

ATM 網上での Internet 資源予約プロトコルの 設計と実装について

後藤 幸功[†] 太田 昌孝[†] 平原 正樹[‡]

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

[‡] 東京工業大学 総合情報処理センター

概要

資源予約型のデータリンクを用いたインターネットを、構築するにあたり、資源予約の立場から、仮想回線の接続モデルを検討し提示する。また、資源予約型のデータリンクである ATM 網上に構築したインターネット上で、資源予約プロトコル RSVP を用い、ATM の機能を活用するための設計について検討する。

Design and Implementation of Internet Resource Reservation Protocols

Yukinori Goto[†], Masataka Ohta[†] and Masaki Hirabaru[‡]

[†] Graduate School of Information Science,
Nara Institute of Science and Technology

[‡] Computer Center, Tokyo Institute of Technology

abstract

To construct Internet over reservation oriented datalink, virtual circuit connection model is discussed. We have designed a model which shows how to make full use of ATM technology by resource reservation protocol (RSVP) of Internet.

1 はじめに

昨今、情報ネットワーク利用者からネットワークサービスに対してマルチメディア化への期待と要求が高まってきた。そのためインターネット上においてもリアルタイム性を重視した高品質な音声や動画の通信品質 (QoS: Quality of Service) の保証が高まっている。

インターネットでは、従来から QoS の要求を満たす方法として資源予約が考えられていた。しかし、狭帯域なネットワーク基盤や、動画や高品質音声通信の処理に乏しい CPU の元で資源予約を行なっても、多くのユーザからの QoS の要求を満たすことは困難であった。しかし、近年の技術進歩に伴う広帯域なネットワーク基盤や十分な高速な CPU の出現により、ネットワークの資源予約による QoS の要求を満たすことが可能となった。

本稿では、ネットワーク内の資源予約を行なうことにより、利用者からの QoS 要求を満たすための方法を提案する。ネットワークの資源予約を行なうデータリンクには、資源予約型かつコネクションオリエンテッドなデータリン

クである ATM[1] を用いる。

2 資源予約

インターネットでは、様々なデータリンクがルータにより結合している。そこで、ネットワーク内の資源予約は、セットアップと資源の獲得の、2つの作業に分けられる。

資源予約のセットアップは、経路上の各ルータに、ユーザからの QoS 要求を伝える。

資源の獲得は、ルータが、ユーザからの QoS 要求に従い、直前または直後のルータと協調し、ルータ間のデータリンクに対して行なう。

よって、資源のセットアップは、データリンクでの資源の獲得に依存しないよう設計できる。

現在、インターネットでは、ルータの資源予約のセットアップを行なうプロトコルとして、RSVP (Resource Reservation Protocol)[2][3] や、ST-2[4][5] が提案されており実装に至っている。一方、資源の獲得は、データリンクの特

質に応じて行なわれるが、現在のところ、資源予約が可能なものは ATM である。

本稿では資源予約プロトコルとして RSVP を用い、話しを進める。

2.1 RSVP

RSVP は、単方向にネットワーク資源を予約するためのプロトコルであり、アプリケーションからの QoS 要求を、ネットワーク内に伝える役割を果たすのみで、その他、経路制御などのネットワーク機能は提供されてない。RSVP の大きな特徴として、資源予約が受信者主導型であることが挙げられる。これは、受信側の機能にあった QoS を要求することで、受信側が必要な QoS を直接操作するためである。

次に、資源予約に関し、異なる予約スタイルが用意されている。これは、ビデオ会議や、音声会議、ビデオ放送、レクチャーなどのアプリケーションによる通信形態に適応し、資源を有効に予約するためである。例えば、レクチャーなどは、送信者が講師に限られているので、受信者が送信者を講師に指定し、その分の帯域をネットワーク内に 1 本のストリームとして予約する資源予約スタイルである。しかし、音声会議では、送信者が特定できず、また、複数の人が同時に話す場合もある。そのため、音声会議では受信者が、ネットワーク内に予め決めた人数分の帯域をまとめて 1 本のストリームとして確保し、送信者を指定しない資源予約スタイルである。

また、RSVP は通信経路が変更されたとき、通信ができる限り切れないようにし、自動的に新しい経路に沿って資源予約を行なう機構を用意している。

RSVP は、マルチキャスト通信に対する資源予約にも適している。

資源予約方法は次の通りである。

1. 送信者は Path-Message(経路メッセージ)を受信者側まで送信する。
2. Path-Message は、送信者から受信者までにあるルータを通り、各ルータ内で、資源予約を行なう通信の経路状況を記録する。
3. 受信者は、Path-Message で記録された経路に従い、Resv-Message(資源予約メッセージ)を送る。
4. Resv-Message を受けとったルータは、Resv-Message に記述された要求を満たすよう資源予約を行なう。
5. 送られてくる Resv-Message が統合できる場合、Resv-Message の統合を行ない、次のルータへ統合した Resv-Message を送る。
6. ルータは資源予約された QoS を満たすように、送信者から送られたデータを送出する。

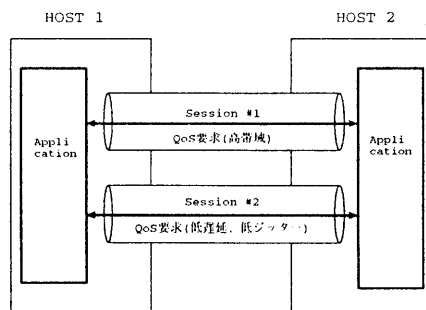


図 1: 資源予約のモデル

2.2 資源予約のモデル

アプリケーションが通信に対し、ネットワークへの QoS 要求を提示するモデルが異なると、ネットワークでの資源予約に違いが生ずる。ここでは、どのようなモデルのもとに QoS 要求を提示することが、ネットワークとネットワーク利用者にとって最適であるか議論する。

今、次に挙げる、それぞれ異なった QoS を要求する 2 つの通信を、同時に使用するアプリケーションがある。このアプリケーションは、ユーザからは一体となったアプリケーションに見えるが、2 種類の通信を行なっているものとする。

- 通信 1(低ディレイ、低ジッター)
- 通信 2(広帯域)

このとき、アプリケーションのネットワークへの QoS 要求を行なうモデルとして、次の 2 つのモデルが考えられる。

モデル 1 データリンク層の 1 つの通信路で低ディレイ、低ジッター、高帯域の全ての要求を同時に満たす。

モデル 2 データリンク層の 2 つの通信路で、通信 1 の QoS 要求(低ディレイ、低ジッター)、または通信 2 の QoS 要求(広帯域)をそれぞれ独立に満たす。

モデル 1 とモデル 2 では、モデル 2 の方が、明らかに、個々の通信路に対する QoS 要求が低く、資源獲得の自由度が高い。よって本稿では、アプリケーションのネットワークに対する QoS 要求の提示モデルとして、モデル 2 を採用する。(図 1 参照)

以後、音声通信や動画通信などのアプリケーションで使用する個々の通信をセッションと呼び、ユーザから見える通信とは区別する。

2.3 データリンクでの QoS 保証形態

インターネットを構築するデータリンクには、コネクションレスのものと同様にコネクションオリエンテッドなものがある。コネクションレスなデータリンクでは資源予約の単位がホスト毎であるため、データリンクに対しセッションを反映することができない。一方、コネクションオリエンテッドなデータリンクでは、資源予約の単位がコネクション毎のため、セッション毎にコネクションを張ることが自然である。

本稿ではコネクションオリエンテッドなデータリンクでの資源予約について話を進める。

2.4 コネクション型データリンクでの資源予約モデル

2.3節で述べたように、コネクションオリエンテッドなデータリンクでは、資源予約を行なうセッション毎にコネクションを張るモデルを考える。その一方で、トランスポート層での資源予約を行なわない通信のためにコネクションを1本設ける。このコネクションは資源予約を行なわないセッションに使用し、資源予約を行なうコネクションと区別する。

ここで述べた使用別のコネクションは、以下の2種類のVC(Virtual Circuit)に分類される。

- RVC (Reserved Virtual Circuit)
- NRVC (Non-Reserved Virtual Circuit)

RVC

このVCは資源予約が行なわれるセッションに使用する仮想回線であり、セッション毎に張る。よって、VCはホスト~ルータ間またはルータ~ルータ間またはホスト~ホスト間に、帯域の資源予約が行われたセッション数だけ設定される。VCはセッション開始時にコネクションを張り、セッション終了時に解除される。

NRVC

このVCは、基本的にデータリンクのQoS保証を用いないセッション、もしくは、資源予約を行なわないセッションが共有して使用する仮想回線である。つまり、このVCは、データリンクにおいてbest effortな通信を行なう位置付けにある。この仮想回線は、資源予約を行なわないセッションのために、ネットワーク内に必ず1本必要である。

3 ATM を用いた Internet での資源予約

本章では、コネクションオリエンテッドなデータリンクであるATMを用いたインターネットにおける資源予約を実現するための手法を、前章で示したコネクション型データ

リンクでの資源予約のモデルをもとに、提案し考察を行う。

3.1 ATM

ATMはVC(Virtual Channel)という仮想回線を用い、53オクテットのセルによって通信が行われる。ATMでVCを張るとき、ホストからATMシグナリングによりセットアップメッセージを送る。セットアップメッセージには、VCを張るための様々な情報が記述される。[1][6]このセットアップメッセージ中にQoS要求として帯域とサービスクラスを設定できる。

現在サービスクラスとして次の4つが用意されている[6]。

- UBR (Unspecified Bit Rate: 無規定ビットレートサービス)
- ABR (Available Bit Rate: アベイラブルビットレートサービス)
- CBR (Constant Bit Rate: 固定ビットレートサービス)
- VBR (Variable Bit Rate: 可変ビットレートサービス)

UBR

一切のQoS保証が無いサービスクラスである。空いている帯域を最大限使用する。データ系のbest effortな通信に向いているサービスである。

ABR

UBR同様、最低帯域の保証がなく、空いている帯域を最大限使用する。しかし、瞬間的に利用可能な帯域を検出し、ホストに通知する。このため、セル廃棄が起き難いようなサービスである。データ系のbest effortな通信に向いているサービスである。

CBR

CBRは、一定のビットレートで情報を伝送し、そのための帯域を保証するサービスクラスである。主に対象となるサービスは、リアルタイム系のビデオ通信や音声通信などである。

VBR

VBRは、最低限の帯域を、確実に保証するサービスクラスである。主に対象となるサービスは、リアルタイム系の可変レートビデオ通信や音声通信などである。

ATMはこれらの設定が行われたVCを張るによりネットワーク内の帯域資源予約を可能とする。次に2.4節を踏まえて、ATMを用いたときの資源予約モデルを考える。

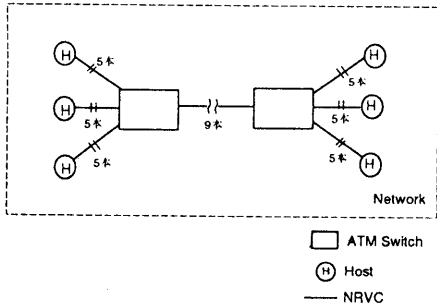


図 2: NRVC の張り方

3.2 ATM での資源予約モデル

本節では、ATM を用いたときの、資源予約に必要な仮想回線のモデルとして、2.4 節で述べた RVC、NRVC と ATM の VC の対応付けを行う。

運用上、または ATM のスケラビリティを考慮して、ATM 網上で、RVC と NRVC の使用形態を考える。

RVC の使用するサービスクラスは、VC 毎の QoS 要求に応じたサービスクラスを選ばばよい。

次に、NRVC について考える。今、多段に設置された ATM スイッチにより構成された(サブ)ネットワーク内に、ホストが n 台あるとする。この時、ホスト間は完全結合であるため、 $n(n-1)/2$ 本ある(図 2 参照)。そのため、CBR や VBR のような、固定帯域を設定するサービスクラスを使用すると、NRVC により、[?] の場合は、一本の物理層に $O(n^2)$ 本の NRVC が集中するため、スイッチ間の帯域を埋めつくしてしまう。よって、NRVC に、CBR や VBR は使用することは適切でない。このことから、NRVC で使用するサービスクラスは、ABR または UBR である。もし、ABR と UBR の両方が用意されているとき、ABR で設定することは、いうまでもない。

3.3 ATM の特徴を活用した通信

本節では、ATM の特徴であるセル通信を活用するための方法について検討する。

3.3.1 CSR(Cell Switch Router)

通常のルータでは、資源予約プロトコルに RSVP を使用したとき、パケットのトランスポートヘッダーまで確認することで、資源予約されたセッションと VC を対応付けることが可能である。しかし、セル通信を行なう ATM では、個々のセルはセルヘッダーしか持たないため、資源予約されたセッションと VC の対応付けができない。そのため、セル通信のみでセッションを確立することができない。

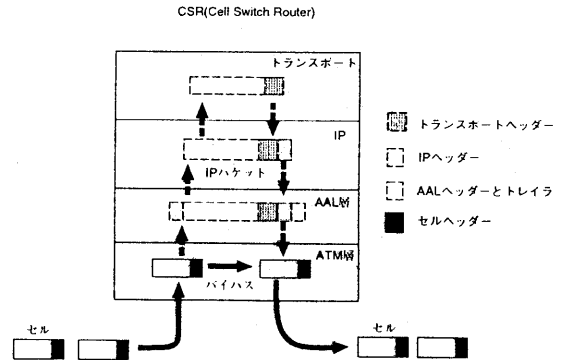


図 3: CSR の概念図

そこで、トランスポートヘッダーまでを見ることなく、セルレベルでの通信を行なうことができる ATM ルータが、CSR[8] である。CSR は、トランスポートヘッダーまで確認せず、予約セッションと VC の対応を知ることで、セル単位の中継による通信を可能にする。

但し、この CSR において、セル通信の機能を使えるのは、送信元、受信先が特定された、ATM 層での 1 本の VC でセッションをなす、RVC のみである。NRVC は複数の送信元、受信先が異なったセッションが混合されているため、セル通信機能を使用できない。よって、CSR 内でも IP 層までセルを上げてルーティングを行なう、従来の方式通りの通信となる。

(図 3 参照)

3.4 VC とセッションの対応付け

3.3.1 で述べたように、CSR を用いるためには、資源予約されたセッションと VC の対応付けが必要である。ATM シグナリングのセットアップメッセージには、上層でのプロトコル情報を通知するための BHLI (Broadband Higher Layer Indicator) が、用意されている。この BHLI の値を、ホスト間で張る VC の識別子として一意に定める。これにより、セットアップメッセージで同時に送られてくるセットアップメッセージを発した側の ATM アドレスと組にして、同一データリンク内の VC とセッションが一意に定まる。

よって、本稿では、セッションと VC の対応づけを行なうために、BHLI を使用した手段を考える。

3.4.1 BHLI の問題点と解決法

BHLI を使用するときの問題点は、BHLI で用意されている情報領域が 8bytes しかない、ことである。RSVP を考えても、セッションを構成する VC の識別は、予約スタイルによっても異なるが、現在のところ最長の場合、予約

スタイル ID、受信側の IP アドレス、トランスポートプロトコル情報、ポート番号、送信側の IP アドレス、トランスポートプロトコル情報、ポート番号が必要である。IPv4 を使用したときのこれらの情報は、予約スタイル ID(1byte)、送信側と受信側それぞれの IP アドレス (4bytes x2)、トランスポートプロトコル情報 (1byte x2)、ポート番号 (2bytes x2) であり、総合して 15bytes になり 8bytes を大きく越える。また、IPv6 では、IP アドレスだけで 16bytes 必要であり、論外である。よって、セッションを識別する情報を、そのまま BHLLI にのせることは不可能である。

そこで、BHLLI にはセッションを識別するホスト固有の識別番号をのせ、別の手段を用い、その識別番号とセッションの情報を対応させることが必要である。次節では、このセッションとコネクションの対応付けを行なうプロトコルとして SINP を提案する。

3.4.2 NRVC の初期設定について

ホスト間の NRVC は、ホストをネットワークに接続したときから、接続されていないなければならない。しかし、初めてホストをネットワークへ接続したときは、SINP を使用するための VC が存在しない。そのため、設定した VC が NRVC であることを通知できない。よって、BHLLI には、予め NRVC の識別子として、0 を定めておく。これにより、ホストは、ATM シグナリングだけで、設定した VC が NRVC であることを知る。

3.4.3 SINP(Session Indicate Notification Protocol)

VC を対応付けるプロトコルとして SINP を提案する。SINP は、セッションの情報と VC の識別子に対応付けるためのプロトコルである。また、VC の接続要求や、エラー処理などが、データリンク層において行なわれるため、SINP 自身は簡潔である。このプロトコルは、UDP 上で設計し、隣あったホスト間で使用する。SINP には次の 2 つのメッセージで構成される。

- Notify (通知メッセージ)
- Inquiry (問い合わせメッセージ)

Notify

このメッセージはセッション情報と ATM シグナルで送った BHLLI の値の通知に使用する。メッセージは以下の情報で構成される。

- BHLLI の値
- 資源予約プロトコル識別
- セッション情報

Inquiry

これはのメッセージは BHLLI の値に対するセッション

情報の問い合わせに使用する。
メッセージは以下の情報で構成される。

- BHLLI の値

また、データリンク層内での認証には、完成しつつある IP セキュリティプロトコル [9] の認証機構が、そのまま使用できる。

この SINP はマルチキャストについても使用可能である。

Host1 から Host2 へ、コネクションを張るシグナリングを行なうとき、SINP は、次のように使用する。

1. Host1 は Host2 へ、ATM シグナリングのセットアップにより BHLLI の値を送るとともに、BHLLI に対する Notify を送る。
- 2.1. Host2 で、ATM シグナリングの完了より先に、Notify が届いたとき、Notify の情報を維持する。
- 2.2. Host2 で、ATM シグナリングが完了したが、Notify が届かないとき、Host2 は Host1 へ、Inquiry を送信する。
3. Host1 は、Inquiry を受けると、Notify を Host2 へ送信する。
4. Host2 は、Notify と BHLLI の値によりホスト間に張られた VC と、セッションの対応を知ることができる。

図 4 で、RSVP とともに使用する場合の例を与える。SVC は資源予約プロトコルを発信したホストまたはルータから ATM シグナルを発するものとする。この図中の、Router2 と Router1 の間では、ATM シグナリングが、SINP Notify より先に到着したときを示している。Router3 と Router2 の間では、SINP Notify がネットワーク中で消失したときを示している。Router4 と Router2 の間では、SINP Notify が、ATM シグナリングより先に到着したときを示している。

この SINP に関連したプロトコルとして FANP(Flow Attribute Notification Protocol) [7] がある。FANP はセッションと VC の対応を得るだけでなく、コネクションの QoS 要求まで交換するプロトコルである。また、FANP は 1 本の VC に複数のセッションを入れることを想定して設計されているため、SINP より複雑な仕様になっている。

4 おわりに

本稿では、資源予約型データリンクでの資源予約モデルの提案から始まり、資源予約型かつコネクションオリエンテッドなデータリンクである ATM スイッチを用いたときの、資源予約モデルと、セッションと VC を対応付けるプロトコル SINP を提案と設計を行なった。今後、これに基づき、SINP の実装を行ない、ATM で構築されたインターネットでの資源予約を可能にする。

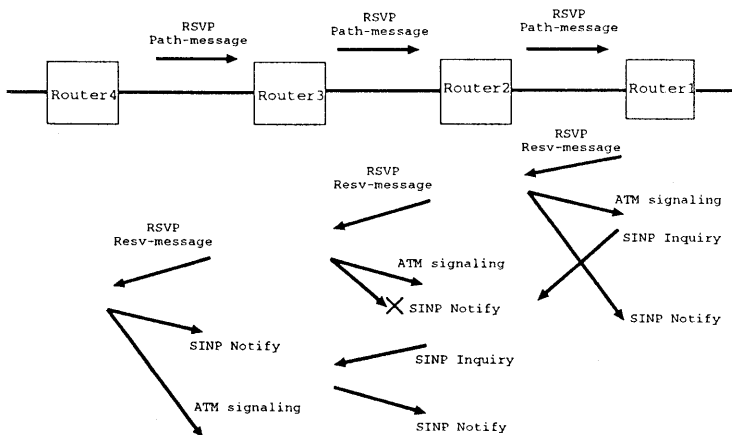


図 4: SINP の使用例

5 謝辞

本研究を進めるにあたり、議論、助言をしていただいた JAIN Consortium の OLU-net メイリングリストの皆様と、奈良先端科学技術大学院大学 計算機言語学研究室の皆様 に心より感謝致します。

参考文献

- [1] The ATM Forum. *ATM USER-NETWORK INTERFACE SPECIFICATION Version 3.0*, PTR Prentice Hall, September 10, 1993, ISBN 0-13-225863-3
- [2] R. Braden, Ed., L. Zhang, D. Estrin, S. Herzog, S. Jamin. *Resource ReSerVation Protocol (RSVP)-Version 1 Functional Specification*, INTERNET DRAFT draft-ietf-rsvp-spec-05.ps, May 1995.
- [3] L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, D. Zappala. *RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol*, IEEE Network, Vol. 7, No. 5, September 1993.
- [4] Claudio Topolcic et al. *Experimental Internet Stream Protocol, Version 2 (ST-II)*, Request for Comments: 1190, October 1990. 1995.
- [5] L. Delgrossi, L. Berger. *Internet Stream Protocol Version 2 (ST2)*, INTERNET-DRAFT: draft-ietf-st2-spec-04.txt, March 1995.
- [6] 清水 洋, 鈴木 洋. *ATM-LAN*, ソフト・リサーチ・センター ISBN 4-915778-48-7
- [7] Yasuhiro Katsube, Ken-ichi Nagami. *Mapping of IP Flow to Datalink Layer Connection*, INTERNET-DRAFT draft-katsube-flow-mapping-dlconn-00.txt, May 1995.
- [8] M. Ohta, H. Esaki, K. Nagami. *Conventional IP over ATM*, INTERNET-DRAFT draft-ohta-ip-over-atm-01.txt, July 1994.
- [9] Randall Atkinson, *IP Authentication Header*, INTERNET-DRAFT draft-ietf-ipsec-auth-02.txt, May 1995.
- [10] Y. Katsube, K. Nagami, H. Esaki. *Router Architecture Extensions for ATM: Overview*, INTERNET-DRAFT draft-katsube-router-atm-overview-00.txt, March 1995.
- [11] M. Laubach. *Classical IP and ARP over ATM*, Request for Comments: 1577, January 1994.
- [12] J. Heinanen, R. Govindan, *NBMA Address Resolution Protocol (NARP)*, Request for Comments: 1735, December 1994.
- [13] Dave Katz, David Piscitello, *NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP)*, INTERNET-DRAFT draft-ietf-rolc-nhrp-04.txt, May 1995.