

IP のための ATM シグナリングプロトコル IP-SVC

藤川 賢治[†] 石橋 勇人^{††} 岡部 寿男^{††} 池田 克夫[†]

[†] 京都大学工学部情報工学教室

^{††} 京都大学大型計算機センター

IP プロトコルを実装することを目的とした新しい ATM シグナリングプロトコル **IP-SVC** を提案する。IP-SVC は、シグナリングの範囲を IP サブネットに限定しており、シグナリングは IP を用いて行われる。この制限により IP-SVC は単純な構造となっている。IP-SVC を用いることで、ARP や IP マルチキャストの機構を、サーバを必要とせず、容易に実現できる。IP over ATM として Conventional Model を採用し、RSVP を用いて資源予約を行う際のシグナリングに関しても述べる。

IP-SVC: An ATM Signaling Protocol for IP

FUJIKAWA Kenji[†] ISHIBASHI Hayato^{††} OKABE Yasuo^{††} IKEDA Katsuo[†]

[†] Department of Information Science, Kyoto University

^{††} Data Processing Center, Kyoto University

We propose **IP-SVC** that is a new ATM signaling protocol for implementing IP protocols. IP-SVC restricts the region of signalings to an IP subnet and uses IP for signalings. This restriction makes the IP-SVC structure simple. IP-SVC provides ease implementation of the mechanism of ARP and IP multicast without any servers. We adapt the Conventional Model as IP over ATM, and describe signalings when RSVP is used as a resource reservation protocol.

1 はじめに

インターネット上で動画などの伝送を行なう高帯域を必要とするアプリケーションがさかんに開発されてきている。これらのアプリケーションは、主に会議システムなどに利用されるため、ネットワークが IP マルチキャストの機能を持つことは必要不可欠である。

このようなアプリケーションを使用するための、高帯域かつ QoS を保証できるネットワーク技術として、ATM (Asynchronous Transfer Mode: 非同期転送方式) が注目されている。インターネットを ATM ネットワーク上に構築する手法としては、Classical Model[1] や NHRP [2] が提案されており、これらのモデル上で IP マルチキャストを行う手法として MARS [3] が提案されている。

IP プロトコルは、LAN を構築する場合には、イーサネットなどのデータリンク層がブロードキャスト・マルチキャストが利用可能ネットワークと元来親和性がよく、ATM ネットワークなどの NBMA (Non Broadcast Multiple Access) 型のネットワークにおいては、いくつかの問題がある。本稿では、サーバが必要になるという問題と IP マルチキャストをどのように実装するかという問題に焦点をあてる。

Classical Model では LIS (Logical IP subnet) 内に ARP サーバが、NHRP [2] でもやはり LIS 内に NHRP サーバが必要である。さらにこれらのモデルの上で、MARS[3] による IP マルチキャストを行なうには、MARS サーバが必要である。これらのサーバを必要とするモデルでは耐障害性に

問題がある。

サーバが必要になるという問題は、VC の確立に UNI 3.1 [4] などを用いることに起因している。そこで、IP プロトコルをネットワーク層に実装することを目的とした ATM シグナリングプロトコルを新しく提案し、これを IP によるシグナリングと PVC のインタフェースとを用いて実現する手法について述べる。IP-SVC では、シグナリングの範囲を IP サブネット内に限定することで、シグナリングを単純なものにしている。IP-SVC を使用することで、ATM ネットワーク上で、IP マルチキャストを含め、現在のインターネットを枠組みをほとんど変更せずに構築することが可能となる。また IP over ATM のモデルとしては Conventional Model [5] を採用し、RSVP[6] を利用する方法についても述べる。

2 Classical Model, NHRP, MARS における問題

Conventional Model, NHRP, MARS でサーバが必要になってしまう理由は、UNI 3.1 などのシグナリングを利用することにあると考えている。これらの手法では ATM シグナリングをネットワーク層のプロトコルとして扱い、IP プロトコルをどのように UNI 3.1 などのシグナリングに対応させるかということが考えられている。サーバが必要であるため、耐障害性に問題がある。

さらに、NHRP, MARS では、ルーティングの機構を UNI 3.1 などに委ねた結果、これまでのインターネットでは起きなかった問題が発生している。このような問題としては、NHRP では防火壁が構築できない、MARS ではマルチキャストパケットがループしてしまうといったものがあげられる。

インターネットとは本来、複数の IP サブネットをルータで接続して構成したネットワークである。ここで、それぞれの IP サブネットは異なるデータリンク層上に構築されてもよい。

上記のような問題は、ATM ネットワークをネットワーク層の技術として捉え、それに IP プロトコルを対応させようとしたことにあると考えられる。我々は、ATM ネットワークをデータリンク層の技術として扱い、IP 向きの ATM シグナリングプロトコルを新たに開発し、その上で IP プロトコルを実装することによって上記の問題が解決できると考えている。

3 IP-SVC の概要

ネットワーク層として IP プロトコルのようにブロードキャスト・マルチキャストを前提としたプロトコルを実装することを考慮した ATM シグナリングプロトコルとして、IP-SVC を提案する。IP-SVC は次のような特徴をもつ。

- IP サブネットの中でのみ有効な単純なシグナリングプロトコル。
- VC を soft state で確立する。
- ATM スイッチのセルスイッチングの機能には変更を加えない。
- IP ユニキャスト、IP マルチキャストの実装を容易にする。
- ARP サーバ、マルチキャストサーバなどのサーバを必要としない。
- IP サブネット内の IP マルチキャストには、送信ホストごとに point-to-multipoint VC を用意する。

3.1 IP-SVC が想定する環境

IP-SVC では次のようなネットワークを仮定する。

- IP サブネットは小さい (ホスト数は最大で 200、ATM スイッチ数は最大で 20 程度)。
- ATM スイッチ、ホストは、IP サブネット境界を超える ATM スイッチに対してはシグナリングを行わない。
すなわち IP サブネットが異なるホスト間の通信はルータを介すことになる。

シグナリングの範囲を IP サブネット内に限定することで、シグナリングを単純なものにすることができる。

なお上記の仮定では、IP サブネットが異なるホスト間の通信はルータを介すことになり、end-to-end の VC を使用する通信が一見不可能であるかのようにみえる。しかし、IP over ATM として Conventional Model を用いることで、IP サブネット境界を超える end-to-end の VC を使用することができる。

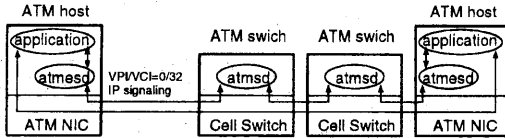


図 1: IP-SVC システム

3.2 IP-SVC システム

IP-SVC では、ATM シグナリングは、開発を容易に行うことができるように、UDP/IP パケットを用いて行うことにした。

シグナリングのための IP パケットを処理するデーモンとして、二つのデーモンを用意する (図 1)

- atmsd (ATM Switch Daemon)
atmsd は ATM スイッチを管理するためのデーモンである。他の atmsd や次に述べる atmesd とシグナリングを行い、VC の VPI/VCI の値を決定し、PVC のインタフェースを用いて ATM スイッチを設定する。
- atmesd (ATM End System Daemon)
atmesd は、ATM ホスト (ワークステーション)、MPEG CODEC などのを管理するためのデーモンである。atmsd とシグナリングを行い、PVC のインタフェースを用いてこれらの ATM エンドシステムの VC を設定する。

これらのデーモンは、あらかじめ定められている VPI/VCI 値、および IP アドレス (クラス D) を用いて互いに通信しあう。

3.3 IP-SVC シグナリングプロトコル

VC 設定を soft state とするため、VC 設定のための UDP パケットは定期的に送られ、一定期間そのパケットが受信されなくなった場合には、関連する VC を削除するなどの操作が行われる。

IP-SVC で使用するシグナリングを以下に示す。

1. JOIN

ATM ホストが、ある IP アドレスに対して送られてきたデータを受信することを接続されている ATM スイッチに対して通知するシグナルである。この IP アドレスは、マルチキャストアドレスであってもよい。

2. VC REQUEST

ATM ホストが、サブネット内の IP アドレス、もしくはマルチキャストアドレスに対してデータを送信したいことを接続されている ATM スイッチに対して通知するシグナルである。このシグナルには、VCID と呼ぶ、VC REQUEST を行う ATM ホストにおいて決定される VC の識別子が含まれる。VC REQUEST の結果として、VC NOTIFY シグナルが発生する。

3. VC NOTIFY

ATM スイッチから他の ATM スイッチに対して、もしくは ATM ホストに対して、ある IP アドレスに対応する VC の VPI/VCI を通知するシグナルである。この VC と IP アドレスとを対応させることで、コネクションを確立する。

4. ROUTE

IP サブネット内の ATM スイッチの接続状況、ある ATM スイッチに接続されている ATM ホストがどのアドレスに JOIN しているかを通知するシグナルである。ROUTE シグナルにより、サブネット内のすべての ATM スイッチが、なんらかのアドレスに JOIN している ATM ホストへの経路を知る。

IP-SVC では、VC REQUEST が ARP の要求、VC NOTIFY が ARP の返答にあたる。また JOIN と ROUTE により、JOIN の状況が各 ATM スイッチに伝えられる。これらの機能は、ユニキャスト、マルチキャスト区別なくほとんど同様の手順で実行される。

ユニキャスト、マルチキャストいずれの場合にも、送信ホストが互いに異なる VCID を用いて VC REQUEST を行えば、一つの IP アドレスに対して、複数の VC を使用することができる。これにより、アプリケーションごとに異なった VC を使用するといったことが可能になる。

4 IP-SVC を用いた LAN

4.1 IP ユニキャスト設定

IP ユニキャストの場合の設定例を図 2 に示す。

1. ホスト A が自身の IP アドレスを指定して、JOIN シグナルをスイッチ a に対して送る。

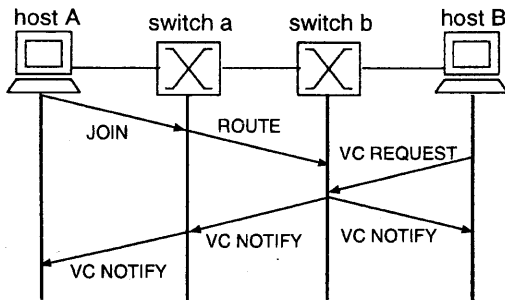


図 2: IP ユニキャスト設定

この時点では VC は確立されない。

2. ROUTE シグナルにより、IP サブネット内のすべての ATM スイッチが、スイッチ a にホスト A の IP アドレスを受け取るホストが接続されていることを知る。
3. スイッチ b に接続されているホスト B がホスト A の IP アドレスを問い合わせる VC REQUEST シグナルを送る。
4. スイッチ b では、ホスト B からスイッチ a への VC の設定が行なわれ、ホスト B およびスイッチ a に対して VC NOTIFY シグナルが送られる。VC NOTIFY のシグナルはさらに、スイッチ a からホスト A へと送られる。
5. 各スイッチおよびホストは、受け取った VC NOTIFY シグナルをもとに VC を設定する。

4.2 IP マルチキャスト設定

次に IP マルチキャストの設定例を図 3 に示す。あるマルチキャストアドレスに送信を行うホストが複数存在する場合には、その送信ホストごとに point-to-multipoint VC が確立される。図は送信ホストが一つである場合である。

1. 図でホスト B, C が、あるマルチキャストアドレス M に対して JOIN するには、そのマルチキャストアドレスを指定して JOIN シグナルを、それぞれが接続されているスイッチに対して送る。
2. ROUTE シグナルによって、スイッチ a は、スイッチ b, c に接続されているホストがそのマルチキャストアドレス M に JOIN していることを知る。このときスイッチ b, c はマルチ

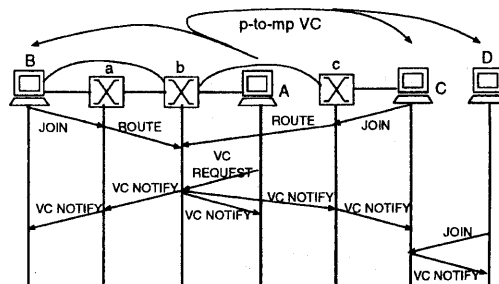


図 3: IP マルチキャストの設定

キャストアドレス M に実際にどのホストが JOIN しているかという情報は与えられない。

3. ホスト A がマルチキャストアドレス M に対してメッセージを送信するための VC を確立するためには、マルチキャストアドレス M を指定して VC REQUEST シグナルをスイッチ a に対して送る。
4. スイッチ a では、ホスト A からスイッチ b, c への point-to-multipoint VC が設定され、各スイッチに対して VC NOTIFY シグナルが送られる。スイッチ b, c では VC の設定を行い、それぞれホスト B, C に対して VC NOTIFY シグナルを送る。ホスト A では送信専用の VC の設定が、ホスト B, C では受信専用の VC の設定が、それぞれに送られてきた VC NOTIFY シグナルを基に行われる。
5. その後、新たにスイッチ C に接続されているホスト D がマルチキャストアドレス M に JOIN してきた場合には、即座に VC NOTIFY シグナルが返され、VC が設定される。

VC の確立に UNI 3.1 を利用して IP マルチキャストを実装するには、point-to-multipoint VC は送信者主導で行わなければならないため、送信ホストがすべての受信ホストを知る必要がある。また UNI 4.0 には受信者主導のシグナリングが存在するが、この場合でも受信ホストがすべての送信ホストを知る必要がある。

一方 IP-SVC では、送信ホストはどのホストが受信しているかを知る必要がなく、同様に受信ホストはどのホストが送信しているかを知る必要がない。また受信、送信ホストともに、いつの時点からでも、受信、送信が可能である。この特徴は、現在の IP マルチキャストと同じであり、IP マルチ

キャストの ATM ネットワーク上の実装を容易にする。

4.3 Conventional Model の採用

IP-SVC ではシグナリングを IP サブネットに限定しているため、シグナリングのみによって IP サブネットを越える end-to-end の VC を確立することはできない。しかしこれでは、IP ルータで ATM セルが一旦 IP パケットに復元され ATM セルへの再分割されるため、ATM ネットワークの利点である end-to-end の QoS の確保が可能という特徴を活かすのが難しくなってしまう。

そこで IP over ATM として Conventional Model を採用する。Conventional Model では、CSR(Cell Switching Router) と呼ぶ特殊なルータを用いることで、RSVP で資源予約が行われるのであれば IP サブネットを越える end-to-end の VC が確立できる。RSVP を用いた end-to-end の VC の設定に関しては次節において詳しく述べる。

4.4 RSVP の利用

IP-SVC では、VC ごとにサービスクラス (CBR, UBR) や最大帯域の指定を可能としている。ただし、資源予約が行われていない通信の場合は、アプリケーションの種類に関わらず UBR クラスの VC が使用される。この場合、複数の異なるアプリケーションの通信が同一の VC を用いて行なわれる。資源予約プロトコルである RSVP を用いて通信の予約を行ったのみ、CBR による帯域の確保を行い、アプリケーションごとに VC を確保することが可能となる。

図 4 は、データリンク層として ATM ネットワークを使用した IP サブネットが、CSR により複数接続されたネットワークである。RSVP PATH, RSVP RESERV メッセージは、すでに確立されている UBR クラスの VC を用いて行われ、またホスト S から CSR A までは資源予約された VC が既に確保されているものとする。

ホスト S, R 間で、RSVP を利用して VC を確立するための手順は次のようになる。

1. ホスト S から複数の CSR を介して RSVP PATH メッセージが送られる。
2. ホスト R から、CSR B へ RSVP RESERV メッセージが送られる。それと同時に、RSVP PATH メッセージに含まれる IP アドレスが

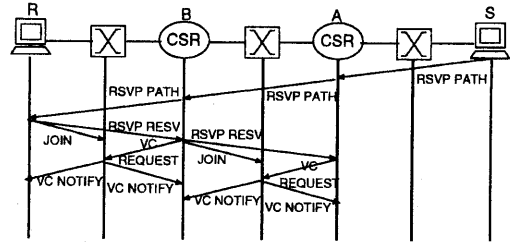


図 4: RSVP の利用

マルチキャストアドレスであれば、そのアドレスに対して JOIN が行われる。

3. RSVP RESERV メッセージを受け取った CSR B では、QoS, ホスト R の IP アドレスもしくはマルチキャストアドレス、新しい VCID を指定して、VC REQUEST シグナルを送る。
4. VC NOTIFY シグナルがホスト R, CSR B とその間の ATM スイッチ に送られ、ホスト R と CSR B との VC が確立される。
5. 同様に CSR B と CSR A との間で VC が確立される。
6. ホスト S から CSR A への VC はすでに存在するため、この間の VC は新たに確立されない。
7. 各 CSR では、所属する異なる IP サブネットに確立された二つの VC を、セルスイッチングの機能により、直結された VC として取り扱う。これにより VC は end-to-end で確立されたものとなる。

RSVP では、ルータにおいて data flow path がマージされる。しかし NHRP では、VC の経路を UNI 3.1 などのシグナリングによって決定し IP ルータを必要としないため、path をマージするための機構を実装するのが非常に困難である。IP-SVC では、シグナリングを IP サブネット内に限定しており、さらに CSR を用いることで、path をマージする機構が容易に実現できる。

5 実装

現在の実装では、二つのデーモンはワークステーション上で起動される。atmesd は、それが起動し

ているワークステーションの ATM NIC, およびそのワークステーションから制御可能な ATM ホスト (MPEG2 CODEC など) を管理し, atmsd は, ATM スイッチを RS-232c 経由などで制御できるワークステーション上で起動され, スイッチの VC を設定する.

atmsed, atmsd のプロトタイプが稼動しており, point-to-point, point-to-multipoint の VC の設定ができ, ユニキャスト, マルチキャストの通信を行うことができる. ただし現時点では ROUTE シグナルの機能は未実装であり, 経路は静的に決定される.

6 おわりに

本稿では, ネットワーク層として IP プロトコルを実装することを前提にした新しい ATM シグナリングプロトコル IP-SVC を提案した. IP-SVC を用いてインターネットを構築すれば, ARP サーバは不要となり, IP マルチキャストも容易に実装可能である. また IP over ATM として Conventional Model を採用し, 資源予約プロトコルとして RSVP を利用することで, IP サブネットを越える end-to-end の VC を確立する.

今後, 様々な種類の ATM スイッチ, ワークステーションに対応したデーモンを実装し, OLU ネットワークにおいて適用する予定である.

謝辞

本研究を行うにあたり, 有益な助言, 貴重な御意見を頂いた京都大学工学部情報工学教室池田研究室の皆様へ感謝致します.

また実験の機会を与えて下さり, 協力を頂いている OLU ネットワークの皆様へ感謝致します.

参考文献

- [1] Laubach, M., et al., "Classical IP and ARP over ATM", RFC1577, 1994.
- [2] Kats, D. and Piscitello, D., "NBMA Next Hop Resolution Protocol(NHRP)", Internet Draft, 1995.
- [3] Armitage, G., et al., "Support for Multicast over UNI 3.0/3.1 based ATM Networks", Internet Draft, 1996.

- [4] ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification Version 3.1", ATM Forum Specification, 1994.
- [5] Ohta, M., et al., "Conventional IP over ATM", Internet Draft, 1995.
- [6] Braden, R., et al., "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification", Internet Draft, 1996.