

高速ネットワーク上での WRR による RSVP 帯域保証

5G-6

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

網資源予約プロトコル RSVP^[1]は予約要求/応答をやりとりするためのプロトコルである。但し、実際に網資源を確保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おらず、これについては各ルータベンダによる実装に依存している。帯域予約のためのスケジューリング方式として WFQ (Weighted Fair Queueing)^[2]等が提案されている。これらは、アプリケーションのトラヒック特性に応じて優先度を決定し帯域や遅延特性を制御するが、セッション単位の帯域予約を高精度で行える反面アルゴリズムが複雑となり処理が重く高速回線に向かないとされている。

筆者らは、セッション毎の帯域予約ではなく LAN 間接続等のアグリゲートされた部分への RSVP の適用を考え、WRR(Weighted Round Robin)に基づくパケット単位のスケジューリングを行う簡易なトラヒック制御の実装を行った^[3]。本稿では、このスケジューリング機能を備えた PC ベースの RSVP ルータを 100Mbps 級の高速ネットワーク上で動作させた結果について報告する。

2. PC による RSVP ルータの実装

本ルータは、IBM PC 互換機 (Pentium-II 266MHz, メモリ 64Mbyte, OS FreeBSD2.2.1) をプラットフォームとしており、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 10/100Mbps Ethernet およびシリアルインタフェースを搭載している。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類に依存しないため、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。

3. トラヒック制御部

大局的にみて予約と非予約のトラヒック特性が近似していると考えられるため、ここではパケット長は無視してパケット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。この動作原理を以下に示す。

図 1 に示すように、ルータの各インタフェースに入力されたパケットは Routing Process によって、各出力インタフェースに振り分けられる。各インタフェース毎に Packet Classifier はパケットを識別し、予約に応じたキューもしくは予約されていないパケット用の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が、各キューは、予約帯域に応じて重

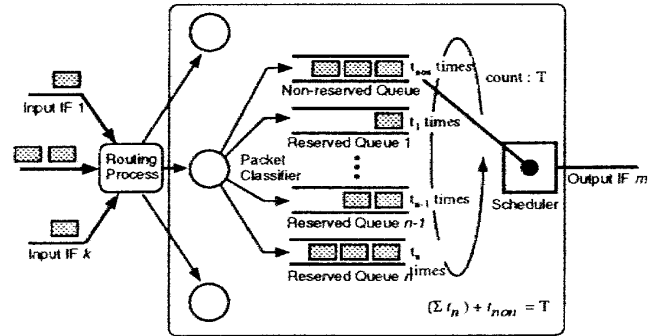


図 1: トラヒック制御部

み付けられており、スケジューラは WRR 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。

各キューから取り出されたパケットはインタフェースのキューに逐次入れられる。インタフェースのキューでパケット溢れを起こさないためには、スケジューラがインタフェースキューを監視するか、各インタフェース速度を予め知っていなければならない。今回の実装では、各インタフェース速度をパラメータとして与えてある。

4. 評価

評価環境を図 2 に示す。R1, R2 の両 RSVP ルータに、それぞれ 2 つの Fast Ethernet の LAN を接続し、ルータ間を Fast Ethernet で接続した。その上でルータ間に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、外乱トラヒックに対する測定用トラヒックのスループットを測定した。

各ルータに接続された LAN には、測定用トラヒックの生成および受信・解析を行う端末 (A, B) と、外乱用トラヒックの生成、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ヒックは、筆者等の開発したトラヒックジェネレータ^[4]を使用して生成した。

設定パラメータの値は以下の通りである。

- ・ルータ間回線：100Mbps Fast Ethernet(全二重)
- ・ルータ間の予約帯域：40Mbps
- ・測定時間：60 秒
- ・外乱トラヒック
 - UDP パケット
 - パケット長：1468bytes 固定
 - パケット間隔：1174μsec 固定
 - 送出速度：UDP データ 10Mbps 相当
- ・測定用トラヒック
 - UDP パケット
 - パケット長：外乱トラヒックに同じ
 - パケット間隔：309μsec 固定
 - 送出速度：UDP データ 37Mbps 相当

“ RSVP Bandwidth Reservation with Weighted Round Robin on a High Speed Network ” by Osamu MAESHIMA, Yoshihiro ITO, Masami ISHIKURA and Tohru ASAMI
KDD R & D Laboratories

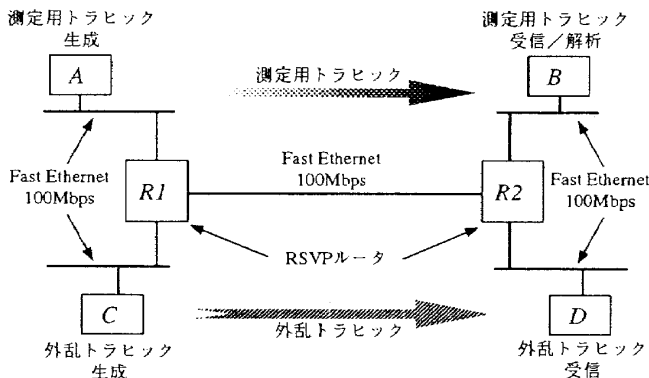


図 2: 評価環境

4.1 スループット

ルータ間に 40Mbps の予約帯域を設定する場合 (Reserved) としない場合 (Non Reserved) 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を測定した。トラフィックの各パラメータの値は前述の通りであるが、外乱トラフィックについては同トラフィック (10Mbps 相当) を送出するプロセスを端末 C にて複数起動させることで負荷を変化させた。

測定結果を図 3 に示す。横軸は端末 C が接続されている Fast Ethernet セグメント上に同端末が送出した外乱トラフィック (Ethernet フレームヘッダを含めた値) を表し、縦軸は端末 B で受信した測定用トラフィックの UDP のスループットを表す。図より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。低負荷時と高負荷時とで予約型トラフィックのスループットに若干差がみられる。これは、パケットスケジューラの実装において、当該キューにパケットがない場合には他のキューだけでラウンドロビンを行う方式を採用しており、低負荷時には予約帯域以上の重みでパケットが抽出されるためである。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。

4.2 CPU 使用率

図 4 は、前節と同じ条件 (但し、トラフィック送出時間は十分長くした) のもとで送信側の RSVP ルータにて得られた CPU 使用率である。具体的には、“vmstat” コマンドより得られる CPU idle[%] の値をもとに算出した。外乱トラフィック、測定用トラフィックを送出後 60 秒経過したところで定常状態に達したとみなし同コマンドを 20 秒間隔で 3 回入力し、表示結果の平均値を 100 から差し引いた値である。ルータに流入するトラフィック量に比例して CPU 使用率が増加しており、また RSVP による帯域予約処理を行う場合 (Reserved) では 5% 程多く CPU を消費していることがわかる。ここで、各グラフを直線近似したものを図中の点線及び数式に示す。予約処理を行う場合と行わない場合ともにほぼ同じ傾きで推移している。本近似式より逆算すれば、予約処理を行った場合でも CPU 使用率 80% の状況下で約

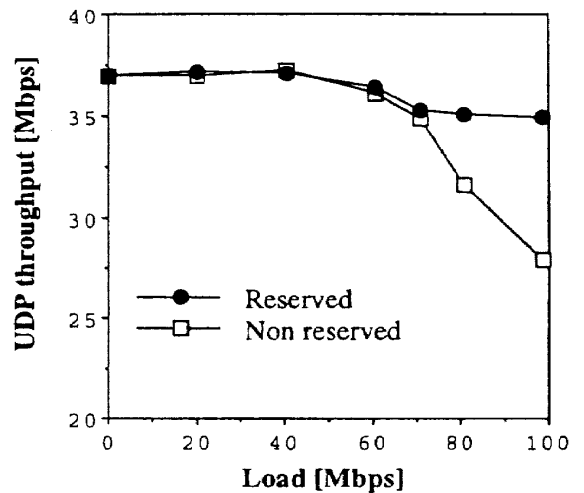


図 3: スループット

390Mbps のトラフィックを処理しうるものと考えられるので、OC3(155Mbps) レベルの回線に対しても十分適用可能であると予想される。

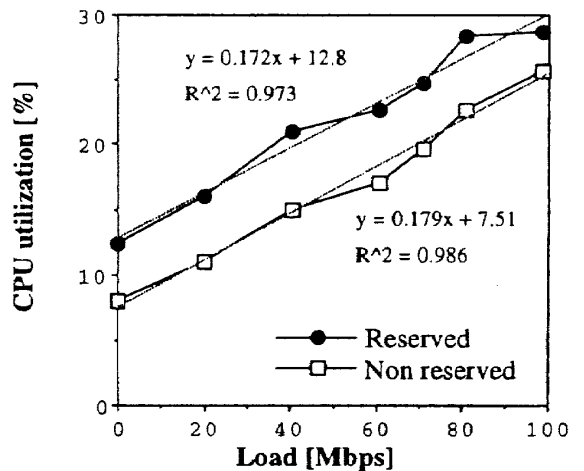


図 4: CPU 使用率

5. おわりに

本稿では、WRR に基づくパケットスケジューラを PC 上に実装した RSVP ルータの性能評価試験について報告した。試験の結果、RSVP ルータ間を 100Mbps の回線で接続した場合でもスケジューリング機能が十分追従し、予約帯域が正常に確保されることが示された。ATM 等その他の高速インターフェース使用時の性能評価は今後の課題である。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] A.Demers, et al., "Analysis and simulation of a fair queuing algorithm", Proc. Sigcomm'89, 19(4):1-12, Sep. 1989
- [3] 前島他, "簡易型トラフィック制御による帯域保証型 VPN 対応 RSVP ルータの実装と評価", 信学技報 SAT97-33, 1997-07.
- [4] 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.