

PCによるRSVPルータの実装と評価

5V-4

前島 治 伊藤 嘉浩 石倉 雅巳 浅見 徹

国際電信電話株式会社 研究所

1. はじめに

LAN間接続の基幹回線としてEnd-Endでセキュリティ対策を施し、TCP/IP上に仮想的に構築した専用線を利用するインターネットVPN(Virtual Private Network)という利用方法が登場してきている。しかし、伝送帯域等のネットワーク資源は保証されていないため、通信特性を予測し難いといった問題がある。これらの問題点を解決するために、筆者等はQoS(Quality of Service)を重視した網資源予約型プロトコルであるRSVP(Resource Reservation Protocol)^[1]を用いてVPNの帯域予約を可能にするRSVPルータをPCをベースに開発した。本稿では、PCによるRSVPルータの実装および評価結果を報告する。

2. 帯域予約型VPNのネットワーク構成

帯域予約型VPNのネットワーク構成を図1に示す。RSVPをサポートするIPネットワーク内のルータ間にトンネリング技術を用いてVPNを設定し、そのトンネルに対してRSVPによる帯域予約を行う。ここで、RSVPはトランスポートレイヤのセッション毎に網資源予約を識別するため、トンネリングの際には(UDP+IP)ヘッダによるカプセル化を行う。トンネル両端のノード上にトンネリング機能の付加が必要となるが、RSVPのサポートが必要となるのはトンネルを設定した経路上のノードのみである。従って、RSVPを実装していない既存のノード間の通信でも同トンネル内を通過させることによりRSVPの処理対象にすることが可能となる。また、トンネリング機能付きRSVPルータ以外のトンネル経路上のルータは、RSVPをサポートしていれば帯域予約型VPN機能をサポートしている必要はない。

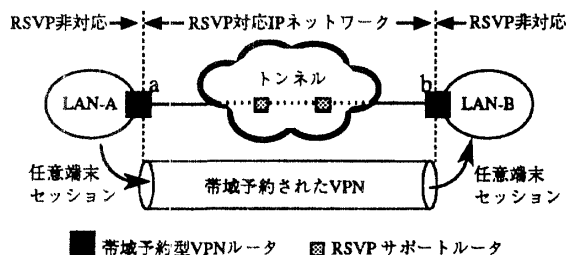


図1: 帯域予約型VPNのネットワーク構成

3. PCによるVPN対応RSVPルータの実装

本ルータは、IBM PC 互換機 (PentiumPro 200MHz, メモリ128Mbyte, OS FreeBSD2.2.1)をプラットフォームとしており、トンネリング制御部およびトラヒック制御部はカーネル内に組み込んで実装した。また、ネットワークインタフェースとしてはEthernetおよびシリアルインタフェースを搭載する。本ルータにおいては、トラヒック制御をIPから各ネットワークインタフェース

への出力キューの部分で行っており、インタフェースの種別に依存しないため、ATM、フレームリレー、FDDIなど各種メディアへ適用可能である。図2に示すようにVPN対応RSVPルータの実装は大きく分けて、トンネリング制御部、セッション制御部、RSVPプロトコル処理部、トラヒック制御部、ユーザインタフェースから構成される。

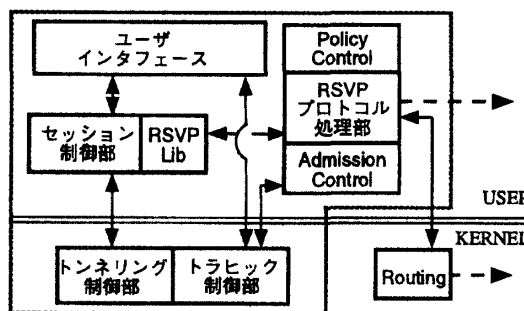


図2: VPN対応RSVPルータの機能ブロック

3.1 トンネリング制御部

トンネル構築の際には送信元と宛先をネットマスクで評価したアドレスフィルタ情報を定義し、個々のトンネルとそれを通過するトラヒックの対応付けを行い、ホスト/サブネット単位の帯域保証型VPNを実現可能とする。上記フィルタ情報と一致するIPパケットに対してUDP/IPヘッダを用いたカプセル化/カプセル解除処理を行う。

3.2 セッション制御部

生成されたトンネルに対する帯域予約の管理を行うモジュール。セッション制御部がRSVPプロトコル処理部にアクセスするためのAPIは一般のRSVP APIと互換である。

3.3 RSVPプロトコル処理部

Policy Control, Admission Control, Routing Process, トラヒック制御部と協調し、RSVPメッセージを処理する。

3.4 トラヒック制御部

RSVPは網資源の予約要求/応答をやりとりするためのプロトコルであり、実際に網資源を予約するトラヒック制御機構の実装方法に関しては規定されていない。本システムは、予約可能な網資源を帯域のみに限定し、かつ主としてLAN間接続用のVPNに対して用いることから、帯域が保証されたトンネル上を流れるトラヒックの packets 長および packets 間隔の分布がある程度の分散を持つものと考え、packets 長は無視して packets の数にのみ着目したスケジューリングを行う簡易なアルゴリズムによりトラヒック制御部の実装を行った。ルータの各インタフェースに入力された packets はルーティングプロセスによって、各出力インタフェースに振り分けられ、予約に応じたキューもしくは予約されていない packets 用の出力キューに入れられる。スケジューラは一定間隔でこれらのキューをポーリングする

"Implementation and evaluation of a PC based RSVP router" by Osamu MAESHIMA, Yoshihiro ITO, Masami ISHIKURA and Tohru ASAMI
KDD R & D Laboratories

が、各キューは予約帯域に応じて重み付けられており、スケジューラは WRR(Weighted Round Robin) に従って1周期の間に各キューから予約比に応じて複数回パケットを取り出す。

4. 評価

評価環境を図3に示す。R1, R2の両ルータに、それぞれ2つのLANを接続し、ルータ間を回線シミュレータによる2.048Mbpsのシリアル回線で接続した。各ルータに接続されたLANには、測定用トラフィックの生成および受信・解析を行う端末(A, B)と、外乱用トラフィックの生成、受信を行う端末(C, D)をそれぞれ接続した。測定用および外乱用トラフィックは、文献[2]のWAN上の実トラフィックパターンをもとに表1に示されるIPパケット長分布を設定し、筆者等の開発したトラフィックジェネレータ[3]を使用して生成した。

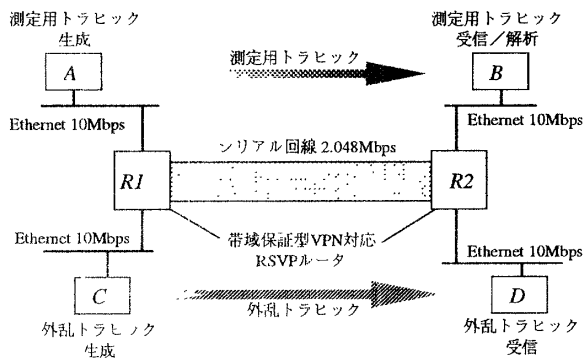


図3: 評価環境

表1: IPパケット長分布

bytes	52	552	54	56	576	80	501	776
%	57	10	9	4	2	1	1	16

ルータ間に512kbpsの帯域予約を設定する場合としない場合の2通りについて、外乱トラフィックに対する測定用トラフィックのスループット、平均遅延時間を測定した。この時、測定用トラフィックは4ms間隔で表1のUDPパケットを送出し、外乱トラフィックはパケット送出間隔4msのトラフィックを0~4本使用することで負荷を変化させた。

測定結果を図4, 5に示す。横軸は外乱トラフィックの送出速度を表し、縦軸は測定用トラフィックのUDPデータのスループットを表す。スループットについては、トラフィック制御機能による帯域確保の効果が確認できる。予約型トラフィックのスループットが高負荷時において若干低下しているのは、予約帯域超過分のトラフィックを転送するだけの非予約用帯域が余っていないためである。一方、非予約型トラフィックは外乱トラフィックと帯域を共有するため、高負荷時には超過帯域のうち各々の送出速度の割合に相当する分だけ低下している。

平均遅延時間については、予約型トラフィックの方が大きい結果となったが、これは次のように考察できる。今回の試験では帯域予約を行った場合、各予約/非予約用にそれぞれ50packetsのキューが用意され、トラフィックスケジューラがラウンドロビンに従い64kbps単位での予約/非予約帯域数に応じた頻度で各キューよりパケットを抽出する。ここでは予約帯域512kbps(8 ×

64kbps)、非予約帯域1536kbps(24 × 64Kbps)としたので1周期(32回抽出)のうち予約用キューからは8個のパケットが取り出される。また、シリアル回線へのフレーム送出に要する時間は平均約1ms(平均パケット長234byte)となるので、予約用キュー最後尾のパケットが取り出されるまでには $50/8 \times 32 \times 1ms = 200ms$ 要する。従って、スケジューリングによって付加される遅延時間を0~200msの一様分布と考えると平均100msとなる。一方、非予約型トラフィックの場合は1つのキューを外乱トラフィックと共有する。高負荷時には常にキューが一杯の状態になるためキューにおける待ち時間は $50 \times 1ms = 50ms$ となる。以上の結果より、PCベースのRSVPルータが数Mbps程度の回線に対して支障なく動作することが確認できた。また、各々のVPN上のトラフィックの平均パケット長が等しいと見做せる場合には、VPNの帯域保証としてパケット数のみによる簡便なスケジューリングでも十分適用可能であるといえる。

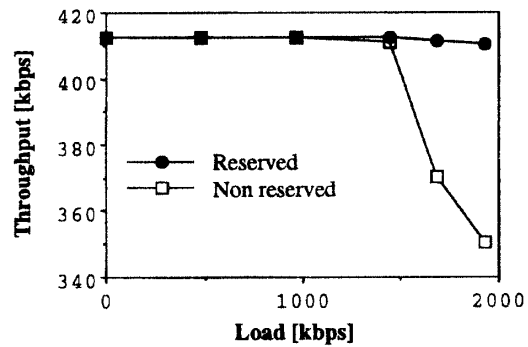


図4: スループット

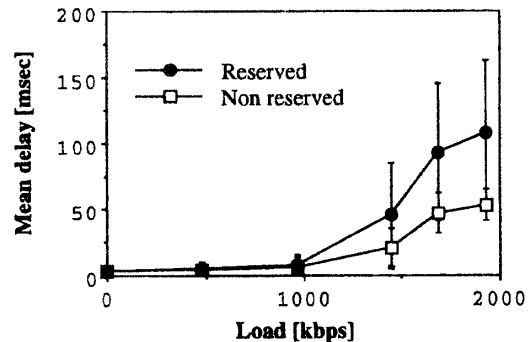


図5: 平均遅延時間

5. おわりに

本報告では、RSVPを用いた帯域保証型VPNを提案し、その帯域保証に必要なトラフィック制御機能をPC上の実装したRSVPルータについて報告した。また、実トラフィックパターンのデータをもとにルータの性能評価を行った。最後に日頃御指導頂くKDD研究所村上所長に感謝します。

参考文献

- [1] R.Braden, et al., "Resource ReSerVation Protocol(RSVP)-Version 1 Functional Specification", Internet Draft, June 1997.
- [2] <http://ita.ce.lbl.gov/html/traces.html>
- [3] 伊藤他, "リアルタイム通信特性評価用トラフィックジェネレータ/アナライザの評価", 信学技報 IN97-47, 1997-06.