

動画のフレーム間相関を利用した動的な QOS 制御の実験[†]

4 V-4

緒方 正暢* 河内谷 清久仁* 徳田 英幸**

*日本アイ・ビー・エム(株)東京基礎研究所

**慶応大学環境情報学部/カーネギーメロン大学計算機科学科

1 はじめに

動画や音声といった連続メディアを扱うためには、システムは各メディアがもっている時間的制約を守りながら処理を進めなければならない。そのためには、連続メディア処理に対応した計算機資源の確保が必要不可欠である[7]。例えば、CPU資源、ディスク資源、ネットワーク資源の利用が実行時に保証されていないと時間的制約を満たすことはできない。ところが、現実の計算機資源は有限であるため、同時にシステムがサポートできる連続メディアのための処理量には限界があり、適切に資源の割当てを制御する必要がある。

本稿では、連続メディアの品質を調整することにより、処理に必要な資源割当てを制御する方法について検討する。最後に、動画のフレーム間相関を利用した動的な QOS 制御手法について述べる。

2 サービスの質(QOS)

連続メディアは、そのサービスの質(Quality of Service, QOS)を時間解像度と空間解像度を使って表現することができる[5]。ここでは、動画についての代表的なパラメータについて述べる。

2.1 時間的解像度

時間的解像度は、単位時間あたりに処理されるフレーム数、つまり、フレームレート(frames per second, fps)で表現される。1, 5, 10, 20, 25, 30fpsのように指定する。

2.2 空間的解像度

空間的解像度は、以下のパラメータで表現される。

フレームサイズ: 640×480, 320×240, 160×120, 80×60のように画像のサイズを指定する。

カラービット数: 画像のピクセル当たりのビット数(bits per pixel, bpp)である。24bpp(フルカラー), 8bpp(25色), 1bpp(白黒)のように指定する。

圧縮率: 画像データは、その情報量が膨大であるためJPEG[2]のような画像圧縮技術を利用して情報量を削減している。量子化のビット数により圧縮率を調整できるが、圧縮率に比例して映像の品質は劣化する。

3 QOS 制御

テレビ会議/電話のためにはCCITT H.261(P*64)[4]、また、蓄積用動画のためにはMPEG[3]といった規格が定義されている。しかし、これらの画像符号化方式は、低ビットレートに対応する情報圧縮に主眼を置いた設計がなされており、時間的、空間的解像度をシステムが動的に制御するための考慮がなされていない。一方、QuickTime[6]では、マシンの性能に応じてコマ落としを行ない、動的に時間的解像度を変化させることができるように設計されている。しかし、複数のQuickTimeアプリケーションを実行した場合、各アプリケーション毎の品質の指定や保証はできない。また、ネットワークを介して通信した場合の品質の指定や保証もできない。

3.1 QOS クラス

時間的、空間的解像度はそれぞれ連続的に制御することもできるが、ここでは、あらかじめシステムから提供される値の中から、それらの許容範囲をユーザに設定してもらうことにする。その組合せをQOSのクラスと呼ぶ。

3.2 動的な QOS 制御

連続メディア処理を実現する1つ目の方法は、アプリケーションを起動する前に資源の確保を行ない、資源が確保できたときのみその実行を許すといったアドミッション制御(admission control)を採用した方法である。この方法では、アプリケーション毎に優先度をつけておき、優先度の高いアプリケーションの起動のための資源が確保できない時は、より優先度の低いアプリケーションを中断させ、その資源を利用することもできる。また、連続メディア処理は、時間的制約を多少満たせなくとも重大なエラーにならない、いわゆる、ソフトリアルタイム処理なので、各アプリケーション自身がシステムが過負荷な状態になっていることを検出して自律的に周期スレッドの周期を調節するself-stabilizing方式も提案されている[9][10]。また、複数のアプリケーション間でのQOS調整に関してはQOS制御サーバ方式が提案されている[11]。動的にQOSを制御するには、QOS制御サーバが各クライアントのQOSを決定する場合とクライアント側がQOSの変更をサーバに申し出る場合がある。

QOS制御に使われる優先度はあらかじめ固定して与えることもできるが、画面上のユーザの注目度を利用する方法[8]のように動的に求めることもできる。例えば、他のウィンドウによって隠されているウィンドウ内のメディア処理などは品質が低くても構わないことが多い。その分の処理能力を他のメディア処理に使った方が有効であろう。

“Experiments with Dynamic QOS Control Using Correlation of Sequential Frames”[†]

Masanobu Ogata*, Kiyokuni Kawachiya*, Hideyuki Tokuda**
*IBM Research, Tokyo Research Laboratory, 1623-14, Shimot-suruma, Yamato, Kanagawa, 242 Japan, **Keio University, 5322, Endo, Fujisawa-shi, Kanagawa, 252 Japan / Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213 USA

[†] 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」プロジェクトのもとに行なわれました。

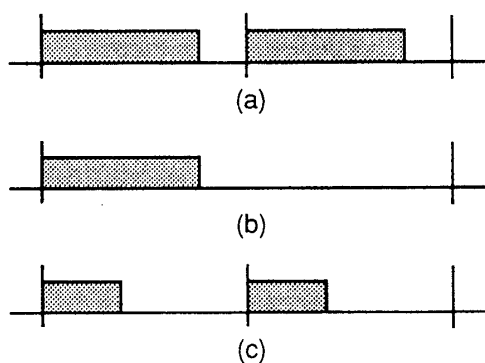


図 1: 時間的解像度と空間的解像度の制御

図 1 に QOS を下げる例を示す。横軸は時間、網かけ部分は連続メディア処理のために割当てられる資源を示している。(a) から (b) と (a) から (c) への変更はどちらも、単位時間あたりに割当てられる資源の量は半分になっている。(b) は空間的解像度を保ったまま時間的解像度を下げることに対応している。(c) は時間的解像度を保ったまま空間的解像度を下げることに対応している。つまり、QOS を変化させる時は時間的解像度を変化させるのか、空間的解像度を変化させるのか動的に決定する必要がある。Real-Time Mach 3.0 を使った QuickTime Player の実験 [9] では、時間的解像度のみを変化させる方式を評価している。

3.3 フレーム間相関を利用した動的な QOS 制御

ここで提案する方法では、動画のフレーム間での相関を観察し、動画の変化の割合を定量化し、その情報に基づいて時間的解像度と空間的解像度のどちらを変化させるか決定する。動画の変化の割合はフレーム間相関情報を利用することで求めることができる。実際には、フレーム中に数箇所のサンプル領域を設け、それらの画像情報の変化を観察することでフレーム間変化量を決定する。変化量がある閾値を越えていればフレーム間の変化が大きいと判断し、時間的解像度優先、フレーム間の変化が小さいと判断した場合は、空間的解像度優先で QOS を制御する。つまり、動画の変化量が小さい場合は、時間当りのフレーム数が少なくともよく、時間的解像度は必要ないと考えられる。例えば、遠隔会議アプリケーションを考えた場合、書類をカメラで写している時には、空間的解像度が求められる。反対に、動画の変化量が大きい場合は、時間的解像度を重視した方がよい。

4 評価実験

IBM PS/V¹上で、RT-Mach[1] MK78, UNIX サーバ UX39, X Window System X11R5 を使用して評価用のプログラムを作成し、現在、実験を行なっている。実験では、空間的解像度に応じた複数のデータをあらかじめ用意しておき、動的に空間的解像度のデータを切替えている。現在の評価用プログラムでは、その実

行時間はファイルの入出力時間に大きく影響され、かつ、X window の描画処理の占める割合が大きくなっている。従って、空間的解像度を変化させた場合の効果がうまく観察できていない。また、画像の変化量の求め方、どのくらいの間隔で変化量を決定するか、変化量を求めるための閾値の決め方についてまだ検討をしている段階である。

5 おわりに

本稿では、連続メディアである動画のサービスの質 (QOS) を動的に制御する方法について述べた。現在、動画のフレーム間相関を用いることで、時間的、空間的解像度を動的に変化させようと試みている。

謝辞

本研究を行なうにあたり御協力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。さらに、御指導いただいている慶応大学環境情報学部の斎藤信男教授に感謝致します。

参考文献

- [1] H. Tokuda, T. Nakajima and P. Rao: "Real-Time Mach: Towards a Predictable Real-Time System," USENIX Mach Workshop, pp.73-82 (1990).
- [2] G. K. Wallace: "The JPEG Still Picture Compression Standard," CACM, Vol. 34, No. 4, pp.30-44 (1991).
- [3] D. L. Gall: "MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications," CACM, Vol. 34, No. 4, pp.46-58 (1991).
- [4] M. Liou: "Overview of the px64 kbits/s Video Coding Standard," CACM, Vol. 34, No. 4, pp.59-63 (1991).
- [5] H. Tokuda, Y. Tobe, S. T.-C. Chou and J. M. F. Moura: "Continuous Media Communication with Dynamic QOS Control Using ARTS with an FDDI Network," ACM SIGCOMM'92, pp.88-98 (1992).
- [6] Apple Computer, Inc.: "QuickTime," Inside Macintosh Addison-Wesley (1993).
- [7] C. W. Mercer, S. Savage and H. Tokuda: "Processor Capacity Reserves for Multimedia Operating Systems," Technical Report CMU-CS-93-157, Carnegie Mellon University (1993).
- [8] 山足, 谷, 谷越: "ユーザの興味度による複数映像表示方式," 情処研報 93-OS-60, pp.41-48 (1993).
- [9] 船渡, 徳田: "Real-Time Mach 3.0 における連続メディアサーバの実験," 情処研報 93-OS-60, pp.75-82 (1993).
- [10] H. Tokuda, S. Savage and C. W. Mercer: "A Real-Time Thread Model for Continuous Media Applications," Technical Report, the ART Project, Carnegie Mellon University (1993).
- [11] 河内谷, 緒方, 徳田: "Real-Time Mach 上での QOS 制御サーバの実験," 第 47 回情処全大 4V-03 (1993).

¹IBM, PS/V は IBM Corp. の商標です。