

DiffServ を利用した帯域制御

内藤章雄¹, 八代一浩², 伊藤洋¹

¹ 山梨大学

² 山梨県立女子短期大学

概要

一般の組織がインターネットへ接続する際には、ISP(Internet Service Provider)を経由して接続する機会が多い。ISPは何らかの方法を用いて、契約に即すように回線の帯域の割り振りを行う。従来は回線速度や帯域制御装置を使用して、帯域を制御していた。しかし、これらの方法には、(1)課金に対応した公平性が実現されていない、(2)回線を有効に利用することが出来ない、といった問題点がある。本研究では、各ISPの契約に基づいた有効な回線利用を実現するため、DiffServの技術を利用した帯域制御方法を提案する。

A Band Control method using DiffServ technology.

Akio Naito¹, Kazuhiro Yatushiro², Hiroshi Ito¹

¹Yamanashi University

²Yamanashi Women's Junior College

Abstract

In the case a common organization connects with the Internet, it connects ISP(Internet Service Providers) in many cases. ISP assigns the band of a circuit according to the contract with costumers. Conventionally, circuit speed and the band control device are used to control the band of circuit. However, at least there are two problems, (1) connection fee are not realized exist, (2) we can not use the circuit effectively. In this research, in order to realize effective circuit use based on each contract of ISP, the band control method using DiffServ technology is proposed.

1 はじめに

通常、一般の組織がインターネットに接続する場合、ISP(Internet Service Provider)を通じて接続するのが一般的である。ISPは複数の組織のトラヒックを集約させ、インターネットへの接続線を共有して接続している。アクセス線は組織ごとにISPまで接続を行っている。アクセス線は、各組織の方針の元に行われるものであるが、ISPと組織間での契約に基づいた回線利用が必要となる。これまでは各回線に物理的な速度の制限を設けたり、ルータにおい

て静的に回線速度を制限したりすることで帯域制御を実現していた。

しかし、現実には共有回線の利用に際して以下のような問題がある。

- 課金に対応した公平性が実現されていない。
- 回線の有効利用がなされていない。

本研究ではこれらの問題を解決するため、Diff-Serv(Differentiated Service)技術 [1] を用いた帯域制御方法を提案する。

2 従来のネットワーク

2.1 ルータによる接続

ISP の内部で、複数の組織が共有する回線へ接続しているルータを、本稿では「共有回線ルータ」と呼ぶ。一般的には ISP から顧客に対しては接続線用のルータを配置する。現在は接続線そのものが回線の速度を制限しているため、ルータにおいて特別な方法で帯域制御を行う必要はない。

しかし、接続回線の物理的速度的制限による帯域制御には問題がある。ISP の共有回線から組織への転送は問題はない。接続線の回線速度の違いによって、自然と共有回線の利用状況に差が生まれるからである。一方、組織からインターネットへの転送では、共有回線の利用状況は、必ずしも課金に応じた回線利用とはならない場合も多い。

2.2 ブリッジによる接続

通信回線のコストの低下により、最近では光ファイバなどの高速な接続線を利用することが可能になった。この場合は組織内ネットワークの回線速度と同じ速度で接続線を用いることができる。組織と共有回線ルータはブリッジで接続することもできる。この接続方法の利点は、組織間の通信を高速に行えることである。

ブリッジ接続の場合、共有ルータにおいて静的な帯域制御を行う必要がある。具体的には、ルータにおいて組織に流すパケット量を制限することで帯域制御を行う。しかし、この場合、共有回線の有効利用ができないという問題点がある。ルータにおける帯域制御はあくまで静的なものであるため、ある時点において共有回線を利用する組織がたった1つの場合であっても、共有回線では速度の制限を受けてしまう。例えば、共有回線が10Mであり、かつ、ある時点で利用している接続は1つの組織だけであった時でも、その組織とISPとの契約が3Mであった場合は、静的な帯域制御により速度が3Mに制限される。つまり、残りの7Mは使用されないという状況になる。

3 帯域制御方針の提案

ルータによる接続における「共有回線の利用が不公平になる」という問題点については、現在のTCP/IPの転送によって生まれているものである。よって、TCP/IPに何らかの手を加えることで、この問題は解決できる。また、共有ルータにおいて静的に帯域制御を行うことでも解決できる。しかし、静的に帯域制御を行うとブリッジによる接続の問題点と同様の問題が出て来てしまう。

ブリッジによる接続の問題点は、共有回線を有効に利用できないというものである。これは平常時(輻輳状態でないとき)には帯域制御を行わないことで解決できる。つまり、平常時には転送されるフローを全て流すことで、共有回線を最大限に利用できる。

以上より、解決法は次の様にまとめられる。

ルータによる接続の問題点は、ブリッジによる接続にネットワークを変更することで十分改善できる。また、ブリッジによる接続の問題点は、共有回線に輻輳が生じた場合のみ帯域制御を行うことで解決できると考えられる。

3.1 提案する方針

本研究では以下のような帯域制御方針を提案する。

- 平常時には、回線の制御を行わない。
- 輻輳時には、一定の転送比率を実現する。

本研究では、これらの帯域制御を行うためにDiffServ技術を利用する。

4 DiffServ 技術

4.1 概要

現在のTCP/IPによる転送では、全てのパケットが平等に扱われる。よって、ネットワークを流れる転送に差が生まれることはない。しかし、近年データ転送に差を付けることで、品質保証を与えようとするQoS(Quality of Service)の考え方が生み出された。DiffServはこのQoSを実現する機構である。DiffServは現在のパケット通信技術に手を加えることでQoSを実現するので、他の方法に比べて実装が容易であ

る。DiffServ 技術の実現には様々な方法を用いることができる。

4.2 基本技術

DiffServ を実現しているネットワークを DS ドメインと呼び、DS ドメインは図 1 の様に DS エッジルータと DS コアルータによって構成される。

DS ドメイン内のパケットには、DSCP(Differentiated Service Code Point) がマーキングされ転送が行われる。DS エッジルータでは契約に従い、送られて来たパケットに DSCP をマーキングして転送する。DS コアルータでは DSCP に従い転送を調整して、次の DS コアルータへと転送する。結果としてフローは差別化され、それぞれの転送に適した転送が可能になる。差別化の方法はそのネットワークのポリシーに従うものであり、基本的には自由に設定できる。

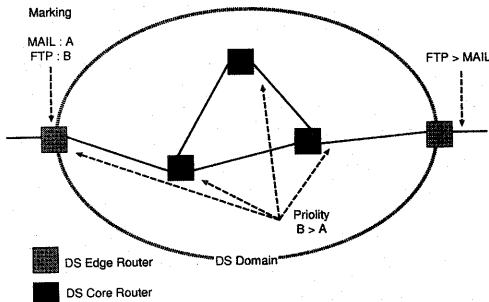


図 1. DS ドメインの構成

本研究では DiffServ の DS エッジルータに着目しているため、DS エッジルータについて説明を行う。DS エッジルータは、Classifier, Policier, Queue, Scheduler の 4 つの要素から成り立っている (図 2)。

DS エッジルータに入ってきたパケットは、まず Classifier によってクラス分けされる。クラス分けなどの DS ドメインの方針は PHB(Per Hop Behavior) として記述され、ルータはこの PHB に沿って転送を行う。クラス分けされたパケットは、Policier によって流れを整えられて、Queue に入れられる。Policier では同時に、方針に従わないパケットなどを廃棄したり、場合によってはマーキングも行われる。Queue はクラス分けに従って構成される。基本的には同じ

マーキングのものが同じ Queue に入ることになる。そして、Scheduler は各々のキューから取り出すパケットの量を調節し転送する。

以上の動作により、DiffServ はフローごと差別化した様々な転送を実現することができる。また、Policier などの各機能は互いに独立であるので、これらの機能を分散させて実現することも可能である。

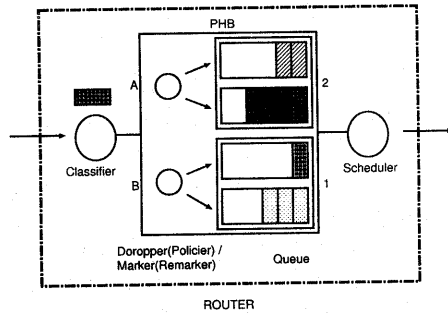


図 2 DS エッジルータ

5 提案する帯域制御方式

5.1 モデリング

通常はフロー毎に DSCP をマーキングしているところを、本研究では組織毎に DSCP をマーキングすることで、組織毎に転送の差を付けた。結果として、ISP 共有回線で組織ごとに一定の比率の転送を実現することができる。また、一定の比率が生まれるのは、共有回線に輻輳が生じている場合のみであるため、輻輳が起っていない通常では転送されるフローは全て流れることになる。よって、平常時にも共有回線を有効利用することも可能である。

最初は、シンプルなケースに適応する場合について考える。例として、2つの組織が ISP 共有回線ルータに接続しているような場合を考える。2つの組織は 1:2 で帯域制御をする契約を結んでいるとする。この場合、片方の組織の DSCP を A、もう片方を B と言うようにマーキングする。共有回線ルータではパケットの DSCP を見てクラス分けをし、一定の割合で転送を行う。結果として、組織毎に流れるパケット量の比率が 1:2 になり、結果として帯域も 1:2

になる。このように DiffServ を用いることで、提案する帯域制御を実現することができる。

5.2 拡張アルゴリズム

実際のネットワークでは、ISP 共有回線ルータに 2 つの組織が接続しているような単純な場合ばかりではない。そこで、これからネットワークがより複雑になった場合のアルゴリズムを提案する。

まず、共有回線ルータに複数の組織が接続する状況を考える。このような状況を本論文では「広さに対する拡張」と呼ぶことにする。

広さに対する拡張への対応として、クラス分けによる DSCP の集約を行う。

まず、サービスに応じた幾つかのクラスを用意する。例えば、ファーストクラス、ビジネスクラス、エコノミークラスのような 3 クラスを考える。そして、接続組織を契約によってクラスに振り分ける。DSCP はクラス毎に異なったものを与える。ISP は複数の組織をクラス単位で集約することができる。これにより、共有回線ルータでの設定も比較的容易なものになり、また、多くの組織を効率的に収容することが可能になる。

次に、組織内に複数のユーザが接続している状況を考える。このような状況を本論文では「深さに対する拡張」と呼ぶ。この場合は階層化による解決法を提案する。

組織内部はツリーのように階層的にユーザを収容することで対応できる。その場合組織ごとに DSCP を適用する。組織内のユーザは全て同じ DSCP で再マーケティングが行われることで、上位 ISP の共有回線における帯域制御をスムーズに行うことが可能になる。また、組織内でも DiffServ を適用することが可能であり、ユーザ毎に異なったサービスを与えることも可能である。この場合はルータを介した DS ドメイン間の接続として置き換えることができる。実質的には動作は変わらず帯域制御を行うことができる。

以上の 2 つの拡張に対する解決法を組み合わせることにより、より広く深い複雑なネットワーク対し

ても、DiffServ を利用した帯域制御方法を適応可能である。

6 シミュレーション

提案した帯域制御の有用性を確かめるため、シミュレーションを行った。モデルは単純なモデルであるシンプルモデル、深さに対する拡張モデル、広さに対する拡張モデルの 3 つを使用した。シミュレータには DiffServ のパッチ [4] を当て、シミュレーション上で Diffserv を利用した帯域制御方法を実現した。

6.1 具体的な動作

シミュレーションにおける DS ドメインルータは以下のような方針で実装した。

組織から転送されて来たパケットに対し、ISP 内の共有ルータはマーケティングを行う。例えば、組織 1 では 30、組織 2 では 50 のように DSCP を付ける。マーケティングされたパケットは共有ルータにおける動作により一定の比率で転送される。

共有ルータの構成としては、Policer にはトークンパケットを使用する。トークンパケットによりパケットの流れは整えられ、マーケティングされ Queue に振り分けられる。輻輳状態の時、いくつかのパケットはランクを落とした DSCP に書き換えられ、下のランクの Queue に送られる。これにより、適切な転送を行えるようにする。

また、Queue には RED [3] を基礎とした dsRED を使用する。dsRED キューはデフォルトでは、4 つの物理キューを持つ。また、物理キューの中には 3 つの仮想キューが存在する。物理キューがクラス分けであり、仮想キューが優先度分けに当てられる。RED の機構は、TCP の輻輳回避をより有効に働くようにして、輻輳崩壊を防ぐアルゴリズムを持つ。RED は輻輳が起り始めると、キューの中のパケットをランダムに落とし、予めパケット損失を生むことで TCP にネットワークの輻輳を示す。TCP はパケットの損失を確認して、転送量を減らす。この RED の機構を使用することにより、より有効に転送を制御することが出来る。

また、Scheduler には WRR (Weighted Round Robin)

を使用し、重み付けに従った転送を行う。WRRは重み付けの通りにタイミングを調整して、キューからパケットを取り出し転送する。これはUDPストリームなどを制御するのに非常に効果的である。これらの動作により、共有回線に輻輳が起こったときだけに帯域制御を行う事が可能になる。

6.2 シンプルモデル

6.2.1 概要

まず最初に、シンプルなケースに対して共有回線の利用状況を調べた。モデルは図3のものを使用した。マーキングはノードで行い flow1には DSCP00, flow2には DSCP10 を付ける。DiffServの設定では flow1は1M, flow2は2Mの帯域を割り当てた。これにより、flow1とflow2の回線速度が1:2になるようにした。使用したアプリケーションは表1にまとめる。

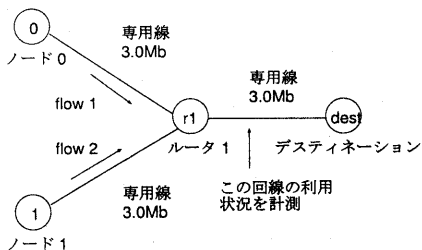


図3. シンプルモデル

表1. アプリケーションの組合せ

	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
Flow 1	UDP (3.0M)	UDP (3.0M)	FTP	FTP
Flow 2	UDP (3.0M)	FTP	UDP (3.0M)	FTP

6.2.2 結果

結果はどれも期待通りになった。代表的な結果として、アプリケーションに flow1に FTP, flow2に

CBRを使用した時の結果を図4に示す。

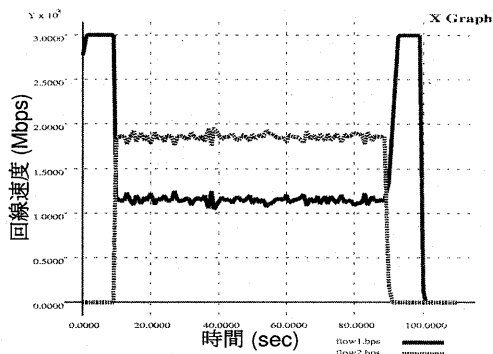


図4. シンプルケース (FTP-CBR) 結果

結果より、DiffServを使用することで期待通りの帯域制御である、使用帯域比率が1:2を実現できていることがわかる。また、アプリケーションを変えても結果は同様であるので、この帯域制御方法ではアプリケーションによる影響は無く、汎用的であるとと言える。

6.3 広さに対する拡張モデル

6.3.1 概要

広さに対する拡張は、DSCPを集約することで行うことができる。モデルは共有回線ノードに6つのISPが接続している状況を想定して作成した(図5)。

このモデルでは2つのクラスを用意してISPに接続する組織の集約を行った。クラス1とクラス2の転送比率は1:2を保証する。クラス1には10, クラス2には20のDSCPを割り当てた。クラス1に含まれるノードはnode0からnode2であり、クラス2に含まれるノードはnode3からnode5である。全てのノードのアプリケーションはFTPを使用した。

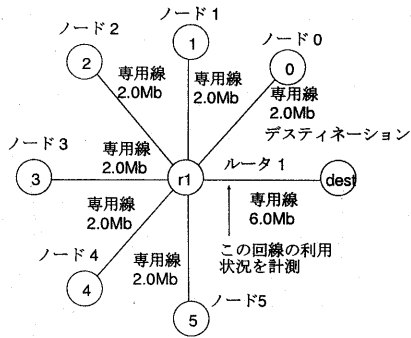


図 5. 広さに対する拡張モデル

6.3.2 結果

結果は以下の通りになった。図 6 に示す。

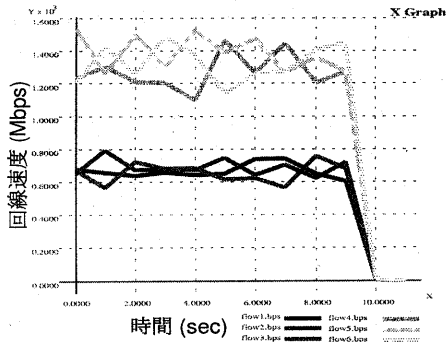


図 6. 広さに対する拡張ケース結果

回線速度の平均より、クラス 1 の回線速度とクラス 2 の回線速度との比率は、ほぼ 1 対 2 であり、期待通りの結果になった。よって、クラスごとの帯域比重にそった帯域制御を行うことが出来た。

6.4 深さに対する拡張モデル

6.4.1 概要

深さに対する拡張は、階層化することで行うことができる。モデルは、各組織に 3 つのユーザが存在する状況を想定して作成した。モデルは図 7 に示す。

基本的には、ISP の出口で再マーキングを行うことで階層化されたユーザを集約しているのであるが、

シミュレータの機能として再マーキングをサポートしていなかったため、同意のシミュレーションとして、組織内のノードに対して同じ DSCP を与えた。これにより、再マーキングを行った場合と同様の状態を実現できる。よって、node0 から node2 には組織 1 の DSCP として 10、node3 から node5 には組織 2 の DSCP として 20 のマーキングを行った。また、全てのノードのアプリケーションには FTP を使用した。

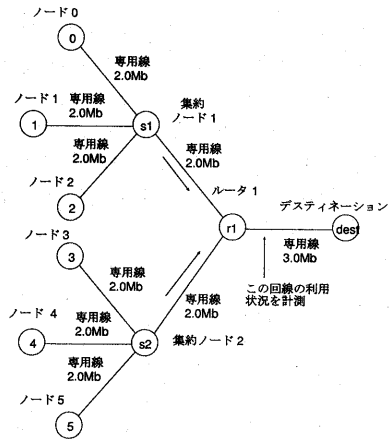


図 7. 深さに対する拡張モデル

6.4.2 結果

結果は以下の通りになった。

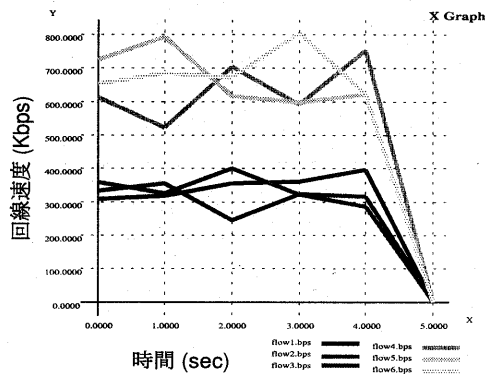


図 8. 深さに対する拡張結果

組織 1 の回線速度と組織 2 の回線速度との比率は、
ほぼ 1 対 2 であり、期待通りの結果になった。

7 おわりに

本稿では、従来のネットワークの問題点を解決するため、以下のような帯域制御方針を提示した。

- 平常時には、回線の制御を行わない。
- 輻輳時には、一定の転送比率を実現する。

この帯域制御方針に従って帯域制御を行うことで、平常時には共有回線を有効利用しつつ、また輻輳時にも課金に応じた帯域の保証を行うことが可能になる。

本研究では、この帯域制御方針を DiffServ の技術を利用することで実現を行った。また広さと深さに対する拡張の方法も同時に提案した。

- 広さに対する拡張は、サービス毎に集約を行う方法で対応できる。
- 深さに対する拡張は、階層化する方法で対応できる。

これらの集約や階層化による拡張の方法を組み合わせることにより、提案する帯域制御方法をより複雑なネットワークにも対応させることが可能になり、より多くの組織体やユーザを収容することができる。

参考文献

- [1] Blake, S, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss: An Architecture for Differentiated Services, RFC 2475, December 1998.
- [2] McCanne, S, and Floyd. S: Network Simulator -ns -2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [3] Floyd. S, and V. Jacobson: Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance, 1993.
- [4] Open IP, Nortel Networks: Diffserv Model for the NS2 simulator, July 2000. <http://www7.nortel.com:8080/CTL/>