$$

- 変化率大 (≥ 0.2) — フレーム周期 0.75 倍
 - 変化率中 周期変化なし
 - 変化率小 (≤ 0.05) — フレーム周期 1.05 倍
- そしてそのフレーム周期より、指定されたビットレートを満たす最適な Q-factor を式 (1) により求めた²。但し、フレーム周期は、約 80 msec ~ 約 2sec の範囲、Q-factor は 25 ~ 1000 の範囲で変化させた。

3 実験結果

目標とするビットレートを 512Kbit/sec (64Kbyte/sec) として、図 1 と同一のソースを用いて実験した結果を図 2 に示す。目標のビットレートを 20% 以上越えたフレームは、削除するようにさらにビットレート監視を強化した。平均 = 62264 byte/sec、標準偏差 = 8574、標準偏差/平均 = 0.14、目標を越えたフレームは全フレームの 2.1% であった。この方法を用いて、より低い任

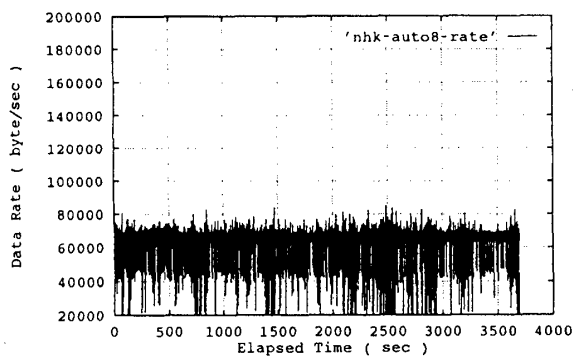


図 2: 動的な QOS 制御結果

意のビットレート (8kbit/sec) から高いビットレート (1.5Mbit/sec) においても良好な結果を得ている。

² フレーム間の変化が激しければ周期を短くし、ビットレートを一定にするため、画質を落す。

4 おわりに

本稿では、ビットレートを一定に保つため、動画像の QOS (フレーム周期、画質) を動的に制御することを提案し、プロトタイプを作成し評価した。またフレーム間の変化を類推検出することにより、視覚的な違和感、不快感の少ない QOS 制御が可能になっている。

また QOS として動画像の種類 (ニュース、スポーツ、ドラマなどの番組種別)、嗜好により、時間的解像度、空間的解像度に優先度、変化幅などを設け、より高度なシステムを構築することも可能である。

この度の成果を踏まえ、今後、当プロジェクトのプラットフォーム [10] である、IBM PC/AT 互換機 + Real-Time Mach 3.0 環境へ移行し、より実時間性を考慮し、垂直統合を図っていく計画である。

謝辞

本研究を行なうにあたり御討論頂いた開放型基盤ソフトウェア研究開発評価事業「マルチメディア統合環境基盤ソフトウェア」プロジェクトの皆様へ感謝致します。

参考文献

- [1] 河内谷 他: “Real-Time Mach 上での QOS 制御サーバの実験,” 第 47 回情報処理学会論文誌, pp.2-355-2-356 (1993).
- [2] 南部 他: “マルチメディア統合環境におけるリアルタイム通信プロトコルへの課題,” マルチメディア通信と分散処理 60-11, pp.81-88 (1993-05).
- [3] 多田 他: “実時間カーネルを用いた連続メディアベースの設計,” 第 5 回コンピュータシステム・シンポジウム論文集, pp.33-40 (1993).
- [4] M. Liou: “Overview of the px64 kbits/s Video Coding Standard,” CACM, Vol. 34, No. 4, pp.59-63 (1991).
- [5] D. L. Gall: “MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications,” CACM, Vol. 34, No. 4, pp.46-58 (1991).
- [6] H. Tokuda, Y. Tobe, S. T. Chou and J. M. F. Moura: “Continuous Media Communication with Dynamic QOS Control Using ARTS with an FDDI Network,” Proc. of ACM SIGCOMM '92, Aug. 1992.
- [7] 緒方 他: “動画のフレーム間相関を利用した動的な QOS 制御の実験,” 第 47 回情報処理学会論文誌, pp.2-357-2-358 (1993).
- [8] “XVideo Software Developer's Guide (Ver.2.1),” Parallax Graphics Inc. pp.139-142 (1992).
- [9] 安田 浩 編著: “マルチメディア符合化の国際標準,” 丸善, pp.14-47 (1991).
- [10] 斎藤 他: “マルチメディア統合環境のテストベッドとその評価,” 信学技報 CPSY92-76, pp. 17-24 (1993-03).