

ATM 網におけるマルチメディア通信性能向上の一手法

殿芝 義貴 岡山 聖彦 山口 英 山本 平一

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科

内容梗概

マルチメディアコミュニケーションの基盤技術である計算機ネットワークとして ATM (Asynchronous Transfer Mode) が注目されている。本稿では、ATM ネットワーク上の端末間においてマルチメディア通信を行なう際の通信プロトコルオーバーヘッドに注目し、ATM 環境に適したマルチメディア通信としてアプリケーションと ATM アダプテーションレイヤ間で直接データをやりとりするモデルを提案する。二端末間の映像情報通信では、これによりスループットが改善されることを確認した。

A technology to improve performance of multimedia communication using ATM network

Yoshiki Tonoshiba Kiyohiko Okayama Suguru Yamaguchi Heiichi Yamamoto

Graduate School of Information Science
Nara Institute of Science and Technology

Abstract

ATM (Asynchronous Transfer Mode) is widely noticed as a computer network which is base technology of multimedia communication. In this paper, we focus on the overhead of communication protocol in multimedia communication. This paper proposes a model of multimedia communication in which application and ATM adaptation layer directly communicate. It proved that this model could improve throughput between two terminals exchanging video data.

1 はじめに

Internet と呼ばれる TCP/IP を使用したコンピュータネットワークでは、世界規模でさまざまなマルチメディアサービスが実現され、普及している。

TCP/IP とは、OSI 参照モデルのネットワーク層に位置する IP(Internet Protocol)

を基礎とした通信プロトコル体系であり、トランスポート層のプロトコルには主に TCP(Transmission Control Protocol) と UDP(User Datagram Protocol) が用いられている。

TCP/IP を使用するメリットは、データの特長や伝送媒体に依存しないことによる利用範囲の広さにある。映像や音声を通信する際にアプ

リケーションはそれらをテキストデータと同様に扱うことができ、また専用線を増設する必要もない。

一方で、マルチメディア対応の通信技術として ATM (Asynchronous Transfer Mode) の研究開発が盛んに行われている。ATM は 1 インタフェースにつき 155Mbps または 622Mbps という高い転送レートをもち、同時に非同期転送方式により異なる通信特性をもつサービスを統一的に扱えるという特徴をもつ。ATM 規格については、現在 ATM フォーラムや IETF により標準化がすすんでおり、続々と製品化されている。

ATM は、B-ISDN (広帯域統合デジタル網) の基盤技術であると同時に、Internet におけるデータリンク層のプロトコルとしても注目されている。Internet 上のアプリケーションは、IP over ATM [1] の実装により ATM 上でも実行可能となる。

しかし ATM 網上でマルチメディア通信を行なう場合の通信プロトコルとして TCP/IP が最適であるとは必ずしも言えない。我々は ATM 網においては TCP/IP を取り去った通信形態が成立すると考えている。

本稿では、ATM 網上で二端末間マルチメディア通信に焦点をあてその最適化への一手法を述べる。まず高速通信における TCP/IP のオーバーヘッドについて説明する。次に TCP/IP を用いない場合の ATM によるデータ転送方法を議論し、TCP/IP のプロトコル処理を取り去ることで通信のオーバーヘッドを軽減させる通信モデルを提案する。このモデルの有用性の検証するため、ATM 網上の二端末間で映像通信を行ない、TCP/IP の有無によるデータ転送のスループットを比較する。最後に今後の改良点を考察する。

2 TCP/IP によるオーバーヘッドについて

2.1 計算機内のボトルネック

計算機ネットワークが高速化するに従い、マルチメディア通信のボトルネックは計算機本体

の処理能力にある可能性が高くなる。この原因としては、次の要素があげられる。

1. 通信プロトコル制御によるオーバーヘッド
後述する。
2. OS のコンテキストスイッチ時間
コンテキスト切替え処理自体のオーバーヘッドと、キャッシュの影響による [2]。
3. データコピーのコスト
ネットワークインタフェース ~ OS ~ アプリケーション間でのメモリーコピーにより発生する。プロセッサに比べメモリが遅いことによる [2]。
4. 映像・音声情報の圧縮/復元処理時間
例えば映像に関しては、nv のようにソフトウェアにより映像圧縮するものや、XVideo のようにハードウェアにより JPEG 圧縮するものがある [3]。ソフトウェアによる処理は遅く、CPU に負荷をかける。ハードウェアは高価であり小型化がすすんでいないため、あまり普及していない。

本稿は 1. に注目して、その軽減を図ることを目的とする。TCP/IP はギガビットレベルのネットワークを考慮していないため、資源予約や輻輳制御などによりその処理能力向上を図る研究が一方でなされている [4]。これらの研究があくまで TCP/IP の使用を前提としてその通信効率の向上を目的としているのに対し、本稿では TCP/IP を使用しないことで通信効率向上を目指す。

2.2 TCP/IP のオーバーヘッド

TCP/IP を用いたマルチメディア通信が ATM 網において最適であるかどうかを検討する。TCP/IP は図 1 に示すように階層化されており、各階層におけるデータの形式と役割が定められている。階層間でデータを交換する際には、ヘッダのつけ外しと定められた処理が行なわれる。ヘッダをすべてハードウェア処理する ATM に対して、TCP/IP ではこれらの処理をソフトウェアによって行っている。我々は

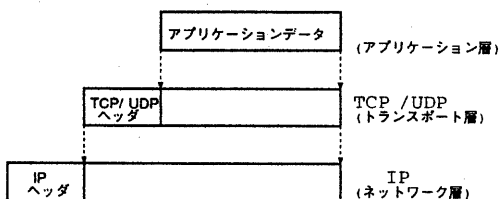


図 1: プロトコルオーバーヘッド

ネットワークの高速化に伴って、通信プロトコル処理のオーバーヘッドが相対的に増大し、ネットワークスループットを劣化させる原因になると考える。

各階層の役割についてみてみると、UDP はポートとチェックサムの処理のみ、TCP はそれらに加え、通信の信頼性を保証するために確認応答制御その他の処理も行なう。

IP で処理されるものには、経路制御、フラグメント化、TTL(Time To Live) 制御、チェックサム等がある。これらと同等の機能はいずれも、IP より下層に位置する ATM で実現されているため、ATM 網上での IP のプロトコル処理は冗長と言える。

以上のことから、ATM と役割が重複する IP はその冗長性が CPU 負荷を高めており、ATM 上で用いる通信プロトコルとしては最適とは言えない。

3 ATM 網でのマルチメディア通信への提案

3.1 計算機を用いたマルチメディア通信における課題

マルチメディアにおいて情報とはビット誤りのないことが要求されるテキストなどのデータ情報と、映像および音声などのリアルタイム性を重視した情報がある。これら要求の異なる二つの情報を、いかにそれぞれの特性にあった形で混在させるかがマルチメディア通信における大きな課題である。

そこでマルチメディア通信を ATM 網で行な

う場合に限定して、この課題のひとつの解決手法となるモデルを次節で提案する。

3.2 モデルの提案

ATM は通信事業者により次世代デジタル通信網として発展してきた技術である。したがって単なる LAN としてではなく、デジタル統合網としても今後発展していくことが予想される。ゆえに将来すべての端末が直接 ATM 網で接続されるといったことも夢物語ではない。こうした状況において、ATM 上での使用に特化したマルチメディア通信の最適化を研究することは重要であると考えられる。

一般に映像・音声情報のようなリアルタイム性を重視する情報は UDP および IP (以下まとめて UDP/IP という) により信頼性の保証されない通信が行なわれる。そこで ATM 網で接続された端末に限定して、映像・音声情報の通信にはあえて UDP/IP を用いない形態を考える。この場合、アプリケーションは ATM とダイレクトにデータをやりとりすることで UDP/IP によるプロトコルオーバーヘッドを取り除くことが可能となる。信頼性を必要とするテキスト等のデータ通信には TCP/IP を用いる。また TCP/IP を前提とした既存のアプリケーションも TCP/IP を用いることで引き続き使用可能とする。このように通信要求の違いに応じて、異なる通信プロトコル形態を同居させたモデルを提案する。図 2 にモデルのイメージ図を示す。

このモデルのデメリットは UCP/IP を使用

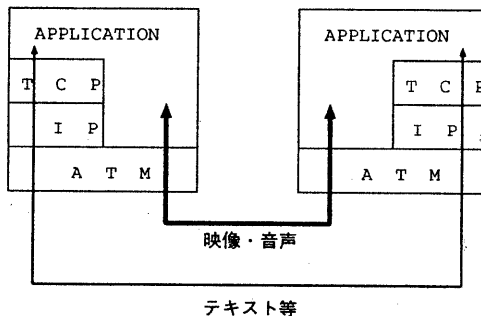


図 2: 提案モデルイメージ

しないことによる Internet との接続が不可能なことである。しかし、例えば専用線を用いた TV 会議や公衆電話のようにコネクション指向の通信では、経路確立後は必要な加工を施した情報を流すだけである。ATM は経路制御や輻輳制御、さらにマルチキャストさえも網側で行なうため、ATM での VC (Virtual Channel) 上では TCP/IP を利用しなくても通信可能である。通信品質ニーズにより TCP/IP が必要な通信ならば、IP Over ATM を用いることで解決できる。

この提案モデルによりリアルタイム性を重視する情報における通信データ量の増加と、信頼性を必要とする通信を両立させることが可能であると考える。

4 提案モデルの検証

提案モデルに対する評価を行なうため、特にデータ量の多い映像伝送に着目し、UDP および IP のプロトコルオーバーヘッドの有無による性能比較を行なった。

4.1 評価システム構成

評価実験システムの構成を図 3 に、構成要素の一覧を表 1 に示す。通信はサーバクライアント方式による一方向通信とした。

ネットワークインタフェース部以外は同一コードからなるアプリケーションを作成し、これにより評価を行なった。アプリケーションプログラムの作成において問題となったのは AAL への

表 1: 使用機器

UNIX ワークステーション	SPARC station10 (Sun Microsystems 社)
ビデオボード	XVideo-24SVC (Parallax 社)
ATM NIC	SBA-100/200 (Fore 社)
ATM 交換機	ASX-100 (Fore 社)
ネットワーク	ATM Ethernet (参考)

プログラム・インタフェースが現在ではまだ標準化されておらず、ベンダー依存性を否定できないことである。そこでライブラリに仮想的な AAL インタフェースを用意してプログラムに普遍性をもたせた。ここで AAL とは ATM アダプテーションレイヤ (ATM Adaptation Layer) のことである。ATM は通信メディアに依存しない伝達技術が各種通信サービスの提供に必要な通信特性は種々異なる。AAL はこのようなサービスに共通な ATM レイヤ以下とアプリケーションの間の整合をとるために設けられたレイヤである。

UDP/IP による通信プログラムでは TCP/IP ソケットインタフェースを、ATM にダイレクトにデータをやりとりするプログラムでは上記のライブラリを用いている。なお、AAL は AAL5 を使用した。なお、この 2 台の計算機は Ethernet でも隣接して接続されているため、参考のため Ethernet 上でも上記のプログラムの UDP/IP による通信プログラムによる映像通信を行なった。

4.2 測定方法

測定は送信側と受信側双方で実施し、データサイズ、フレーム数を 60 秒間の平均値をデータとして採用した。ネットワーク上のセル損失が無いことも同時に確認している。

XVideo による JPEG 圧縮は、入力画面の複雑さにより 1 フレーム単位のデータ量が異なってくる。この特性を利用して、入力画面を変更することで伝送情報量を変化させた。入力方法は 8mm ビデオを使用して静止画モードとしてフレームサイズを等しくした上で、各プログラムの実行状況の差をなくした。

文献 [3] により、ビデオボードによる JPEG

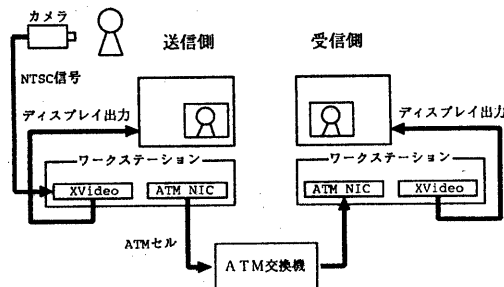


図 3: システム構成

圧縮がボトルネックとなることが報告されている。そこで、あらかじめJPEG圧縮を行なった映像データを作成し、このデータを繰り返し通信することでCPU負荷をデータ通信だけに制限した場合のネットワークスループットもATM網で測定した。ただし、この場合受信側で映像をディスプレイに映し出すことはできない。

その他の設定は次の通りである。

- ・画面サイズ 横 320 × 縦 240 [pixel]
- ・JPEG 圧縮パラメータ Q = 25
- ・入出力データ長 1400byte

4.3 測定結果

測定結果を図4、および図5に示す。

◇はUDP/IPを用いない(ATMを直接用いた)アプリケーション、+はUDP/IPを用いたアプリケーションをそれぞれATM網上で実行させた結果である。□は参考として、上記のUDP/IPを用いたアプリケーションをEthernet上で実行させた結果である。

横軸の data size は JPEG 圧縮された 1 フレームのデータサイズを表す。縦軸の transfer rate はネットワークスループットを表す。

Ethernet による結果はデータサイズが 250kbit までしか記述していない。これはそれ以上では受信側で画像として再現できなかったためである。

4.4 評価

1. ATM 網上で UDP/IP を用いない場合と用いた場合の比較

図4からは通信データ量が4Mbps程度までは、両者のスループットに大きな差は見られない。しかし通信データ量が4Mbpsを越えるにしたがいUDP/IPを使用しないプログラムは、使用しているものよりも優れたスループットを示していくことが分かる。

図5からは総じてUDP/IPを用いないことで30%程度のスループット改善がなされていることがわかる。

以上の結果からデータ通信量が増大すればするほどUDP/IPを使用しないアプリケー

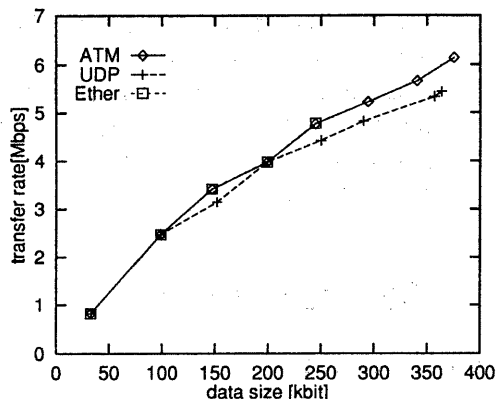


図4: ネットワークスループット
(ビデオボードを使用した場合)

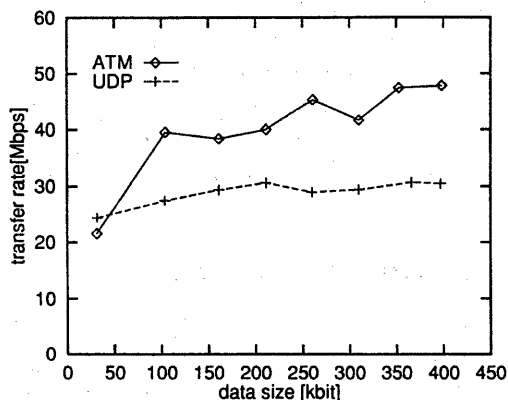


図5: ネットワークスループット
(ビデオボードの負荷を取り除いた場合)

ションは使用するそれより優れたスループットを示すことが分かった。これは、通信データ量が小さいときは全CPU負荷に占めるUDP/IPオーバーヘッドの割合が小さいのに対し、データ量が大きくなるにしたがってその割合が大きくなるためだと考えられる。従って、本提案モデルは大量のデータ通信を行なうアプリケーションに特に有効であると思われる。

2. 同一アプリケーションによる ATM 網と Ethernet の比較

参考に行なった Ethernet は我々の予想と異なり、UDP/IP による通信においては Ethernet でのスループットが ATM のそれを上回る結果となった。この要因としてはネットワークインタフェースドライバの実装の問題が考えられる。

5 今後の発展に向けて

5.1 AAL に関する考察

今回使用した ATM NIC はデータ伝送用である AAL3/4 と AAL5 の機能を内蔵していた。今回は AAL5 により実験を実施したが、本来映像・音声通信を考慮して標準化されたのは AAL1 である。AAL1 は計算機での使用を前提としていないため、画像符号化装置と一体化されている場合が多い。AAL1 を計算機に内蔵されて使用できるようになればマルチメディア通信を強力にサポートできるのではないと思われる。

5.2 映像通信のボトルネック

図4と図5の比較から画像処理を行なうことでスループットが一举に1/8以下に低下をしてしまうことがわかる。主たる原因は画像処理能力の不足だと思われる。これではビデオボードの画像圧縮/伸長能力の飛躍的改善がなされない限り、広帯域伝送路を使用しても映像通信の品質向上は図れないことになる。圧縮技術の発展は日進月歩であるから、今後のビデオボードの性能向上に期待したい。

5.3 マルチキャスト

多地点間のマルチメディア通信を行なう場合、ネットワークがマルチキャストをサポートしていることが不可欠である。しかし、ATMでのマルチキャストはいまだ標準化途中であり、現状で多地点間のマルチメディア通信を行なうためにはVC(Virtual Channel)をPoint-to-Pointでメッシュ状に設定しなければならない。早期の標準化を期待する。

6 今後の予定

本学ではATM技術を用いたコンピュータネットワークの研究・実験を目的として、本学～大阪大学の吹田キャンパス～同豊中キャンパス間にATMスイッチを用いたATM-LANが構築されている。今回は隣接する2端末間での一方方向通信により検証を行なったが、今後は現実的なマルチメディア通信環境を想定して大阪大学との間で双方向通信により実験を行なう予定である。また今回は映像のみの検証であったが、今後は音声にも拡張していく予定である。

7 おわりに

ATM環境においてマルチメディア通信を行なう場合、映像・音声情報などのリアルタイム通信に対して、TCP/IPをもちいないことで通信プロトコルオーバーヘッドを削減するモデルを提案した。モデルの性能を検証するためにATMで接続された2端末間において、UDP/IP使用の有無により2つのアプローチを作成してそれぞれのネットワークスループットを測定した。その結果、UDP/IPを使用しないことでスループットが改善されることが明らかになった。また通信データ量の増加に伴い、改善される割合が大きくなることが明らかになった。

参考文献

- [1] Laubach M., "Classical IP and ARP over ATM", RFC1577, January 1993.
- [2] Partridge C., "Gigabit Networking", ISBN 0-201-56333-9, Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
- [3] 坂本, 桑名: "TCP/IP 上でのマルチメディア通信とその性能", 情処研報 Vol.93, No.58: p59-66, 1993.
- [4] 堀口 健生: "ギガビットネットワークにおけるフロー制御に関する研究", 修士学位論文, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科, 1994