

## ATM ネットワーク上での動画配信アプリケーションの評価

後藤 幸功<sup>†</sup> 長野 央<sup>‡</sup> 荒木 啓二郎<sup>†</sup>

<sup>†</sup>九州大学 大学院システム情報科学研究科, (財)九州システム情報技術研究所  
<sup>‡</sup>有限会社ドットアスタ

### 概要

インターネットにおいてマルチメディア通信の一つに実時間動画配信がある。しかし、インターネットプロトコル IP は実時間通信を保証する機能がないため、利用者が求める品質を保証することは不可能である。そこで、インターネット上で品質を保証するための手段として資源予約が提案されている。我々は、インターネット資源予約を用いた動画の品質を保証する動画配信システムを設計し実装を行なった。そして、この実装を ATM を用いたいくつかの接続形態の上で実行し品質保証された動画通信の実験を行ない、動画品質の保証についての評価を行なった。

## Evaluation of video transport system with RSVP on the Internet using ATM.

Yukinori Goto<sup>†</sup>, Nakaba Nagano<sup>‡</sup> and Keijiro Araki<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University,  
Institute of Systems & Information Technologies/Kyushu

<sup>‡</sup> Dot Aster Co.,ltd.

### abstract

There is a real-time video transport system that is one of the multimedia communication tool. Since IP(Internet Protocol) does not support a function of guarantee of QoS(Quality of Service) for real-time communications, quality required by a user is not guaranteed on the currently the Internet. Then resource reservation system is proposed for guarantee quality on the Internet. We make a model of video transport system using the resource reservation system, and implemented the video transport system. We experiment in video transport guaranteed QoS on the Internet which is constructed by ATM network, evaluate a function of guaranteed QoS on the video transport system.

## 1 はじめに

ATM などの広帯域なデータリンク技術の出現によりインターネットにおけるマルチメディア通信の可能性は大きくなってきた。本論文におけるマルチメディア通信とは音声や映像を用いた実時間通信を意味するものとする。しかし、インターネット・プロトコルは実時間通信の実時間性に対する保証やデータの損失率、帯域保証などのネットワーク品質を保証する機能がな

い。そこで、インターネットではルータやデータリンクなどのネットワーク資源を用いて、これらのネットワーク品質の保証を必要とするマルチメディア通信に対する品質を保証することが提案され実装が行なわれている。

そこで我々は、マルチメディア通信のアプリケーションとして動画を取り扱い、文献 [1][2] にてインターネット上において品質保証可能な動画配信システムの設計と実装を行ってきた。本稿では、資源予約可能な

ネットワークとして ATM ネットワークと CBQ を実装したルータを用いた資源予約可能なネットワークを準備し、この動画配信システムの実装を用いて動画配信に対する品質保証の性能の評価を行なった。

## 2 ネットワーク品質保証

本章では、ネットワークにおける品質保証と ATM の関係および CBQ(Class Based Queuing) を用いたルータでの資源予約によるネットワークの品質保証について述べる。

### 2.1 ATM と品質保証

ATM (Asynchronous Transfer Mode)[3] は各端末間を仮想回線 VC(Virtual Channel)[3] を用いて接続する。ATM では ATM スイッチと端末の NIC(Network Interface Card) において VC を設定するとき、データリンクでの品質保証を行なうために 4 つのサービスクラス [3] と帯域を設定することが可能である。サービスクラスは CBR(Constant Bit Rate)[3], VBR(Variable Bit Rate)[3], ABR(available Bit Rate)[3], UBR(Unspecified Bit Rate)[3] の 4 つが用意されており、このうち CBR と VBR は帯域を設定することが可能である。また、実際にトラフィックの制御を行なうための機能としてポリシング [3] とシェーピング [3] の 2 つの機能がある。ポリシングは設定された帯域を越えて入力された ATM セル [3] を監視し排除する機能である。一方シェーピングは ATM セルを送出するときに設定された帯域を越えないように監視する機能である。

現在、ATM を用いたインターネットの構築では帯域の制限を設定することが可能であるため主に CBR を用いて VC を設定し、ATM セルを送出する NIC や ATM スイッチでシェーピング機能を使い帯域を保証する方法がとられている。

### 2.2 CBQ によるトラフィック・シェーピングと品質保証

インターネットはルータをつなぐことにより様々なデータリンク技術を接続することが可能である。従ってネットワークにおいて帯域を保証するためにはデータリンク技術においての帯域確保とは別に、ルータでのパケット転送時の帯域も保証する必要がある。しか

し、従来のインターネットではルータでのパケット転送方式が最善努力方式であり、入力されたパケットを順次転送するためストリームなどの通信の帯域に制限を加え帯域の確保を行なうことが不可能であった。そこで、ルータのパケット出力時にパケットの送出制限を加えることで帯域を確保する方法である様々なパケットキューイング方法が提案された。パケットキューイングの方法としては WRR(Waited Round Robin) [4] や WFQ(Weighted Fair Queuing)[4] が挙げられ、両者とも送出キューを複数もつことによって帯域の制限を行なう。また、パケットキューイングは有限な資源を用いるためキューで使用するためのバッファを管理する必要がある。そこで、S.Floyd と V.Jacobson によって CBQ(Class Based Queuing) が提案された。CBQ は資源予約を行なうためのキューを階層的に管理し、各階層で優先度をつけることでキューの管理を行なうとともに複雑なキューイングのためのスケジュールを実現することを可能とした。現在 CBQ は様々な開発環境で実装されているが、同一の優先度では WRR を用いて帯域の制御を行なうため、実時間に対して品質を保証しない [6]。しかし、単位時間的に帯域を保証するため動画や音声などの帯域の保証を必要とする通信に対しては有効な方法と考えられる。

本論文では、この CBQ を用いた資源予約方法と ATM の VC 設定時における品質保証機能を用いた場合の 2 つの場合を挙げて、本動画配信システムによる動画の品質保証の性能について評価を行なう。

## 3 動画配信システムの品質保証機能

本論文で実装した動画配信システムは文献 [1] のモデル図 1 に従ったものである。このモデルでは RSVP によってネットワーク中のルータで帯域が確保され、ネットワーク層での品質保証が行なわれる。しかし、ネットワーク層の品質保証のみではアプリケーションにおける品質である画質やフレームレートを保証することは困難である。これは送信サーバが動画のデータをクライアントの要求通りに送出してもクライアントの機器性能が送出された動画データを処理できなければならないためである。そこで、本論文では、送信サーバがクライアントからの要求に従って動画データを送出した後、クライアントの機器性能のために要求された動画に対する品質を保証することができな

い場合、送信サーバはクライアントの機器性能を最大限に使用した動画像に対する品質で動画像データを送出するための機能を実装した。

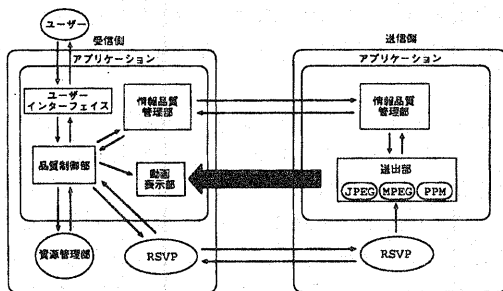


図 1: 動画像配送システムのモデル

動画像に対する品質には、画面の大きさ、色の解像度、圧縮方法、フレームレートがあるが、これらの品質要求をネットワーク層の品質要求に変換する方法は文献 [1] に示した。しかし、ネットワーク層での品質パラメータにはパケット損失率がある。パケット損失率は単位時間あたりのネットワーク中でパケット損失する確率であり、このパラメータによって動画像の画質が変化する。例えば動画像の圧縮方式によってはパケット損失によってデータが受信されない場合、フレームそのものが全く再生されない場合がある。または、もし再生されたとしても受信されなかった部分のみ再生されず、画像が利用者に伝わらない場合もある。従って、パケット損失率は動画像の品質要求時には必要のない品質パラメータであるが、ネットワーク層では重要なパラメータである。ここで述べるネットワーク層とは動画が再生されるまでの課程を示しているため、データリンク中でのパケット損失だけでなく、クライアントの動画像再生処理までを示す。しかし、ネットワーク中の品質パラメータはデータリンク技術や機器のオペレーション・システムに依存したものであるため利用者には理解が困難である。また、利用者がパケットの損失によって得る品質は、画素の再生率になる。そこで、今までの動画像に対する品質パラメータに新たに画素の再生率を加える。これは、百分率で示すこととする。

そこで、本論文では動画像の品質を保証するためにネットワーク層でのパケット損失率を考慮に加え、画素の再生率からネットワーク層のパケット損失率を求めアプリケーションまでを加えたネットワーク層での

品質保証を実現するために、送信サーバがクライアントの機器性能を越えて動画像データを送信しないようにする機能を実装する。

この機能を実装するために、まず、クライアントで単位時間当たりのパケット損失率を計測する。これは、パケット長と配送されるべき動画像データの大きさから計算することが可能である。この計測値が要求された画素再生率  $R$  を満足すればよい。そこで、本論文では次の式を用いて、判定を行なった。画素数を  $W$ 、許容パケット損失個数を  $p$ 、パケットサイズを  $l$  とする。

$$p \leq ((100 - R)\% \times W) / l \quad (1)$$

この式 1 では右辺以下の値を  $p$  としているが、これは要求された画素再生率を下回らないようにするためのである。この判定式 1 に従い、許容パケット損失個数  $p$  を越えた場合は、クライアントは送信サーバに対してフレームレートを下げるように要求を行なう。

この機能とネットワーク中の帯域の資源予約を持ちした場合、品質保証を行なわない動画像配送システムと比べて利用者に対しより良い品質の動画像を提供することが可能となることを次の章でしめす。

## 4 動画像配送システムの品質保証機能の評価

今回の評価では、クライアントの品質要求は画素の再生率を優先的に行ない、フレームレートの優先度は画素再生率よりも低いものとして行なった。従って、クライアントは要求したフレームレートで動画像を受信しても画素再生率が要求を満たしていない場合は、フレームレートが低くなるように実装した。また、画素再生率による画像の解像度を分かりやすくするために無圧縮方式で動画像を配送した。ネットワーク中の資源予約による帯域の確保を行なうために今回は ATM の VC 設定時にシェーピングを行ないデータリンクでの帯域に制限を加えた。また、ルータでは SonyCLS の長による実装の ALTQ [7][8] を使い、キューイング方式には CBQ を採用し帯域の保証を行なった。

### 4.1 実験 1: アプリケーション層での品質保証機能の評価

最初に、今回実装したアプリケーション層での品質保証機能を評価するために資源予約を行なわない以下

のような図2のネットワーク上で画像サイズ160×120, 色の解像度16bit, フレームレートを毎秒25フレームを要求した場合, 品質保証システムによる品質保証がどのように動くかを調べた。この要求は帯域を7.7Mbps使用する。従ってEthernetの帯域で十分通信することが可能である。ここで, 図2のRouter-BからRouter-Aに対して動画像とは関係ない4Mbpsの帯域を使用するストリームを使って通信を行なった。このとき, 動画像のアプリケーションでパケット損失が発生し画像の画素再生度が落ちるため, 品質保証機能によって動画像のフレームレートを下げないように要求を行ない, 図3のように使用帯域が自動的に下がり, 画素再生度をあげるように機能した。このとき, 動画像の通信は約5.7Mbpsの近傍で揺らぎ毎秒17.5フレームで安定した。

この実験から, アプリケーション層での品質保証機能を用いることが, 動画像の再生度の品質を保証するために有効であることがいえた。

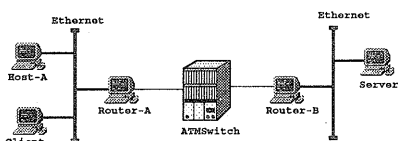


図2: 実験で使用したネットワーク

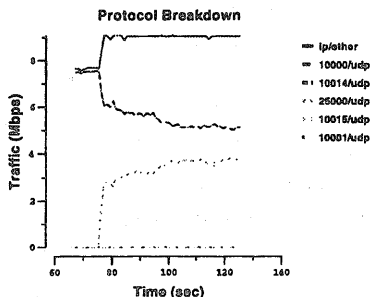


図3: 実験1の結果

## 4.2 実験2:帯域資源予約の有効性に対する評価

ここでは, 資源予約機能とアプリケーション層での品質保証機能によって動画像の品質が, 実験1のように動画像以外の通信によって品質を損なわないことを示す。

まず, 画像サイズ160×120, 色の解像度16bit, フレームレートを毎秒25フレームを要求する。このとき使用する帯域は約7.7Mbpsであり, この帯域を予めRouter-A, Router-Bにおいて資源予約を行ないCBQにより帯域を確保した。このとき確保した帯域を越えた場合, 動画像のパケットはルータで損失する。従って, 送信サーバが動画像を配送するとき, 少しでも7.7Mbpsを越えると, クライアントの動画像アプリケーションは品質保証機能によってフレームレートを下げるため, 要求した毎秒25フレームを実現できず, 毎秒19.0フレームで安定した。このことから資源予約を行なう場合は多めに帯域を取得することが必要であることがわかった。

次に, 動画像データを配送中に実験1同様に動画像とは関係ないストリームをRouter-BからRouter-Aに対して流した。この時の帯域の変化を図4に示す。動画像データのための帯域は資源予約によってRouter-A, Router-B間で確保されるため動画像のフレームレートの変化は実験1に比べ小さく毎秒18.0フレームが提供できた。この変化は動画像と動画像以外の通信の合計帯域が10Mbpsを越えておりRouter-Aでの処理にパケットスケジューリングに負荷がかかったためと考えられる。これらのことからCBQによる資源予約は動画像の品質を保証するために有効な手段であることがいえる。

## 5 まとめ

本研究では, 動画像配送システムにアプリケーション層での品質保証を行なう機能を実装し, 動画像に対する品質パラメータとして新たに画素再生率を加え, ネットワーク層での品質パラメータであるパケット損失率に変換する方法を提案した。そして, このアプリケーション層での品質保証機能と資源予約によって, 従来までの品質保証機能のない動画像配送システムと比較し, 提案する動画像配送システムは利用者の要求に従った動画像に対する品質要求を満たすことが可能であることを示した。

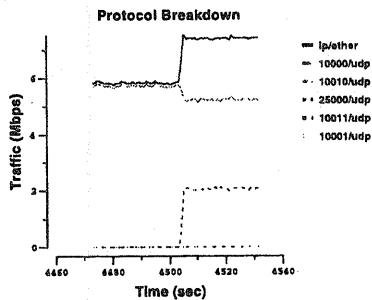


図 4: 実験 2 の結果

## 6 今後の課題

今回の実装ではまだ動画像配送システムの RSVP 部の実装が終了していない。今後は、RSVP 部の実装を行ない、RSVP[9][10] による動的資源予約を行なう場合の課題について研究を行なう予定である。

## 7 謝辞

本研究をすすめるにあたり、実験に協力していただいた九州大学工学部の吉村康彦氏、財団法人九州システム情報技術研究所の皆様により感謝致します。

## 参考文献

- [1] 後藤 幸功, 長野 央, 荒木 啓二郎, *RSVP を用いた動画像アプリケーションについて*, 情報処理学会研究報告 97-DPS-85 Vol.97, No.104, 85-20 pp.115-pp.120, November 1997.
- [2] 後藤幸功, 長野央, 荒木啓二郎, *RSVP を用いた VoD 配送システムモデルの提案*, 情報処理学会研究報告 情報研報 Vol.98, No.31 pp. 79-84 (1998)
- [3] The ATM Forum *ATM User-Network Interface Specification, Version 3.1*, Prentice Hall (1995)
- [4] Craig Partridge. *Gigabit Networking* Addison Wesley, (1993)
- [5] Sally Floyed, Van Jacobson, *Link-sharing and Resource Management Models for Packet Networks*, IEEE/ACM Transactions on Networking Vol.3 No.4 pp.365-386, Aug. 1995
- [6] Sally Floyed, *Notes on CBQ and Guaranteed Service*, Draft note, Jul.1995
- [7] Kenjiro Cho. *A Framework for Alternate Queuing: Towards Traffic Management by PC-UNIX Based Routers*. Proceedings of USENIX 1998 Annual Technical Conference, New Orleans LA (June 1998)
- [8] Kenjiro Cho. *Traffic Control by PC-UNIX Based Routers.* In *Proceedings of Internet Conference'97*, Yokohama, Japan, (December 1997)
- [9] L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, D. Zappala. *RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol*, IEEE Network, Vol.7, No.5, September 1993.
- [10] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin *Resource ReSerVation Protocol (RSVP) Version 1 Functional Specification*, Request for Comments: 2205, Sep.1997