

L-3 クラス間のトラフィックの比率を保証するクラス別トラフィック量制御方式
The traffic control method for guarantee of traffic rate among classes

武井 一朗† 伊藤 智祥† 佐藤 潤一† 山口 孝雄†
Ichiro Takei Tomoaki Itoh Jun'ichi Sato Takao Yamaguchi

1. はじめに

本稿では、IP ネットワークにおいてスイッチやルータなどに搭載されるトラフィック量制御の手法について提案する。インターネットを用いたマルチメディア利用の増加に伴い、フローごとに帯域を割り当ててメディアを保護する必要性が生じてきている。従来、帯域割り当ての方法としてはスケジューリングアルゴリズムが用いられてきた。スケジューリングアルゴリズムは、各フローに対して異なるクラスを割り当て、クラス毎にキューを用意しパケットを出力する順番を制御することにより帯域割り当てを行う。しかしこの方法では、多数のクラスを収容するためにはキューの数を増やさなければならなくなるため、数万オーダーのユーザを収容する基幹系スイッチなどでは、ハードウェア規模が増大し実装が困難である。多数のユーザに対する帯域割り当てを可能にするため本稿では、単一キューを用いて、クラス間の転送データ量の相対的な比率を守るようにトラフィック量を制御するトラフィック比率制御を行う手法を提案する。また、シミュレーションにより本手法の基本動作を検証する。

2. 単一キュートラフィック比率制御方式

クラス間トラフィック比率制御を行う手法としてWFQ(Weighted Fair Queuing)がある[1]。しかし、この手法はスケジューリングアルゴリズムの一つであるため、前述の通りスケラビリティの点で問題がある。

本稿では、スケジューリングではなく、廃棄を用いてクラス間トラフィック比率制御を行う単一キュートラフィック比率制御方式を提案する。本手法では、各クラス毎に廃棄確率を変化させることによりトラフィック量制御を行う。クラス間の割り当て帯域の比率と観測した転送レートとを比較し、転送レートの高いクラスは廃棄確率を上げてパケットを廃棄されやすくすることにより転送レートを下げる。逆に、転送レートの低いクラスは廃棄確率を下げてパケットを廃棄されにくくすることにより、転送レートを上げる。これにより、単一キューでクラス間トラフィック比率制御が可能になり、収容ユーザ数の多いスイッチやルータなどにも実装が可能となる。

廃棄アルゴリズムとしては、RED(Random Early Detection)[2]をベースに用いる。REDは、図1に示す廃棄確率曲線を用いて廃棄確率を決定する。本手法では、廃棄確率曲線における最大廃棄閾値(maxTh)での廃棄確率(以後、パラメータと呼ぶ)をクラス毎に用意し変化させることにより、トラフィック量制御を行う。

パケットが到着した時の具体的な手順を説明する。

1. 到着パケットのクラスを調べる
2. 各クラスの転送レートを測定する

3. 各クラスの転送レートの値から、廃棄確率を決定するためのパラメータの値を決定する

図2に具体的な動作を示す。ここで、各クラスのうち、最も転送レートの高いクラスを基本クラスと呼ぶ(ステップ1)。 T_{def} は到着パケットのクラスに割り当てられた帯域、 T は到着パケットのクラスの転送レート、 T_{base} は基本クラスに割り当てられた帯域、 T_{base} は基本クラスの転送レート、 P は到着パケットのクラスのパラメータ、 α はパラメータの変化の単位である。

到着パケットのクラスが基本クラスかどうかを判定し(ステップ2)、基本クラスの場合は到着パケットのクラスの転送レート T と割り当て帯域 T_{def} とを比較し(ステップ3,4)、基本クラスでない場合には到着パケットのクラスの転送レートと基本クラスの転送レートとの比 T/T_{base} とそれぞれの割り当て帯域の比率 T_{def}/T_{base} とを比較する(ステップ5,6)。比較した結果、到着パケットのクラスの転送レートが割り当て帯域に比べて高い場合にはそのクラスの廃棄確率を上げ、低い場合には廃棄確率を下げるようにパラメータの値を変更する処理を行う(ステップ7,8)。

4. 平均キュー長を計算する
5. パラメータの値より廃棄確率曲線を計算し、平均キュー長の値より廃棄確率を決定する

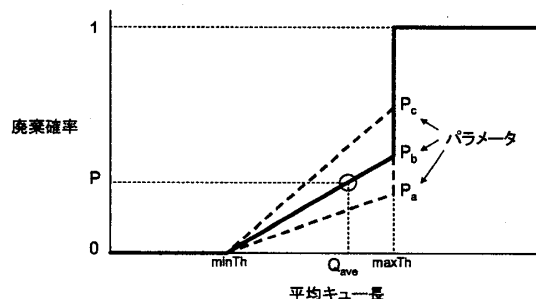


図1 廃棄確率曲線

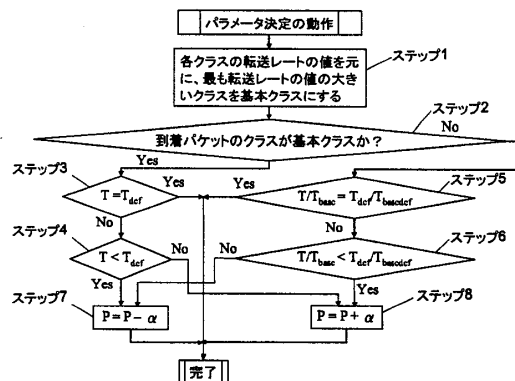


図2 パラメータ決定の動作

†松下電器産業株式会社 モバイルネットワーク研究所

3. 実験と考察

3.1 実験方法

ネットワークシミュレータ ns[3]を用いて、単一キュートラヒック比率制御方式の基本動作の検証実験を行った。クラスを3つに限定しクラス間のトラヒック比率制御が行えるかどうかを検証した。

今回実験に用いたモデルを図3に示す。ノード0,1,2からUDPフローを送信し、ノード3を通して、ノード4に送る。各ノード間を結ぶリンクの容量は100Mbpsである。ここで、ノード3はスイッチやルータにあたり、ノード3において、全てのフローは1本のキューに收容され、各フローの packets は提案手法を用いてトラヒック制御が行われる。

実験は、出力リンクへの帯域割り当てに余剰帯域が無い場合(シミュレーションI)と、余剰帯域がある場合(シミュレーションII)の二通り行った。シミュレーションIでは、各クラスのフローが割り当て帯域通りに制御できるかどうかを検証し、シミュレーションIIでは、余剰帯域を使い切って、割り当て帯域の比率通りに制御できるかどうかを検証する。各場合における、フローのクラス、送信レート、割り当て帯域を表1, 2に示す。

ノード4に到達したデータ量を測定し、各クラスの受信レートを計測した。

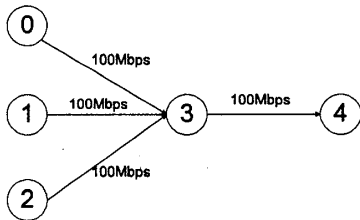


図3 シミュレーションモデル

表1 シミュレーション I

送信ノード	クラス	送信レート(Mbps)	割り当て帯域(Mbps)
0	A	50	30
1	B	50	50
2	C	50	20

表2 シミュレーション II

送信ノード	クラス	送信レート(Mbps)	割り当て帯域(Mbps)
0	A	50	20
1	B	50	30
2	C	50	10
-	D	0	40

3.2 実験結果

シミュレーション I において各クラスのノード4に到達したデータの受信レート[Mbps]を図4に示す。図中の数字は各クラスの受信レートを示す。図4を見ると、クラスBについては、割り当て帯域50Mbpsに対して、受信レートは49.2Mbpsであり、0.8Mbps(送信レートの1.6%)のロスが発生しているが、どのクラスもほぼ割り当て帯域通りトラヒック制御が行われている。

シミュレーション II においてクラスCの割り当て帯域と

受信レートを1として比を取ったグラフを図5に示す。図中の数字は各クラスの受信レートを示す。各クラスの受信レートの比は、2.03:2.71:1 になっている。割り当て帯域の比は2:3:1なので、ほぼ割り当て帯域の比率通りにトラヒック制御が行われている。

図4 受信レート (シミュレーション I)

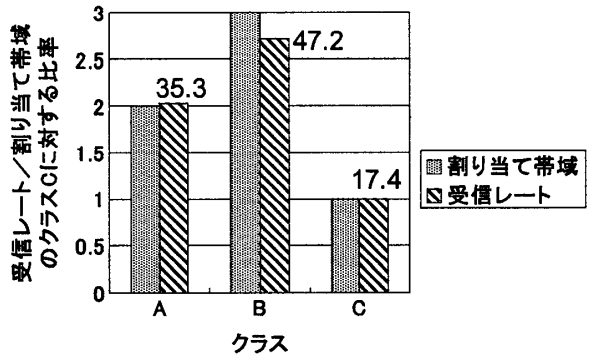
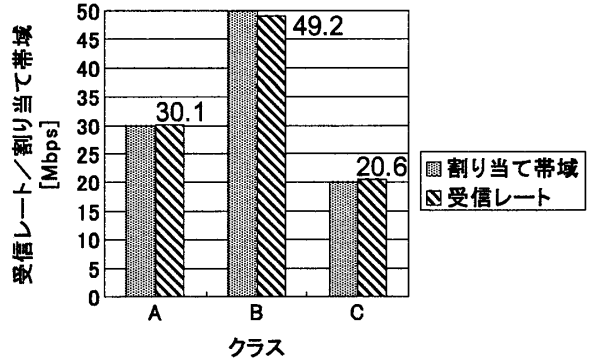


図5 受信レート (シミュレーション II)

4. おわりに

単一キュートラヒック比率制御方式を提案した。

シミュレーションにより、本手法を用いればクラス分けしたフローについて、クラス間の割り当て帯域比率通りにトラヒック制御を行えることができ、かつ、クラスに割り当てられた帯域を保証できることを示した。

今後は、フローの数を増やした場合や、TCP フローを用いた場合について、実験・検証を行っていく。

参考文献

- [1] 小泉稔, 三宅滋, 平島陽子, "ポリシーベースによる QoS 制御," オーム社開発局, pp. 39, Oct. 2001.
- [2] S. Floyd and V. Jacobson, "Random early detection gateways for congestion avoidance," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol.1, pp.397-413, Aug. 1993.
- [3] "Network Simulator - ns" available from <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.