

連続メディア転送のための動的レート制御方法の実現

5Bb-7

渡辺光輝 知念正 橋本浩二 柴田義孝

東洋大学工学部情報工学科

1 はじめに Video-on-Demand(以下 VOD) に代表される連続メディアサービスにおいて大量のメディアデータを効率的に転送するためには、信頼性のある高速ネットワークと UDP/IP のようなシンプルな転送プロトコルを用いることが考えられるが、パケットのオーバーランによるパケットロスが生じる可能性があるため、ユーザの要求するサービスの質 (QoS:Quality of Service) に応じた QoS 保証が必要となる [2]。

本稿では、動画像の特性を活かした効率的な圧縮方法の一つである MPEG を利用した連続メディア転送において、ユーザの要求に基づいた QoS を実現するための、パケットフローおよびフレームレートを適切に行う動的なレート制御機構の設計、実装および評価を行ったので報告する。

2 システムアーキテクチャ VOD のような連続メディア転送サービスにおける動的レート制御機構を実現するため、図1で示されるシステムアーキテクチャを導入した。

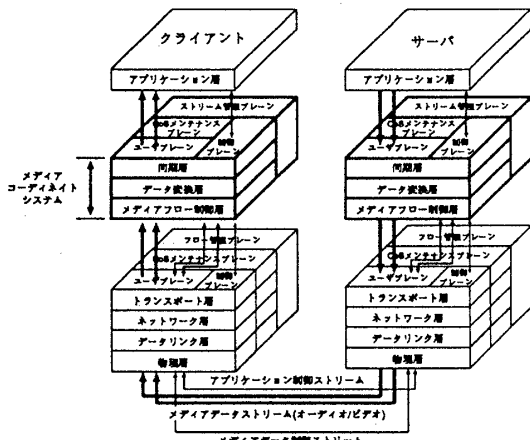


図1: システムアーキテクチャ

本システムではサーバクライアントで構成される連続メディア転送サービスに必要な機能を、メディアコーデイトシステム [2] と呼ぶ3層において実現する。同期層ではメディア内およびメディア間の同期調整、データ変換層ではオーディオ・ビデオデータの圧縮/伸張およびフォーマット変換、メディアフロー制御層ではパケット間隔制御およびパケットロス検出をそれぞれ行う [3]。また、各層はそれぞれユーザ、制御、QoS メンテナンスおよびストリーム管理の4つのプレーンで構成され、End-to-End の QoS 保証を

可能とする [2]。

3 レート制御 ここでいうレートとは、ユーザに提供するビデオのフレームレート、およびそれに基づく単位時間当たりの転送パケット量のことである。本システムでは動的にレートを制御するための処理を、次の二つの制御機能を組み合わせることによって実現する (図2)。

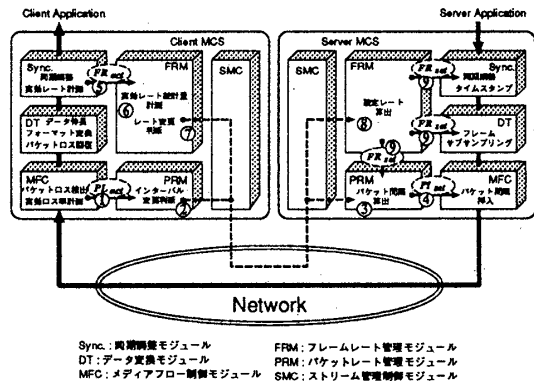


図2: レート制御の流れ

メディアフロー制御 マシン間のネットワーク転送におけるフレームレート一定化のためのパケットのフロー制御を行う。パケットロス率は、パケット間隔、マシンの負荷状態およびネットワークのトラフィックの変動によって変化する。パケットの転送間隔が短いほど、クライアントでの取りこぼしが生じ易くなるので、パケット間隔を変化させてこれに対応する。具体的な処理の流れは図2において次のようになる。① 実効パケットロス率を測定する。② パケットロス率が一定値を越えている場合、もしくは十分にパケットが受け取れている場合は、パケット間隔変更の必要性を判断し、サーバに通知する。③ あらかじめ評価しておいたパケットロスの性質と比較し、適切なパケット間隔を決定する。④ 設定パケット間隔を変更する。フレームレート制御 メディアフロー制御の影響やマシンの処理能力に合わせた、実際のフレーム処理量を調節する。具体的な処理の流れは図2において次のようになる。⑤ 実効フレームレートを計算する。⑥ 実効フレームレートの統計値が設定フレームレートに一定以上下回っている場合、もしくは十分なフレームレートが達成されている場合は、フレームレート変更の必要性を判断し、⑦ 実効値および統計値をサーバに通知する。⑧ 実効値および統計値から適切なフレームレートを決定する。⑨ 各モジュールに通知し、設定フレームレートを変更する。

これら二つの制御を連動させることによって、ネットワーク、マシンのいずれの負荷変動にも対応できるレート制御が実現される。

**4 可変レート転送** MPEGなどで圧縮されたビデオデータは、フレーム毎にデータ量が異なり、その結果パケット転送データ量も時間に対して可変となる。そこで本システムでは、パケットのサイズは固定し、単位時間に送出するパケットの数およびパケット間隔をフレームに対応させて調整する可変レート転送 [1,3] を用いる。ここで、メディアフロー制御で決定されたパケット間隔が各パケットの間に挿入するインターバルとなる。

**5 プロトタイプとパケットロス率の性質** ユーザの要求に基づく QoS を保証する連続メディア転送サービスのアプリケーションを、図 3 の環境で構築した。高速ネットワーク環境として FDDI、転送プロトコルとして UDP/IP を用いた。この環境において、MPEG ビデオを転送する際のパケットロス率を求めるために、表 1 のような MPEG データを使用して評価を行った。ここで、限界パケット間隔とは平均パケット数から得られる、フレームレートを落とさずに設定可能なパケット間隔の限界であり、これを越えるとネットワーク転送において、ソースデータのフレームレートを達成できるだけのスループットを得ることができなくなる。

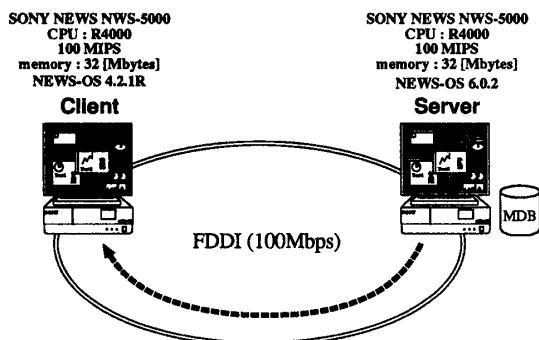


図 3: プロトタイプ開発環境

クライアントにおいて MPEG 伸張アプリケーション `mpeg_play` を 1 つ、2 つおよび 3 つ立ち上げた場合の、パケット間隔とパケットロス率の関係を図 4 に示す。各負荷状態において、共に限界値を越えない範囲でのパケット間隔ではパケット間隔の減少と共にパケットロス率が上昇するものの、ゆるやかな曲線を描いていることが分かる。これに対して、限界値を越えている範囲では、パケット間隔の変化に対するパケットロス率の変動が大きいことが分かる。ここで、各曲線は限界を境として直線で近似すると各負荷状態のパケットロス率を表す曲線は縦軸方向の並行移動で近似できることが分かる。したがって、パケット間隔を変更する場合には、この性質を利用することによって適切に設定することができる。

表 1: 評価に使用した MPEG データ

圧縮フォーマット	MPEG-1
画像サイズ [pixel]	700 × 480
色数 [bits/pixel]	24
フレームレート [frames/sec]	24
フレーム当たりの処理時間 [sec/frame]	$41.7 \times 10^{-3}$
平均フレームサイズ [byte/frame]	20484.6
パケットサイズ [byte]	4096
平均パケット数 [packets/frame]	6
限界パケット間隔 [sec]	$6.6 \times 10^{-3}$

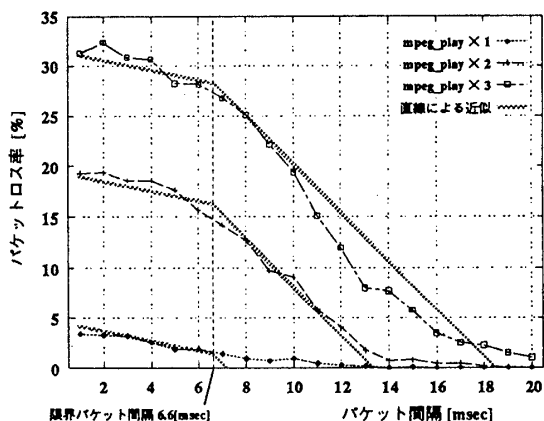


図 4: パケット間隔とパケットロス率の関係

**6 まとめ** 圧縮を考慮した連続メディア転送において、ユーザの要求に基づいた QoS を保証するための動的なレート制御機構を設計、開発し、パケットロスの性質を明らかにした。現在、これらの性質を用いたフレームレート制御についての性能評価を行っている。今後の課題としては、複数クライアント環境におけるパケットロス率の性質の考察とフレームレート制御の性能評価などが挙げられる。

#### 参考文献

- [1] 赤間, 渡辺, 橋本, 柴田: パケットオーディオ・ビデオシステムのための動的なパケット間隔制御, 情処研報 DPS-67, Vol. 94, 1994.
- [2] 橋本, 渡辺, 知念, 柴田: 連続メディアを主体としたサービスのための QoS 保証機能, 情処研報 DPS-71, Vol. 95, No. 61, pp. 97-102, 1995.
- [3] 渡辺, 知念, 橋本, 柴田: 圧縮を考慮した連続メディア転送における動的な転送レート制御方式の研究, 情処ワークショップ論文集, Vol. 95, No. 2, pp. 195-202, 1995.