

## 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

石川 憲洋

NTT情報通信研究所

IPマルチキャスト通信プロトコル (IGMP) は、主として、イーサネットなどの既存ネットワークのために設計されているため、ATMネットワーク上では効率的に動作できない。

本稿では、IGMPをATMネットワークのために拡張し、マルチキャストサーバを利用した、ATMの標準インタフェース (ITU-T Q.2931 / The ATM Forum UNI 3.1) 上でのIPマルチキャスト通信方式を提案する。我々は本プロトコルをSUNワークステーション (SunOS 4.1.3) 上で実装中である。基本的な部分の実装を完了し、既存のマルチメディアアプリケーション (vic, vat など) が、我々の実装上で修正することなく動作している。

## IP Multicast over ATM networks using Multicast Servers

Norihiro Ishikawa

NTT Information and Communication Systems  
Laboratories

Since the IP multicast protocol (IGMP) was mainly designed for existing networks (e.g. Ethernet), it can not work over ATM networks efficiently.

In this paper, we propose IP multicast over ATM UNI (ITU-T Q.2931 / The ATM Forum UNI 3.1) using multicast servers, by extending IGMP for ATM networks. We are now implementing this protocol on the SUN workstation (SunOS 4.1.3). The preliminary version of our implementation was completed, and existing multimedia applications (e.g. vic, vat) are running over our implementation without modifying them.

## 1 はじめに

IP マルチキャスト通信プロトコル (IGMP) [1] と、それに基づくインターネット上での仮想的なマルチキャスト通信ネットワークである MBone の普及により、インターネット上でのマルチキャスト通信のための基盤が確立されつつある。

IP マルチキャスト通信を利用した放送型、会議型のマルチメディアアプリケーションが開発され、これらのアプリケーションを利用したインターネット(MBone)上でのマルチメディア通信実験が実施されている。代表的なマルチメディアアプリケーションとしては、ビデオ会議システムである ivs、vic [2]、オーディオ会議システムである vat などがある。

しかしながら、これらの IP マルチキャスト通信のためのプロトコルとネットワークは、既存のネットワーク (イーサネット、専用線など) を使用することを前提として設計されているため、マルチメディア通信に必要なサービス品質 (QOS) を保証することが困難である。

一方、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広帯域ネットワークとして、ATM が幅広い注目を集めている。

本稿では、IGMP を ATM ネットワークのために拡張し、マルチキャストサーバを利用した、ATM の標準インタフェース (ITU-T Q.2931 / The ATM Forum UNI 3.1 [3]) 上での IP マルチキャスト通信方式を提案する。また、本方式のワークステーション上での実装状況についても報告する。

## 2 要求条件

ATM 及び ATM 上のコンピュータ通信の標準化状況を踏まえて、ATM 上の IP マルチキャスト通信に対する要求条件を以下の通りとした。

- (1) 既存の IP マルチキャスト通信ネットワーク (MBone など) と接続可能とするために、IP マルチキャスト通信の基本仕様である IGMP、IP マルチキャストルーティングプロトコルである DVMRP[4] などと整合性があり、これらのプロトコルを実装しているホスト、ルータと接続可能なこと
- (2) IP マルチキャスト通信を利用した既存のアプリケーションが動作できるように、IP サービスインタフェースレベルで、RFC 1112 と互換性があること
- (3) コネクション型のネットワークである ATM 上で、IP マルチキャスト通信を効率的に実現するために、ATM が提供するポイント・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
- (4) IP over ATM に関する仕様である RFC 1577 [5] などと整合性があり、必要に応じてこれらのプロトコルを利用できること

上記の要求条件を満足する方式として、本稿では、IGMP を ATM ネットワークのために拡張し、マルチキャストサーバを利用した、ATM の標準インタフェース上での IP マルチキャスト通信方式を提案する。

## 3 ATM のポイント・ツー・マルチポイントコネクションの概要

ATM が提供するポイント・ツー・マルチポイントコネクションの概要について述べる。[3] 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には以下の制約がある。

- ・ルートだけが、仮想チャネルコネクション (VCC) の設定を実行できる。
- ・ATM セルの転送は、ルートからリーフへの、1方向のみ可能である。

従って、ATM上のIPマルチキャスト通信方式は、この制約を前提として設計する必要がある。ポイント・ツー・マルチポイント接続の設定、解放手順は以下の通りである（図1）。

- (1) ルートからリーフへの最初の VCC は、ポイント・ツー・ポイント接続と同様に、SET UP/CONNECTメッセージを使用して設定する。
- (2) 以降、ルートは、いつでも、ADD PARTY/ADD PARTY RESPONSEメッセージを使用して、新しいリーフを追加することができる。
- (3) ルート又はリーフは、いつでも、DROP PARTY/DROP PARTY RESPONSEメッセージを使用して、リーフを削除することができる。

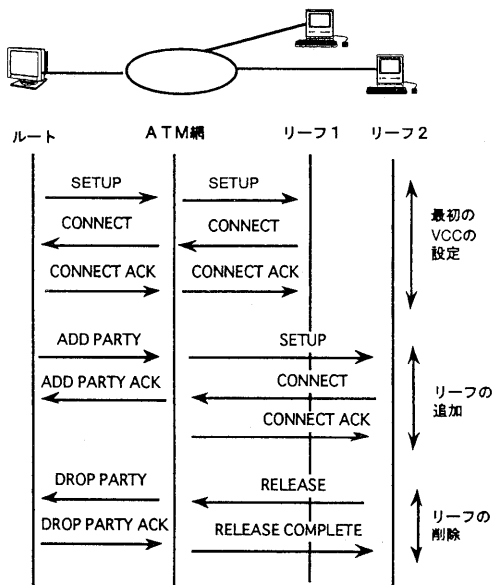


図1 ATMのポイント・ツー・マルチポイント接続の設定、解放手順

#### 4 ATM上のIPマルチキャスト通信方式

##### 4.1 モデル

提案するATM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2に示す。

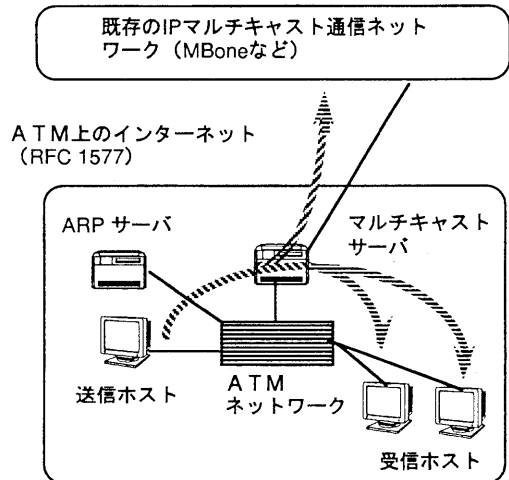


図2 ネットワークモデル

ATM上でのコンピュータ通信環境としては、RFC 1577 [5] で規定しているARPサーバを使用するネットワーク環境を前提とする。

送信ホストは、マルチキャストサーバに対して、マルチキャストIPデータグラムを送信する。マルチキャストサーバは、ATMのポイント・ツー・マルチポイント接続を使用して、受信したマルチキャストIPデータグラムを受信ホストに分配する。マルチキャストサーバが、マルチキャストIPデータグラムのルーティング機能を持つことにより、既存のIPマルチキャスト通信ネットワークとの接続が可能である。

本方式のホスト及びマルチキャストサーバ上での実装モデルを図3に示す。このモデルは説明のためのものであり、実際の実装を制約するものではない。

ATMのUNIとしては、[3]で規定しているポイント・ツー・マルチポイント接続を含むSVCを使用することを前提とする。ATM上でのIPカプセル化については、RFC 1483 [6]で規定しているLLCカプセル化方式を使用する。IGMP-ATMは、IGMPと同じ機能をATM上で実現するために、IGMPを拡張して設計したプロトコルである。

IGMP-ATM のアーキテクチャ上での位置付けは、IGMPと同じである。

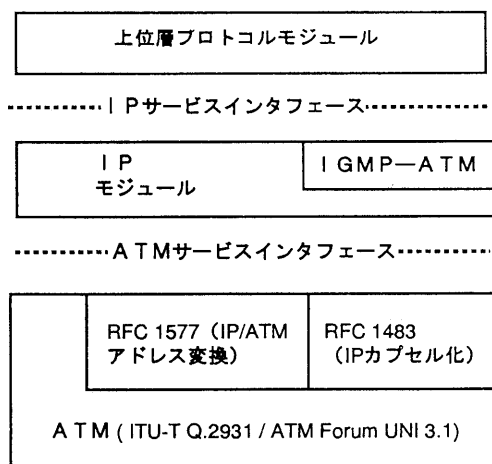


図 3 実装モデル

#### 4. 2 方式概要

提案するATM上のIPマルチキャスト通信方式を、送信ホスト、受信ホスト、マルチキャストサーバのそれぞれの観点から述べる(図4)。

##### 4. 2. 1 送信ホストの動作

マルチキャストIPデータグラムの送信要求を受けた送信ホストのIPモジュールは、以下の手順で、マルチキャストIPデータグラムを送信する。

- (1) RFC 1577 に準拠して、ARPサーバにアクセスして、マルチキャストサーバのIPアドレスからATMアドレスを導出する。
- (2) 導出したマルチキャストサーバのATMアドレスを使用して、送信ホストとマルチキャストサーバとの間で、データ転送用VCCを設定する。
- (3) データ転送用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。

上記の手順から分かるように、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。

##### 4. 2. 2 受信ホストの動作

受信ホストの上位層プロトコルモジュールから見た場合、マルチキャストIPデータグラムの受信手順は、ユニキャストIPデータグラムの場合と同じである。

しかしながら、マルチキャストIPデータグラムを受信する前に、上位層プロトコルモジュールは、そのホストグループに参加することを、IPモジュールに通知する必要がある。同様に、マルチキャストIPデータグラムの受信終了後に、そのホストグループから離脱することを通知する必要がある。

IPサービスインタフェースレベルでRFC 1112と互換性を保持するために、本方式では、上記の目的を実現するために、RFC 1112で規定している以下の2つのオペレーションを変更することなく使用する。

- ・JoinHostGroup (group-address, ATM interface)
- ・LeaveHostGroup (group-address, ATM interface)

JoinHostGroup要求を受けた受信ホストのIPモジュールの動作は、以下の通りである。

- (1) RFC 1577 に準拠して、ARPサーバにアクセスして、マルチキャストサーバのIPアドレスからATMアドレスを導出する。
- (2) 導出したマルチキャストサーバのATMアドレスを使用して、受信ホストとマルチキャストサーバとの間で、制御用VCCを設定する。
- (3) 制御用VCCを使用して、IGMP-ATMのHost Membership Joinメッセージを送信する。

LeaveHostGroup要求を受けた受信ホストのIPモジュールの動作は、以下の通りである。

- (1) 受信ホストとマルチキャストサーバとの間で設定した制御用 VCC を使用して、IGMP-ATM の Host Membership Leave メッセージを送信する。

#### 4. 2. 3 マルチキャストサーバの動作

マルチキャストサーバでは、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 に対応付けて管理する。

受信ホストから Host Membership Join メッセージを受信したマルチキャストサーバの動作は、以下の通りである。

- (1) 受信ホストが参加することを要求するホストグループ宛てのデータグラムを送信するためのデータ転送用 VCC が存在するか否かを確認する。
- (2) 存在する場合は、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。存在しない場合は、受信ホストとの間で、ATM の SETUP 手順を使用して、新たにデータ転送用 VCC を設定する。

送信ホストからマルチキャスト IP データグラムを受信したマルチキャストサーバの IP モジュールの動作は、以下の通りである。

- (1) 受信したマルチキャスト 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 が存在するか否かを確認する。
- (2) 存在する場合は、そのデータ転送用 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。存在しない場合は、受信したマルチキャスト IP データグラムを廃棄する。

受信ホストから Host Membership Leave メッセージを受信したマルチキャストサーバの動作は、以下の通りである。

- (1) ATM の DROP PARTY 手順を使用して、受信ホストが離脱することを要求するホストグループ宛てのデータグラムを送信するためのデータ転送用 VCC から、受信ホストへのリーフを削除する。

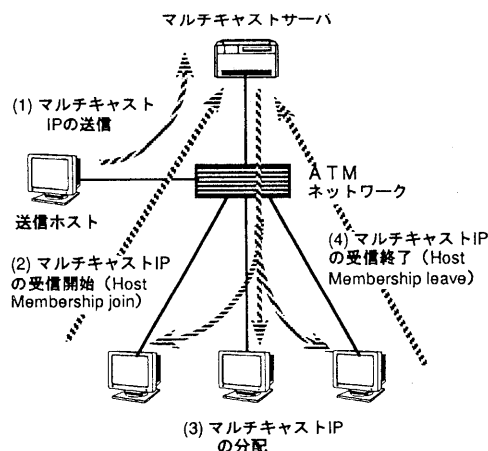


図 4 方式概要

#### 4. 3 プロトコル仕様 (IGMP-ATM)

IGMP-ATM で定義しているメッセージとそのパラメータを表 1 に示す。

表 1 IGMP-ATM のメッセージ

メッセージ	パラメータ
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

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をオプションパラメータ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、Host Membership Leave 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。

## 5 ワークステーション上での実装

下記の環境のもとで、OS のカーネルを改造して、提案した ATM 上の IP マルチキャスト通信方式の実装を進めている。

- ・ワークステーション：SUN
- OS：SunOS 4.1.3
- ATM SBus Adaptor：SBA-200
- ・ATM 交換機：FORE ASX-200

OS のカーネル上で、送信ホスト、受信ホスト、マルチキャストサーバの機能を同時に実装しているので、1 台のマシンを、同時に、送信ホスト、受信ホスト、マルチキャストサーバとして動作させることも可能である。

また、マルチキャストルータ上で、マルチキャスト IP データグラムのルーティング機能を持つ Mouted をデーモンとして起動し、それと連動させることにより、既存の IP マルチキャスト通信ネットワークと接続できることを確認している。

現在までに、実装の基本的な部分は完了し、既存の IP マルチキャスト通信に対応したマルチメディアアプリケーション (vic, vat など) が、我々の実装上で、修正することなくオブジェクトのまま動作できることを確認している。

我々の実装の主な課題は、以下の通りである。

- (1) マルチキャストサーバから受信ホストへのデータ転送用 VCC として、ポイント・ツー・マルチポイントコネクションではなく、複数本のポイント・ツー・ポイントコネクションを使用していること
- (2) ATM インタフェースとして、The ATM Forum UNI 3.0 を使用していること

これらの課題は、主に使用している ATM 交換機の機能的な制約に起因するものであり、ATM 交換機のソフトウェアのバージョンアップを待つて、対応する予定である。

## 6 まとめ

マルチキャストサーバを利用した ATM 上のマルチキャスト通信方式とそのワークステーション上での実装について述べた。今後は、ワークステーション上での実装のブラッシュアップとその評価を行うとともに、ATM 上の IP マルチキャストルーティング方式、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

ワークステーション上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] S. Deering: Host Extensions for IP Multicasting, RFC 1112, Aug. 1989.
- [2] S. McCanne and V. Jacobson: vic: A Flexible Framework for Packet Video, ACM Multimedia '95, Nov. 1995.
- [3] ATM Forum: ATM User Network Interface (UNI) Specification Version 3.1, June 1995.
- [4] D. Waitzman, C. Partridge and S. Deering: Distance Vector Multicast Routing Protocol, RFC 1075, Nov. 1988.
- [5] M. Laubach: Classical IP and ARP over ATM, RFC 1577, Jan. 1994.
- [6] J. Heinanen: Multiprotocol Encapsulation over ATM AAL 5, RFC 1483, July. 1993.