

ATM上のスケーラブルなIPマルチキャスト ルーティングのためのアーキテクチャ

石川 憲洋

NTT情報通信研究所

インターネット上の仮想的なマルチキャスト通信ネットワークである MBone 上で、様々なマルチメディアツールを用いた実験が実施されている。その経験は、IP マルチキャスト通信が、インターネット上でのマルチメディアサービスのための基盤技術であることを示している。一方、ATMは、高速ネットワーキングのための基本技術として、幅広く認められている。インターネット上でのマルチメディアサービスを成功させるためには、ATM上でのIPマルチキャスト通信の実現が非常に重要である。

本稿では、ATM上での大規模なIPマルチキャスト通信のための新しいアーキテクチャを提案する。我々は本アーキテクチャに基づくプロトタイプを開発中である。既存のマルチメディアツール (vic など) が、我々のプロトタイプ上で十分な性能で動作している。

An Architecture for Scalable IP Multicast Routing over ATM Networks

Norihiro Ishikawa

NTT Information and Communication Systems
Laboratories

The various multimedia tools have been tested on MBone, a virtual multicast network on the Internet. The experience shows that IP multicast is a core technology for multimedia services over the Internet. On the other hand, ATM has been widely accepted as the key technology for high speed networking. The solid integration of IP multicast with ATM is essential for the success of multimedia services over the Internet.

In this paper, we propose a new architecture for large scale IP multicasting over ATM networks. We are implementing a prototype system based on our architecture. Existing multimedia tools over the Internet (e.g. vic) are now running over our prototype with acceptable performance.

1 はじめに

インターネット上の仮想的なマルチキャスト通信ネットワークである MBone[1]上で、様々なマルチメディアツールを用いたマルチメディア通信実験が実施されている。その経験は、IP マルチキャスト通信が、インターネット上でのマルチメディアサービスのための基盤技術であることを示している。

しかしながら、イーサネット、ISDN、専用線などの既存のネットワークを使用して構築された現在のインターネットは、マルチメディアサービスの観点からみた場合、狭い帯域幅、サービス品質(QOS)の未保証などの問題点がある。

一方、ATMは、構内網(LAN)から広域網(WAN)まで、シームレスに適用可能で、ユーザからの要求に基づいて、マルチメディア通信に必要なQOSの保証が可能な高速ネットワーク技術として、幅広く認められている。従って、インターネット上でマルチメディアサービスを成功させるためには、ATM上でのIPマルチキャスト通信の実現が非常に重要である。

本稿では、[2]で提案したマルチキャストサーバを利用したATM上のIPマルチキャスト通信方式を拡張して、ATM上のスケーラブルなIPマルチキャストルーティングのための新しいアーキテクチャを提案する。本アーキテクチャにより、ATM LAN、ATM 広域網を含む、ATM 上での大規模なIPマルチキャスト通信が実現可能となる。

2 要求条件

ATM LAN、ATM 広域網を含む、ATM 上での大規模なIPマルチキャスト通信に対する要求条件を以下に示す。

- スケーラビリティ： ローカルで小規模なIPマルチキャスト通信から、広域にまたがる大規模なIPマルチキャスト通信までを効

率的にサポートできること

- ATMの有効利用： ATMが提供する機能で、マルチキャスト通信に適しているポイント・ツー・マルチポイントコネクションを有効に利用できること
- ロバストネス： ATM上のIPマルチキャスト通信に参加しているあるノードで障害が発生した場合でも、IPマルチキャスト通信を継続して実行できること
- 既存アプリケーションのサポート： IPマルチキャスト通信を利用して開発されている様々なマルチメディアツール(vic[3]、vatなど)が、ソースコードを修正することなく動作できるように、IGMP[4]などに基づく既存のIPマルチキャスト通信の実装と、API(例えば、ソケットインタフェース)レベルで互換性があること
- 既存IPマルチキャスト通信ネットワークとの相互接続： MBoneなどの既存IPマルチキャスト通信ネットワークと相互接続できること。そのためには、MBoneで使用されているIPマルチキャストルーティングプロトコルであるDVMRP[5]などとの相互接続が要求される。

3 MRTアーキテクチャ

上記の要求条件を満足する方式として、マルチキャストルーティングツリー(MRT: Multicast Routing Tree)と呼ぶ、ATM上のスケーラブルなIPマルチキャストルーティングのための新しいアーキテクチャを提案する。

3.1では、[2]で提案した、ATM上に構築した論理IPサブネット(以降、この環境をATMLISと呼ぶ)上でのIPマルチキャスト通信方式について述べる。

3.2では、3.1で述べた方式を拡張して定義した、ATM上のスケーラブルなIPマルチキャストルーティングのためのアーキテクチャにつ

いて述べる。

3. 1 ATM LIS 上の IP マルチキャスト通信方式 [2]

ATM LIS 上の IP マルチキャスト通信方式のネットワークモデルを図 1 に示す。

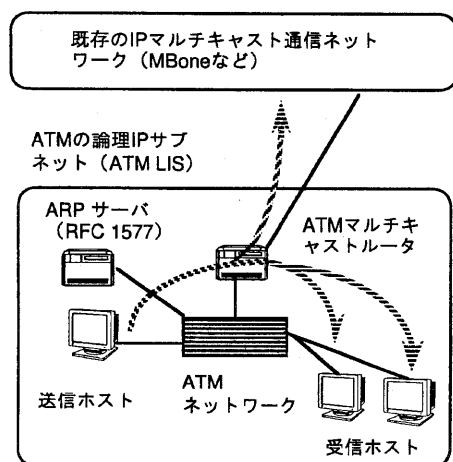


図 1 ATM LIS上のIPマルチキャスト通信方式のモデル

本方式では、RFC 1577[6] で規定している ATM LIS 環境を使用することを前提としている。

ATM UNI としては、ATM の標準インタフェース (ITU-T Q.2931 / ATM Forum UNI 3.1 [7]) で規定しているポイント・ツー・マルチポイントコネクションを含む SVC を使用することを前提としている。

3. 1. 1 プロトコル仕様

ATM LIS 上で IGMP と同じ機能を実現するために、IGMP を拡張して、IGMP-ATM と呼ぶプロトコルを設計した。IGMP-ATM のアーキテクチャ上の位置付けは、IGMP[4] と同じである。IGMP-ATM で定義しているメッセージとそのパラメタを表 1 に示す。

Host Membership Join メッセージは、受信ホストの正当性を確認するための認証パラメタをオプションとして追加していることを除いて、

IGMP の Host Membership Report メッセージと同じ機能を提供する。Join Ack メッセージ、Join Nak メッセージは、本プロトコルで新たに定義した。IGMP の Host Membership Query メッセージは使用していない。

表 1 IGMP-ATM のメッセージ

メッセージ	パラメタ
Host Membership Join	グループアドレス、認証
Join Ack	グループアドレス
Join Nak	グループアドレス、理由
Host Membership Leave	グループアドレス

3. 1. 2 方式概要

送信ホストは、ATM マルチキャストルータとの間でデータ転送用 VCC を設定し、その VCC を使用してマルチキャスト IP データグラムを送信する。即ち、マルチキャスト IP データグラムの送信手順は、宛先 IP アドレスがホストグループを識別するクラス D アドレスであることを除いて、ユニキャスト IP データグラムの送信手順と同じである。

ATM マルチキャストルータでは、マルチキャスト IP データグラムの宛先 IP アドレス（即ち、ホストグループを識別するクラス D の IP アドレス）と、その宛先 IP アドレスを持つマルチキャスト IP データグラムを受信ホストに送信するためのデータ転送用 VCC（即ち、ATM のポイント・ツー・マルチポイントコネクション）を 1 対 1 に対応付けて管理している。

マルチキャスト IP データグラムの受信開始を要求する受信ホストは、ATM マルチキャストルータに Host Membership Join メッセージを送信する。Host Membership Join メッセージを受信した ATM マルチキャストルータは、ATM の ADD PARTY 手順を使用して、受信ホストをデータ転送用 VCC のリーフとして追加する。

マルチキャスト IP データグラムの受信終了を要求する受信ホストは、ATM マルチキャストル

ータに Host Membership Leave メッセージを送信する。Host Membership Leave メッセージを受信した ATM マルチキャストルータは、ATM の DROP PARTY 手順を使用して、データ転送用 VCC から、受信ホストへのリーフを削除する。

ATM マルチキャストルータは、送信ホストから受信したマルチキャスト IP データグラムを、その宛先 IP アドレスを持つマルチキャスト IP データグラムをルーティングするために設定したデータ転送用 VCC を使用して、受信ホストにルーティングする。同時に、受信したマルチキャスト IP データグラムを、既存の IP マルチキャスト通信ネットワーク (MBone など) にルーティングすることも可能である。

3.2 ATM 上の IP マルチキャストルーティング方式

3.2.1 モデル

提案するアーキテクチャのネットワークモデルを図2に示す。

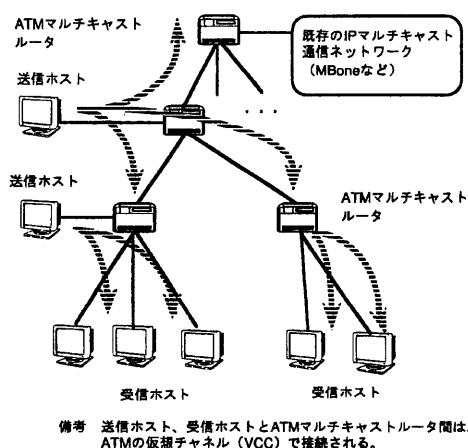


図2 ATM上のIPマルチキャストルーティングのモデル

図2に示すように、このアーキテクチャは、3.1で述べた ATM LIS 上の IP マルチキャスト通信方式の拡張であり、ATM マルチキャストルータ間が木構造で接続される構成を採用している。

木構造を構成する ATM マルチキャストルータ間には上下関係がある（それぞれ、親ルータ、子ルータと呼ぶ）。最上位の ATM マルチキャストルータは、子ルータのみを持つ。最下位の ATM マルチキャストルータは、親ルータのみを持つ。中間の ATM マルチキャストルータは、親ルータと子ルータの両方を持つ。

送信ホストは、任意のレベルの ATM マルチキャストルータと接続し、マルチキャスト IP データグラムを送信することができる。受信ホストは、通常、最下位の ATM マルチキャストルータと接続し、マルチキャスト IP データグラムを受信する。ATM マルチキャストルータと送信ホスト、受信ホストとの間には、ATM VCC で接続される。ATM マルチキャストルータは、アーキテクチャ上、子ルータと受信ホストを区別する必要はなく、ATM の有効利用のために、通常、ATM ポイント・ツー・マルチポイントコネクションを利用して、子ルータ及び受信ホストと接続する。

マルチキャスト IP データグラムの宛先 IP アドレスで識別されるホストグループ毎に、マルチキャストルーティングツリー (MRT) が定義される。特定のルータが各 MRT のルートとして指定される。会社内のネットワークの例で考えると、最上位のルータは全社レベルのルータ、最下位のルータはオフィスレベルのルータと考えることができる。全社レベルのルータがルートとして指定された場合は、全社レベルのマルチキャストルーティングが実現できる。オフィスレベルのルータがルートとして指定された場合は、オフィスレベルのマルチキャストルーティングが実現できる。このように、木構造のルーティングモデルを採用することにより、階層的かつスケーラブルな IP マルチキャストルーティングが実現できる。

3.2.2 プロトコル仕様

3.1.1で述べた IGMP-ATM のメッセージを、ATM 上の IP マルチキャストルーティングにおいても変更することなく使用する。言い換えると、IGMP-ATM のメッセージは、受信ホストー

ATM マルチキャストルータ間及び ATM マルチキャストルータ—ATM マルチキャストルータ間の通信にシームレスに適用される。

3. 2. 3 方式概要

提案する ATM 上の IP マルチキャストルーティング方式を、送信ホスト、受信ホスト、ATM マルチキャストルータのそれぞれの観点から述べる。

3. 2. 3. 1 送信ホストの動作

送信ホストは、マルチキャスト IP データグラムを、その宛先 IP アドレスで識別されるホストグループに対して定義された MRT のルートに送信する。

送信ホストが、ルートとの間で、直接、データ転送用 VCC を設定できる場合は、3. 1. 2 で述べた手順に従い、マルチキャスト IP データグラムをルートに送信する。

送信ホストが、ルートとの間で、直接、データ転送用 VCC を設定できない場合は、マルチキャスト IP データグラムを、宛先 IP アドレスにルートの IP アドレスを設定したユニキャスト IP データグラムとして送信する。この場合、マルチキャスト IP データグラムの宛先 IP アドレスは、ルーズソースルートオプションを使用して設定される。即ち、マルチキャスト IP データグラムは、ルートまでユニキャスト IP データグラムとしてルーティングされ、ルートでマルチキャスト IP データグラムに展開される。

3. 2. 3. 2 受信ホストの動作

受信ホストの動作は、3. 1. 2 で述べた、ATM LIS 上の IP マルチキャスト通信方式の場合の受信ホストの動作と同じである。

3. 2. 3. 3 ATM マルチキャストルータの動作

ATM マルチキャストルータが MRT のルートの場合の動作は、3. 1. 2 で述べた ATM LIS

上の IP マルチキャスト通信方式における ATM マルチキャストルータの動作と同じである。以下では、ATM マルチキャストルータが MRT のルートでない場合の動作について述べる。

受信ホスト又は子ルータから Host Membership Join メッセージを受信した ATM マルチキャストルータの動作は、以下の通りである。

- (1) データ転送用 VCC を未設定で、親ルータに対して Host Membership Join メッセージを未送信の場合は、親ルータに対して Host Membership Join メッセージを送信して、その応答を待つ。その後、親ルータから Join Ack メッセージを受信した場合は、受信ホスト又は子ルータとの間にデータ転送用 VCC を設定する。
- (2) データ転送用 VCC を未設定で、親ルータに対して Host Membership Join メッセージを送信済みの場合は、その応答を待つ。
- (3) データ転送用 VCC を設定済みの場合は、ATM の ADD PARTY 手順を使用して、受信ホスト又は子ルータをデータ転送用 VCC のリーフとして追加する。

このように、Host Membership Join メッセージは、受信ホストから MRT のルートまで、順次伝播される。

受信ホスト又は子ルータから Host Membership Leave メッセージを受信した ATM マルチキャストルータの動作は、以下の通りである。

- (1) ATM の DROP PARTY 手順を使用して、データ転送用 VCC から、受信ホスト又は子ルータへのリーフを削除する。
- (2) 結果として、受信ホスト又は子ルータへのリーフがゼロになり、データ転送用 VCC が解放された場合は、親ルータに対して Host Membership Leave メッセージを送信する。

このように、Host Membership Leave メッセージ

ジは、受信ホストから MRT のルートまで、順次伝播される。

ATM マルチキャストルータは、送信ホスト又は親ルータから受信したマルチキャスト IP データグラムを、その宛先 IP アドレスを持つマルチキャスト IP データグラムをルーティングするために設定したデータ転送用 VCC を使用して、受信ホスト又は子ルータにルーティングする。データ転送用 VCC を未設定の場合は、受信したマルチキャスト IP データグラムを廃棄する。

ATM 上の IP マルチキャストルーティング方式のシナリオを図 3 に示す。このシナリオでは、送信ホスト A が、ホストグループに対して定義された MRT のルートである ATM マルチキャストルータ B を介して、受信ホスト C、D に対して、マルチキャスト IP データグラムを送信している。

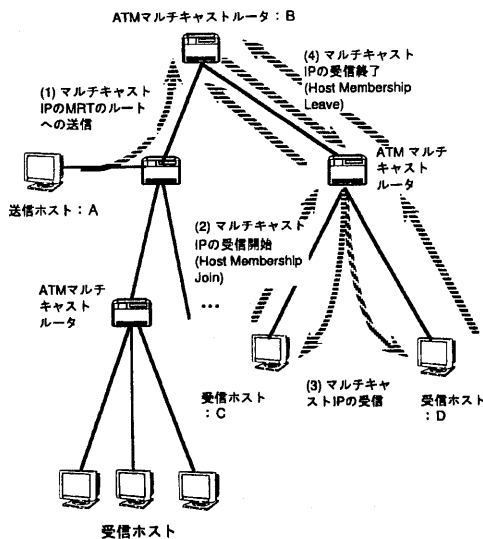


図 3 ATM上のIPマルチキャストルーティング方式のシナリオ

4 まとめ

ATM LAN、ATM 広域網を含む、ATM 上での大規模な IP マルチキャスト通信に適用可能な、ATM 上のスケーラブルな IP マルチキャストルーティングのための新しいアーキテクチャについて述べた。

我々は、本アーキテクチャに基づくプロトタイプを、WS (Sun SPARCstation 20/SunOS4.1.4) 上で、OS のカーネルを改造して開発中である。プロトタイプの基本部分の開発は完了しており、ATM 交換機 (FORE ASX-200) との組み合わせで、vic[3] などの IP マルチキャストを利用したマルチメディアツールが、ソースコードを修正することなく、我々のプロトタイプ上で十分な性能 (24 ビットフルカラーで、毎秒 10 フレーム以上、2Mbps 以上) で動作することを確認している。

WS 上での実装の詳細、性能評価、既存 IP マルチキャスト通信ネットワークとの接続方法などについては、別途報告する予定である。また、ATM 上の QOS 制御方式などについても研究を進める予定である。

謝辞

WS での実装に協力して頂いた(株)オプトピアの逢坂好男氏に感謝します。

参考文献

- [1] V. Kumar: Mbone: Interactive Multimedia on the Internet, New Riders Publishing, 1996.
- [2] 石川: マルチキャストサーバ方式による ATM 上の IP マルチキャスト通信, 情報処理学会研究報告 96-DSP-74, Jan. 1996.
- [3] S. McCanne and V. Jacobson: vic: A Flexible Framework for Packet Video, ACM Multimedia '95, Nov. 1995.
- [4] S. Deering: Host Extensions for IP Multicasting, RFC 1112, Aug. 1989.
- [5] D. Waitzman, C. Partridge and S. Deering: Distance Vector Multicast Routing Protocol, RFC 1075, Nov. 1988.
- [6] M. Laubach: Classical IP and ARP over ATM, RFC 1577, Jan. 1994.
- [7] ATM Forum: ATM User Network Interface (UNI) Specification Version 3.1, June 1995.