

QoS制御技術の統合化方式とその効果\*

6M-5

久田 裕介† 小野 諭‡  
NTTソフトウェア研究所§

1997年1月16日

1 はじめに

WAN環境では、トラフィックを入力する際に正規化しても多くのルータを経由する間に遅延分散が大きくなるため、待ち行列遅延が発生しやすい。そこで、マルチホップ環境にも対応可能なトラフィックシェーピング、パケットスケジューリング手法が求められている。

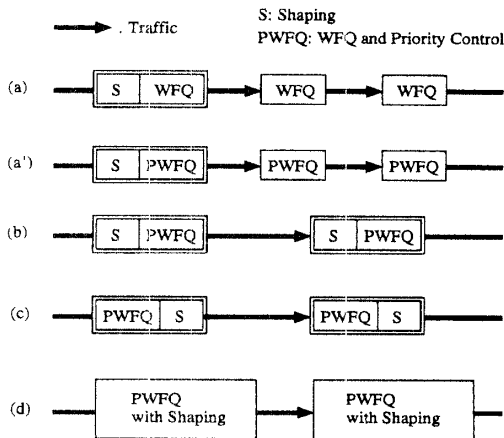


図1: マルチホップ環境におけるトラフィックシェーピングとパケットスケジューリング

これを実現するためのアプローチについてはいくつか考えられる。図1(a)はParekh(1992)による、トラフィックを入力する際にリーキーバケットつきトークンバケット手法で正規化するアプローチで、重み付け公平待ち行列法 (Weighted Fair Queueing: WFQ) と組み合わせることによって遅延上限値を保証できる[1]。しかしながら、実際のネットワークを流れるトラフィックは実時間連続メディアのように高優先度と広帯域の両者を必要としたり、仮想端末のように高優先度を必要とするが帯域保証の必要はなかったり、ファイル転送やネットワークマネジメントのように高優先度を必要としないが公平性を必要としたり、とさまざまなQoS (Quality of Service) 要件を持つ。一方、ParekhによるアプローチではWFQによって公平性を保証できるが優先度が考慮されていないため、これらのQoS要件のすべてに同時に処理できない。従って、WFQと優先度制御を組み合わせること (以後、PWFQと呼ぶ) が必要になる (図1(a'))。しかしながら、トラフィックを入力時にのみ正規化する(a')では(a)同様、遅延分散を小さくすることはできない。

そこで、ルータごとにトラフィックを正規化し、PWFQ

Qを実行するアプローチが考えられる (図1(b)(c))。しかしながら、優先度制御では高優先度のトラフィックでバーストが発生するため、高優先度のパケットがシェーピングによって廃棄される。(b)では前段のシェーピングでトラフィックを正規化しても後段のPWFQでバーストが発生するためにその次のシェーピングで高優先度のパケットが廃棄される。同様に、図1(c)では前段のPWFQでバーストが発生するために後段のシェーピングでパケットが廃棄される。

従って、トラフィックシェーピングとPWFQを別々に実行する方式ではなく、統合的に実行する方式が必要になる (図1(d))。これを実現するために、筆者らは優先度制御、Time Window, Packet Spacing, Work Conserving/not Work Conserving, Virtual Clockなどの既存のトラフィックシェーピング、パケットスケジューリング手法を共通のパラメータで制御可能にするフレームワークを提案した[2]。パラメータの共通化によってマルチホップ環境に対応可能で、また、多くの手法を実装しているため多様なQoS要件にも対応可能と考えている。

2 実験

本稿では、本フレームワークを用いた場合の、ftpトラフィックのスループット特性を実測定を通して評価した。2台のWS (SS-10) を1.5MbpsのIインタフェース回線で対向接続し、IP over Frame Relay(RFC1490)を3チャンネル確立し (図2) チャンネルごとに異なるQoS要件を設定した (表1)。この中から同時に2チャンネルを選択し、ftpトラフィックを競合させてそれぞれのスループットを測定した。

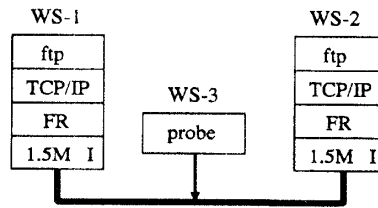


図2: 実験環境

表1: QoS要件

チャンネル	優先度	レート制御
A	高	する
B	中	しない
C	低	する

\*A method that integrates various QoS control techniques and its effect on QoS guarantees.

†Yusuke Hisada

‡Satoshi Ono

§NTT Software Laboratories

### 3 スループット特性

#### 3.1 トラフィック非競合時の特性

ftpトラフィックが競合していない時には、チャンネルBでは回線帯域をほぼ占有しているが(図3上)、チャンネルA, Cでは回線帯域の $\frac{1}{2}$ しか利用していない(図3下, 図4, 図5)。

チャンネルA, Cではレート制御が行われているため、それぞれのスループットの上限値はレート制御の設定条件で決まる。今回の測定では、チャンネルA, Cのスループット上限値は回線帯域の $\frac{1}{2}$ である。一方、チャンネルBではレート制御が行われていないため、そのスループット上限値は回線帯域とほぼ一致する。

#### 3.2 トラフィック競合時の特性

チャンネルAのチャンネルBへの競合(図3上)では、チャンネルBのスループットはトラフィック非競合時の $\frac{1}{2}$ に低下し、チャンネルAのスループットは非競合時と一致する。逆に、チャンネルBのチャンネルAへの競合(図3下)では、チャンネルAのスループットは変化せず、チャンネルBのスループットは図3上のトラフィック競合区間におけるチャンネルBのスループットと一致する。

チャンネルAの優先度はチャンネルBよりも高いため、チャンネルAの帯域が優先して保証される。このため、チャンネルBは常に残りの帯域を用いる。ただし、チャンネルAのスループット上限値は回線帯域の $\frac{1}{2}$ (第3.1節)のため、チャンネルBのスループットは回線帯域の $\frac{1}{2}$ までしか低下しない(図3)。

次に、チャンネルBのチャンネルCへの競合(図4)では、チャンネルCのスループットはトラフィック非競合時の約 $\frac{1}{3}$ へと著しく低下する。一方、チャンネルAのチャンネルCへの競合(図5)では、チャンネルCのスループットは変化しない。

チャンネルBの優先度はチャンネルCよりも高く、かつ、そのスループット上限値は回線帯域とほぼ一致する(第3.1節)ため、チャンネルCのための帯域は十分に残らない。従って、チャンネルCのスループットは著しく低下する(図4)。一方、チャンネルAの優先度はチャンネルCよりも高いが、チャンネルAのスループット上限値は回線帯域の $\frac{1}{2}$ (第3.1節)のため、チャンネルCのための帯域は回線帯域の $\frac{1}{2}$ 残っている。これは、チャンネルCのスループット上限値と一致する。従って、チャンネルCのスループットは変化しない(図5)。

### 4 まとめ

本稿では、トラフィックシェーピングとパケットスケジューリング手法を統合化したフレームワークによるftpトラフィックのスループット特性を実験を通して評価した。今後も引き続きftp, VBR (Variable Bit Rate), UDPトラフィック等を用いて各種特性評価を実施する。

なお、本実験を行うにあたり、NTTソフトウェア研究所の福田晴元氏によるトラフィック解析ソフトウェアを利用させて頂きました。感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] A. K. J. Parekh, "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks", LIDS-TH-2089, MIT Laboratory for Information and Decision Systems, Cambridge, MA, 1992.
- [2] 神林, 山下, 小野, "QoSを考慮した適応型多重化方式", 情報処理学会・マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 1993.

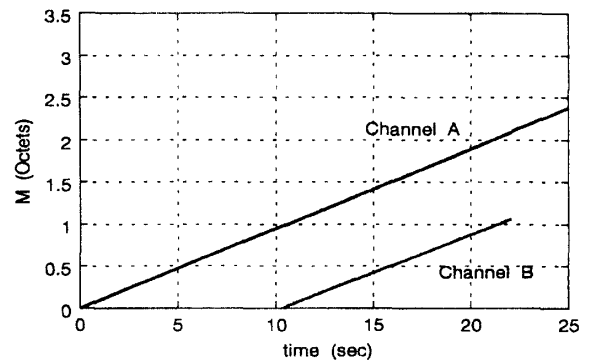
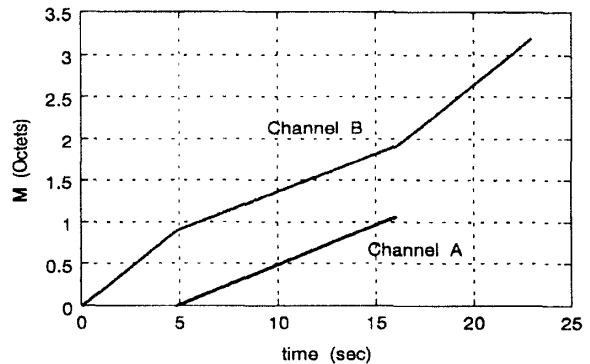


図3: チャンネルA, Bの競合

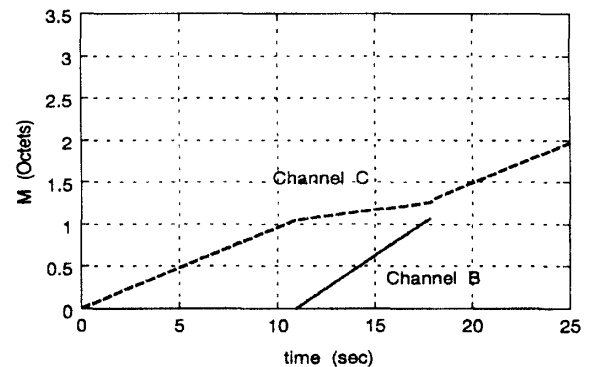


図4: チャンネルB, Cの競合

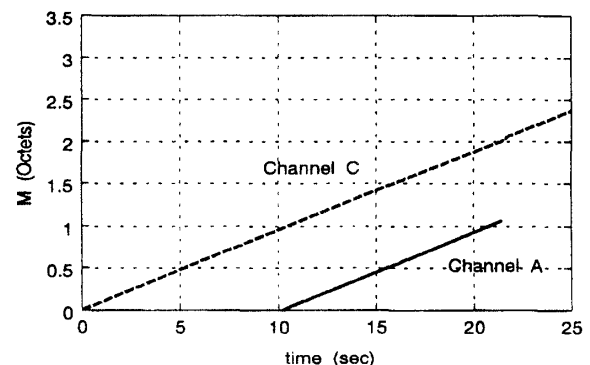


図5: チャンネルA, Cの競合