区分化サービス利用時の
端点間サービスの動的な提供に関する研究

慶應義塾大学環境情報学部村井研究室
頴原 桂二郎
popo@sfc.wide.ad.jp
指導教官
慶應義塾大学環境情報学部
村井 純

平成 12 年 2 月 28 日

概 要

本研究では分散ネットワーク環境で、一貫した区分化サービスを動的に提供できる帯域管理機構を実現するプロトコルを設計した。このプロトコルを実装することで、ユーザの動的なサービス要求に対応できる。

多くの通信は区分化サービスの運用単位であるひとつの DS ドメイン内だけで完結していない。DS ドメインの境界を越えて区分化サービスを受けるには、隣接ドメインでも区分化サービスが設定されていなければならない。区分化サービスを隣接ドメインに引き継ぐための、情報交換を動的に行なう帯域管理機構のプロトコルは決まっておらず、ユーザの要求を即時に処理することはできない。

本研究では、DS ドメインを越えて一貫した区分化サービス提供のために、帯域管理機構 同士の通信で利用するプロトコルを設計した。このプロトコルを利用することで、区分化サービスの開始と終了をユーザが決定できるようになる。

本システムによって帯域管理機構に欠かせない機能が実現でき、区分化サービスの運用が可能となる。また、管理母体の異なる分散ドメイン間で協調的にネットワーク資源を共有することで、トラフィックの通信特性に合わせた適切な転送方法をユーザの要求に従って提供し、インターネットの利用価値と可能性を大きく向上させる。

Abstract

This research designs a BB (Bandwidth Broker) with inter-domain dynamic service provisioning protocol in the Internet. This protocol enables dynamic bandwidth allocation.

Not all the traffic are inner traffic of the DS domain, provisioning inter-domain services need downstream domain to be set up services. In the internet draft, the inter-domain BB protocol is not clearly designed. It is hard to proccess user's request in a short term on demand.

This research designs a protocol for inter-domain dynamic service provisioning in Diffserv networks. Users are allowed to decide the start-time and end-time of the services.

This system designed in this research enables full BB function and Diffserv managements

目 次

第 1 章 序論 **1**

1.1 はじめに . . . 1

1.2 本研究の目的 . . . 1

1.3 本論文の構成 . . . 2

第 2 章 帯域管理機構の現状と問題点 **3**

2.1 インターネットアーキテクチャと統合化サービス . . . 3

2.2 区分化サービスアーキテクチャ . . . 3

2.3 帯域管理機構 . . . 6

2.3.1 概要 . . . 6

2.3.2 ネットワーク資源の割り当て状況の管理 . . . 6

2.3.3 転送を行なうルータの設定 . . . 7

2.3.4 ユーザや上流ドメインからの要求の判断と資源の割当て . . . 7

2.3.5 下流ドメインの帯域管理機構への資源割当て要求 . . . 7

2.4 帯域管理機構の現状 . . . 7

第 3 章 帯域管理機構のドメイン間通信プロトコルの設計 **9**

3.1 ドメイン間通信の概要 . . . 9

3.2 メッセージとオブジェクト . . . 10

3.2.1 メッセージの種類 . . . 10

3.2.2 オブジェクトの種類 . . . 12

3.2.3 メッセージとオブジェクトの対応 . . . 13

3.2.4 パケットフォーマット . . . 14

3.3 サービス要求先ドメインの発見法 . . . 16

3.4 隣接帯域管理機構のアドレス発見法 . . . 16

第 4 章 実現される機能 **17**

4.1 ユーザの要求に応じたサービスの動的な提供 . . . 17

第 5 章 結論 **19**

5.1 まとめ . . . 19

5.2 今後の課題 . . . 19

第 6 章 謝辞 **20**

図 目 次

2.1 DS ドメイン 4
2.2 境界ルータにおけるパケット分類機構及びトラフィック調整機構 4
2.3 IPv4 パケットヘッダの DS フィールド 5
2.4 IPv6 パケットヘッダの DS フィールド 5
2.5 サービスを結んだユーザのトラフィック 6
2.6 帯域管理機構の機能 7

3.1 要求-応答型の通信 9
3.2 帯域管理機構の通信の流れ (ドメイン数 2) 10
3.3 帯域管理機構の通信の流れ (ドメイン数 3 以上) 10
3.4 サービス解除要求の流れ 11
3.5 パケットフォーマット 14
3.6 オブジェクトフォーマット 15

表 目 次

3.1 オブジェクト一覧 16

第1章　序論

1.1　はじめに

ビデオストリームや音声などの実時間性を必要とするマルチメディア情報は、転送の際に遅延や遅延の揺らぎを最小にしなければならない。しかし現状のインターネットでは全てのパケットを同等に転送する最善努力型なので、実時間性が求められるトラフィックをその要求通り転送できない。このため、実時間性が求められるビデオストリームや多少の遅延が許されるファイル転送といった、性質の異なるトラフィックの通信特性を許容する転送時の処理が必要になった。

パケットを区別することで転送時に異なる処理を可能とした機構に、区分化サービス (Differentiated Services) がある。区分化サービスは、帯域管理母体である DS ドメイン (Differentiated Services Domain) 内で、転送時の処理に関連付けられた値をパケットにラベル付けし、その値を参照することで異なる処理を実現する。区分化サービスの利用する帯域資源の管理と設定は、DS ドメイン内の帯域管理機構 (Bandwidth Broker) が行なう。

多くの通信はひとつの DS ドメイン内だけで完結していないので、DS ドメイン の境界を越えたサービスの設定が必要となるが、帯域管理機構は自分の DS ドメインの資源しか管理しない。従って、ドメイン境界を越えた帯域管理機構同士のサービス情報交換手順が必要となる。この交換手順を動的に行なう機能は決まっていないが、欠かすことはできない。

1.2　本研究の目的

本研究では、異なる DS ドメインにおいて同様のサービスを動的に提供する、帯域管理機構同士の通信プロトコルを設計する。

区分化サービスと帯域管理機構は現在標準化に向けて議論の最中であり、運用段階にはない。帯域管理機構の設計の方針は決定しているが、試験用の実装が行なわれている程度である。また、それらの多くは帯域管理機構に期待される機能のひとつである、区分化サービスネットワークのルータしか設定しない。

そこで本研究では、DS ドメインを越えるサービスを提供するための機能である、隣接しあうドメインの帯域管理機構同士の通信プロトコルを設計する。このプロトコルを利用することで短期間のサービスを素早く提供でき、ユーザは必要に応じてサービスを受けられるようになる。

本研究で設計するシステムは、管理母体の異なる分散ドメイン間で協調的にネットワーク資源を共有することで、トラフィックの通信特性に合わせた適切な転送方法を提供し、インターネットの利用価値と可能性を大きく向上させるものである。

1.3　本論文の構成

本論文では、第 2 章にて区分化サービスと帯域管理機構の機能と役割について触れ、問題点を明らかにする。第 3 章では、帯域管理機構同士の通信に期待される機能とそれを実現するための通信内容を決定し、本システムの設計を述べる。第 4 章では、本システムによって実現される機能について述べ、第 5 章の結論で本論文を締めくくる。

第2章　帯域管理機構の現状と問題点

本章では、帯域管理機構の現状と問題点について述べる。2.1 節では、インターネットでのパケット転送に対する優先制御をするための統合化サービスアーキテクチャについて述べる。次に、2.2 節では規模性を考慮してインターネットで優先制御をするための区分化サービスアーキテクチャについて述べる。2.3 節では、区分化サービスアーキテクチャ内で帯域を管理する機構である帯域管理機構について述べる。2.4 節では帯域管理機構の問題点について述べる。

2.1　インターネットアーキテクチャと統合化サービス

インターネットアーキテクチャは最善努力型であるため、転送されるパケットに対する遅延や到達性は保証されない。しかし、インターネットには様々なトラフィックが流れており、遅延に対する要求もそれぞれのトラフィックで異なる。例えば、ftp といったデータを転送するプログラムでは個々のパケットに対する遅延が大きくても、転送できるデータ量が多ければサービス自体に大きな影響は生じない。しかし、IP 電話などの音声通信では、小さな遅延を要求するため、個々のパケットに対する遅延が大きくなるとサービスに大きな影響を与えてしまう。

そのような個々のトラフィックの特性に合わせて、ルータでの挙動を変化させる統合化サービス[14]アーキテクチャが IETF(Internet Engineering Task Force)[13]において提案された。統合化サービスアーキテクチャでは、全てのインターネットトラフィックはフローという単位に分けられる。フローとは、あるサービスのために送信ノードから特定の宛先に対して送信されるデータの流れである。統合化サービスアーキテクチャでは、ルータは IP の送信元アドレス、送信先アドレス、トランスポートプロトコル、ポート番号などを利用してフローを識別する。識別したフローが優先的に扱うものである場合には、そのフローを優先的に転送する。

統合化サービスアーキテクチャでは、ルータは全てのパケットのフロー識別を行なう必要がある。また、各フローに対して優先度を設定できるため、それぞれのフローに対する状態を維持しなくてはならない。そのため、大量のフローが流れるバックボーンネットワークでは、統合化サービスアーキテクチャは機能しない。

2.2　区分化サービスアーキテクチャ

フロー情報を集約し、ルータに対する負荷を軽減した優先制御を行なうアーキテクチャとして、IETF において区分化サービスが提案された。区分化サービスにおけるフローの集約は、パケットを分類することにより実現される。区分化サービスは、同一のポリシで運用される DS ドメインを単位として管理される。

図 2.1 に、DS ドメインの構成を示す。DS ドメインでは、転送を行なうルータは境界ルータと内部ルータに分けられる。境界ルータ とは、隣接ドメインに接続されているルータのことであり、内部ルータ とは境界ルータ以外のルータを指す。区分化サービスアーキテクチャでは、ルータに対する負荷をさらに軽

減するために、パケットの分類やトラフィックの調整といった複雑な処理は境界ルータのみが行うようになっている。内部ルータはパケットの分類に従った転送を行うだけでよい。

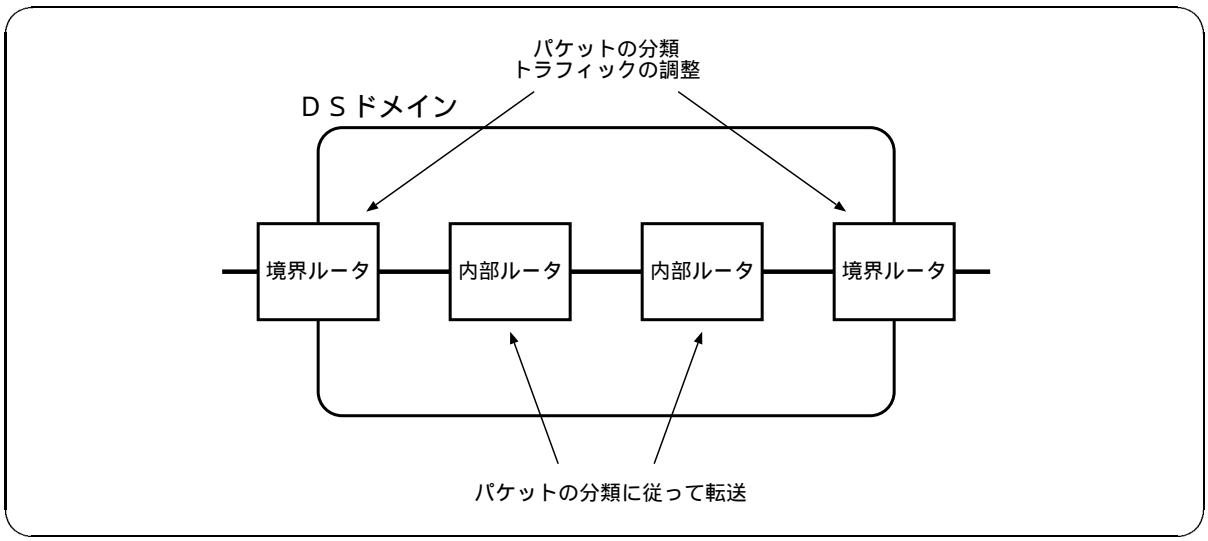

図 2.1: DS ドメイン

図 2.2 に、境界ルータでの各パケットに対する分類と調整の過程を示す。DS ドメインに入ってくるパケットは、始めにパケット分類機構によって分類される。パケットは分類に応じてラベル付けされ、平滑化もしくは破棄されて出力される。フローにおける転送量を測定機構で評価し、平滑化や破棄の挙動に反映させることもできる。

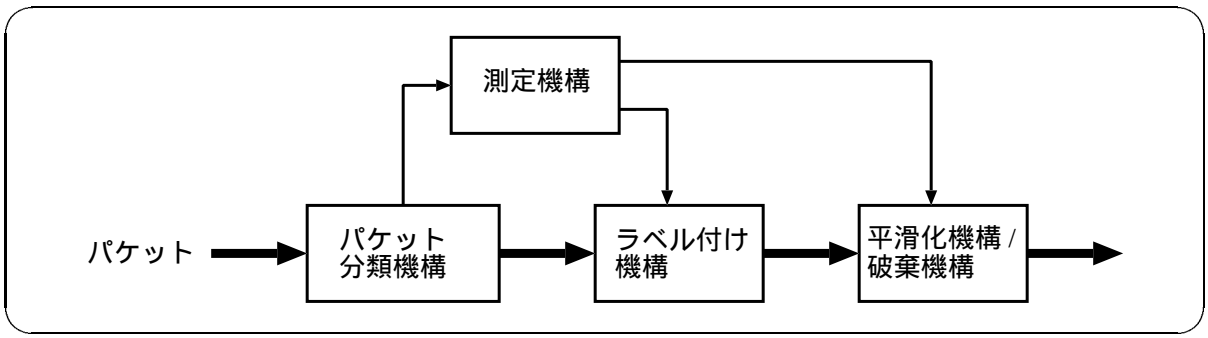

図 2.2: 境界ルータにおけるパケット分類機構及びトラフィック調整機構

区分化サービスアーキテクチャでは、各パケットに対するラベル付けは IP ヘッダの DS フィールド (DS Field) を利用する。図 2.3 及び 2.4 に、IP パケットヘッダ内の DS フィールドを示す。DS フィールドは、IPv4 パケットヘッダのサービスタイプ (Type of Service) フィールド及び IPv6 パケットヘッダのトラフィッククラス (Traffic Class) フィールドの上位 6 ビットに相当する。

DS フィールドに記述される内容は、DS コードポイント (DS CodePoint) と呼ばれる。DS コードポイントに対する各ルータでの転送時の振舞いを PHB (Per-Hop Behavior) という。DS コードポイントに対する PHB には、区分化サービスネットワークで標準化されるものもあるが、各ネットワークが独自に使える空間も残してある。

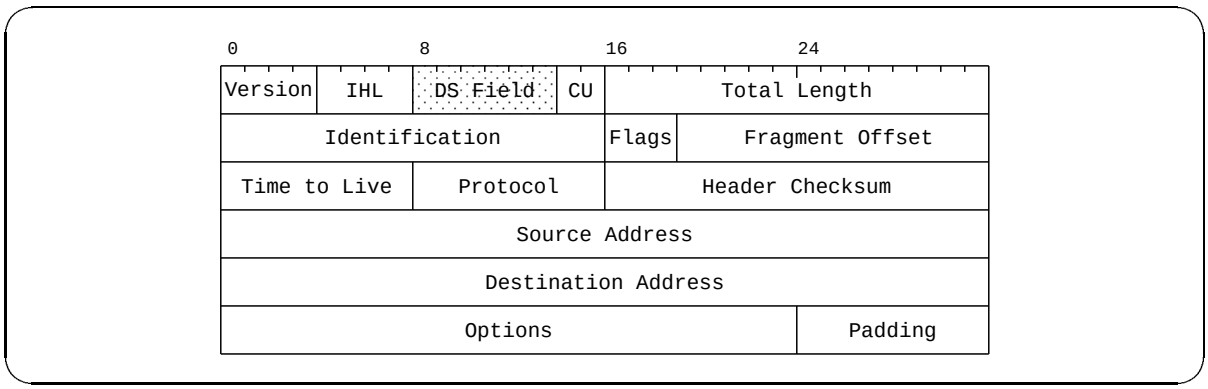

図 2.3: IPv4 パケットヘッダの DS フィールド

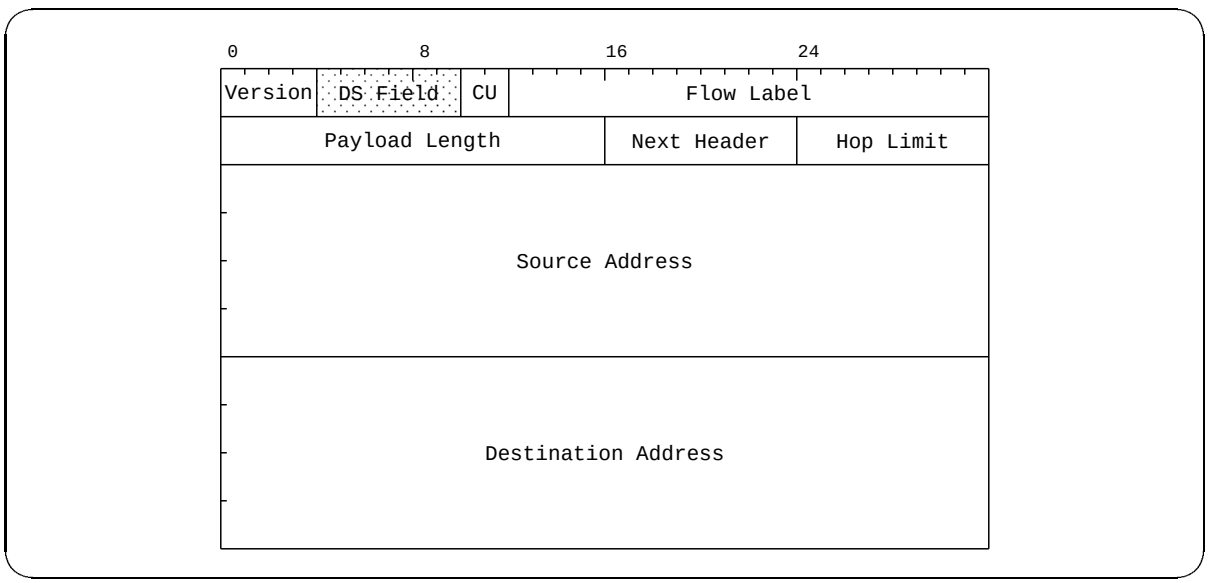

図 2.4: IPv6 パケットヘッダの DS フィールド

2.3 帯域管理機構

2.3.1 概要

パケットのラベル付け方法、区分化サービスネットワーク入口での分類方法や内部ルータにおける転送方法はサービスによって規定され、トラフィックストリームに割当てられるネットワーク資源が決定する。このサービス規定は、区分化サービスプロバイダとユーザ、あるいは区分化サービスプロバイダの間で結ばれる。図 2.5 は、区分化サービスプロバイダとサービスを結んだユーザのトラフィックが、他の一般トラフィックよりも優先転送されていることを示している。

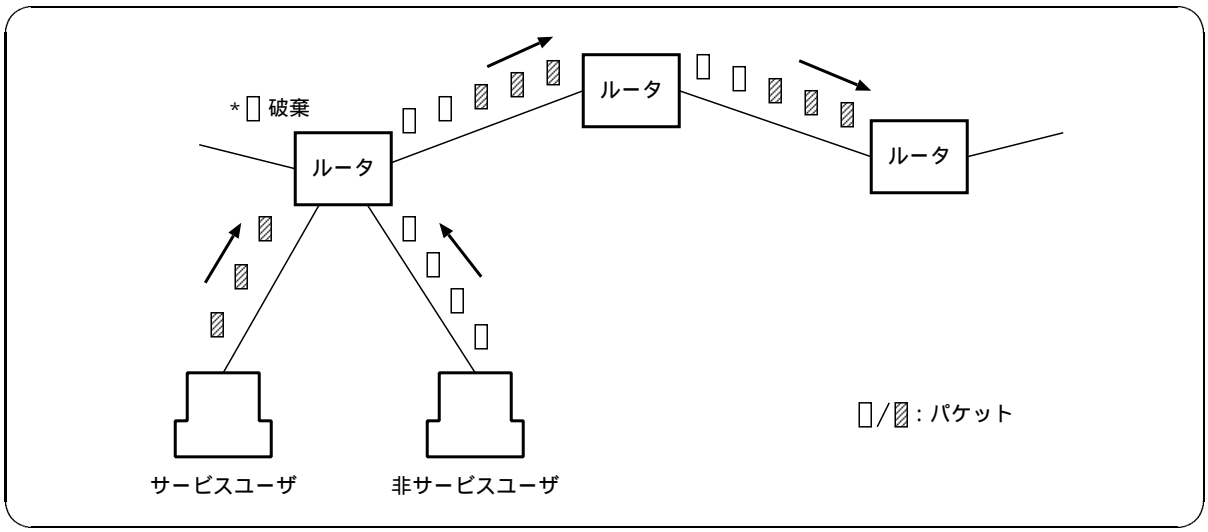

図 2.5: サービスを結んだユーザのトラフィック

区分化サービスアーキテクチャは、パケットを分類し異なる転送処理を行なうものであり、分類などの規則については外部から制御する必要がある。区分化サービスを制御するものとして、帯域管理機構 (Bandwidth Broker) が提案されている。帯域管理機構は、区分化サービスの運用単位であるネットワーク内に設置される。帯域管理機構に求められる機能を以下に述べる。図 2.6 にその概観を示す。

- ネットワーク資源の割当て状況の管理
- 転送を行なうルータの設定
- ユーザや上流ドメインからの要求の判断と資源の割当て
- 下流ドメインの帯域管理機構への資源割当て要求

2.3.2 ネットワーク資源の割り当て状況の管理

区分化サービスネットワーク内のルータでフローの集約それぞれに割当てられているネットワーク資源の状態を収集する。その情報を元に、ユーザや隣接ドメインの帯域管理機構から送られてくるサービス設定要求を処理する際の判断 (アドミッションコントロール) を行なう。

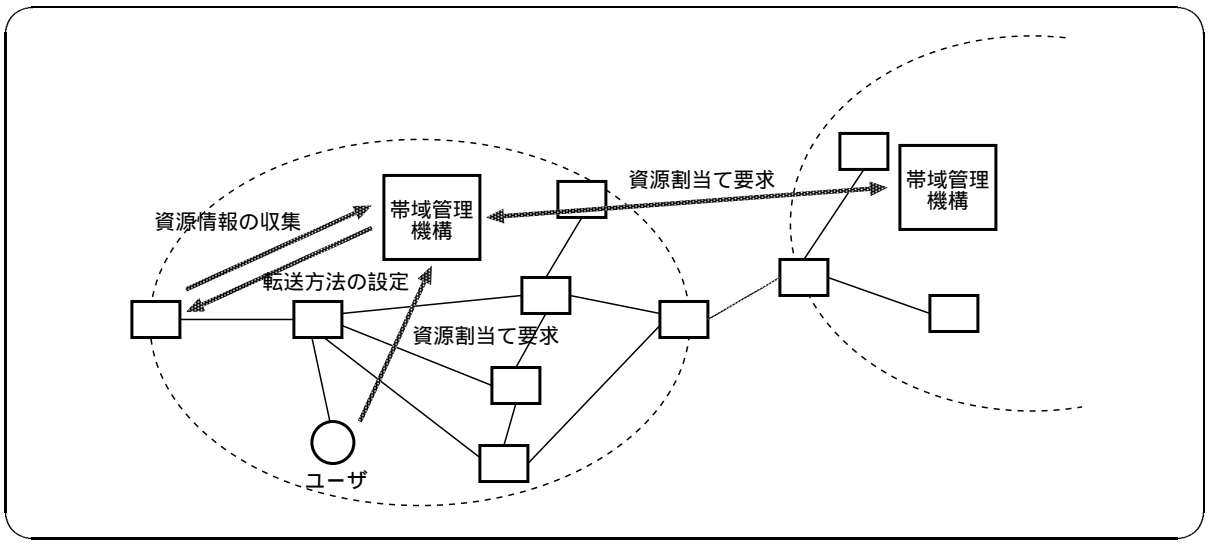

図 2.6: 帯域管理機構の機能

2.3.3 転送を行なうルータの設定

DS コードポイントと PHB の対応が変わったときや新たに対応させる場合に対応表は、各ルータに設定される。また、特に境界ルータに対しては上流ドメインで利用されている DS コードポイントなどの情報と自分のドメインで利用している DS コードポイントとの対応表を設定することで、下流ドメインへのサービスの引き継ぎができる。

2.3.4 ユーザや上流ドメインからの要求の判断と資源の割当て

ユーザや上流ドメインから資源割当て要求があった場合、まず資源の割当て状況を調べ、割当てることが可能かどうかを判断する (アドミッションコントロール)。また、同時にその要求がサービスを受ける資格を持つ者からのものであるかを判断する (ポリシコントロール)。これらの判断を通過した場合に、必要であれば新たに DS コードポイントや PHB を対応付けし、転送を行なうルータを設定する。

2.3.5 下流ドメインの帯域管理機構への資源割当て要求

異なるドメインでは、同一の PHB や DS コードポイントと PHB の対応表を利用しているとは限らない。異なるドメインで同様のサービスを受けるためには、どの DS コードポイントがどのような PHB に対応しているかなどのサービス規定 (SLS: Service Level Specification) を交換する必要がある。この通信により、下流ドメインにおいてもサービスを受けることができる。

2.4 帯域管理機構の現状

現在、区分化サービスは運用段階になく、区分化サービスを制御する帯域管理機構も同様に運用されていない。帯域管理機構についてのさまざまな提案や実装がなされてはいるものの、実装の多くはドメイン内

通信に関するものである。ドメイン内通信の目的は、ドメイン境界及び内部のルータの設定のためにある。

閉じているドメイン内部だけに通用するトラフィックであれば、隣接ドメインとのサービス規定を考える必要はない。しかし、インターネットを利用した国際電話といったモデルを例にすると、複数のドメインを通過すると想定され、隣接ドメインとのサービス規定を考慮に入れないと区分化サービスが機能しない。そのため、隣接しあう帯域管理機構同士の通信方法の標準化と、動的な SLS の設定は必要不可欠と言える。

ドメイン間通信の目的は、隣接するドメインとの境界における動的な SLS の交換である。SLS とはトラフィックストリームが DS ドメインから受けるサービスを決定するパラメータとその値の集合であり、通常これらの情報は各 DS ドメインにおいて共通ではない。サービスがすべて固定であれば、SLS は静的であってもよい。しかし、一時的にドメインを越えて一定の帯域が必要になった場合などは、ユーザの要求に応じて動的に隣接ドメインの帯域管理機構と通信して、サービス要求を引き継ぐ必要がある。現在のところ、SLS のフォーマットとドメイン間帯域管理機構通信プロトコルについて具体的な設計はないが、これらを実現することで、ユーザの利用したい短期間だけのサービスが実現し、インターネットを利用した電話、ビデオ会議システムなどの運用が可能となる。

第3章　帯域管理機構のドメイン間通信プロトコルの設計

本章では、隣接しあう帯域管理機構同士の DS ドメインを越えた通信による動的なサービス設定のためのプロトコルの設計を述べる。

3.1　ドメイン間通信の概要

本章にて述べるプロトコルは、帯域管理機構と、隣接するドメイン内の帯域管理機構との通信で使用される。この通信は、トランスポートプロトコルとして TCP を利用した、図 3.1 に示される要求-応答型である。

この通信プロトコルは、ある DS ドメインでサービスを受けていたトラフィックが、下流の DS ドメインでもネットワーク資源を割当ててもらえるようにサービスの設定と解除を行なうためのものである。

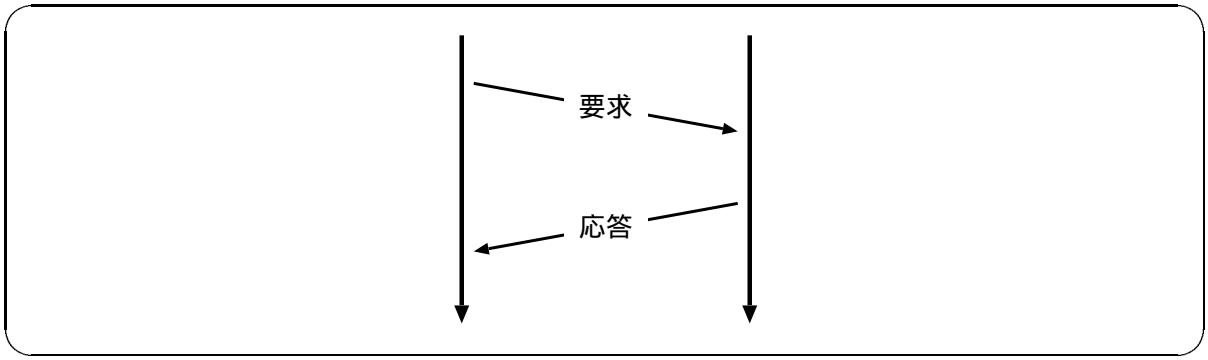

図 3.1: 要求-応答型の通信

図 3.2 に、帯域管理機構の通信の流れを示す。ドメインの管理者による設定やユーザの資源要求によって、ドメイン A とドメイン B との間でサービスの設定が必要になると、帯域管理機構 A は帯域管理機構 B に対して TCP 接続した後に、サービス設定要求メッセージを送信する。サービス設定要求メッセージを受けとった帯域管理機構 B は、ポリシコントロールとアドミッションコントロールを行なう。これらの判断を通過すると資源の割当てを行ない、資源情報を更新する。実際の資源の割当ては、帯域管理機構のドメイン内通信にまかせるものとする。資源の割当てが完了すると、帯域管理機構 B は帯域管理機構 A にサービス設定完了メッセージ を送信する。2 つの判断を通過しなかった場合は、サービス設定完了メッセージの代わりにサービス設定拒否メッセージを送信する。サービス設定完了メッセージやサービス設定拒否メッセージを送信後は、TCP 接続は終了される。

図 3.3 に、ドメイン A からドメイン C までのサービスの設定を行なうモデルを示す。図 3.2 と同様の手順で進み、帯域管理機構 B はポリシコントロールとアドミッションコントロールを行なう。サービス範囲

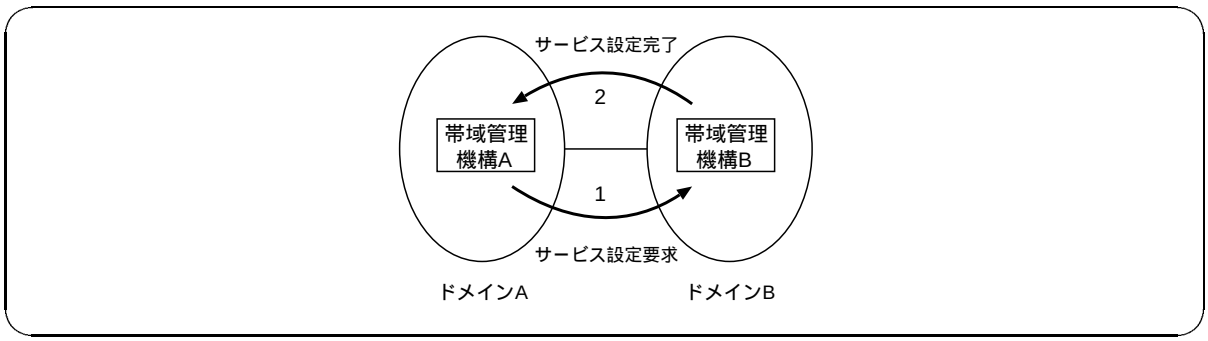

図 3.2: 帯域管理機構の通信の流れ (ドメイン数 2)

がドメイン B まででないことを確認すると、新たに帯域管理機構 B に対してサービス設定要求メッセージを送信する。このように再帰的にサービス設定要求メッセージを送信することで、3 つ以上のドメインに対してもサービスを設定できる。

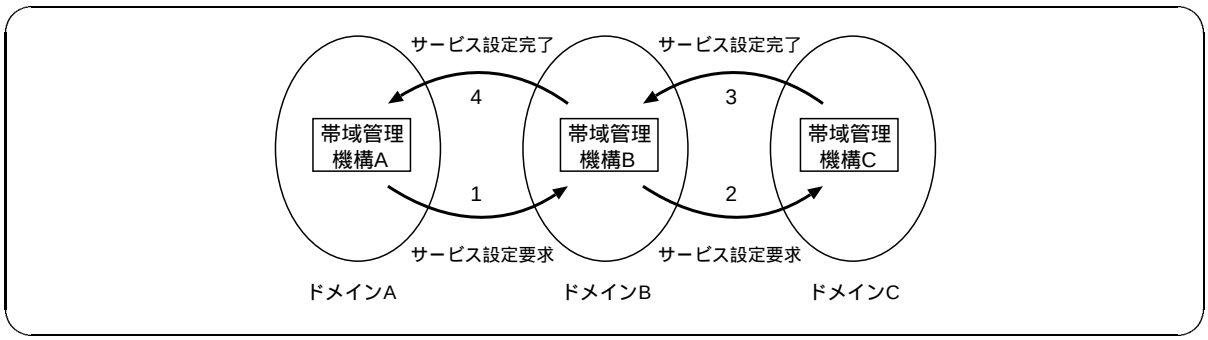

図 3.3: 帯域管理機構の通信の流れ (ドメイン数 3 以上)

図 3.4 に、帯域管理機構 A から帯域管理機構 C までに設定してあるサービスを終了させるモデルを示す。ドメインの管理者による設定やユーザのサービスの終了要求によって設定してあるサービスを終了させる場合は、サービス設定要求メッセージ の代わりにサービス解除要求メッセージを送信する。サービス解除要求メッセージを受けとった帯域管理機構 は直ちに資源の割当てを解除し、サービスが終了する。このとき、サービスがさらに隣接ドメインに対しても設定してあれば、新たに隣接ドメインの帯域管理機構に向けてサービス解除要求メッセージを発行する。

3.2 メッセージとオブジェクト

本節では、まず前節で述べた通信に必要なメッセージとオブジェクトの定義を行なう。次に各メッセージで使用するオブジェクトを決定し、メッセージのパケットフォーマットを記す。

3.2.1 メッセージの種類

本システムで使用するメッセージを以下に示し、説明を述べる。

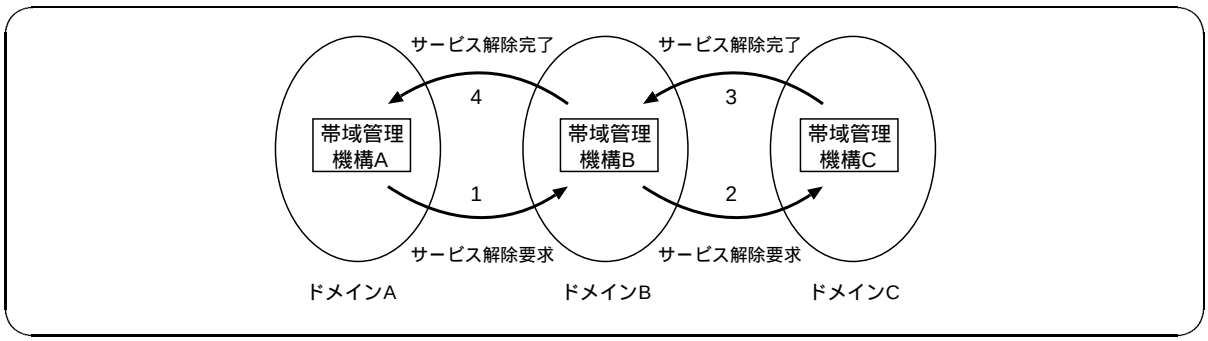

図 3.4: サービス解除要求の流れ

- サービス設定要求メッセージ (SLSReq)
- サービス設定完了メッセージ (SLSAllow)
- サービス設定拒否メッセージ (SLSDeny)
- サービス解除要求メッセージ (SLSCancelReq)
- サービス解除完了メッセージ (SLSCancelAck)

サービス設定要求メッセージ (**SLSReq**)

隣接ドメインとのサービスを設定するために、帯域管理機構が隣接ドメインの帯域管理機構と TCP 接続した後に送信される。このメッセージには、サービス内容を決定する SLS を記述する。

サービス設定完了メッセージ (**SLSAllow**)

サービス設定要求メッセージを受けとった帯域管理機構がドメイン内の資源の割当てに成功したときに、帯域管理機構がサービス設定要求メッセージの送信元に送信する。このメッセージ送信後に TCP 接続は終了する。

サービス設定拒否メッセージ (**SLSDeny**)

サービス設定要求メッセージを受けとった帯域管理機構がドメイン内の資源の割当てに失敗したときに、帯域管理機構がサービス設定要求メッセージの送信元に送信する。このメッセージ送信後に TCP 接続は終了する。

サービス解除要求メッセージ (**SLSCancelReq**)

隣接ドメインとのサービスを解除するために、帯域管理機構が隣接ドメインの帯域管理機構と TCP 接続した後に送信される。このメッセージには、サービス設定完了メッセージで返された SLS を一意に決定する SLS 識別子を記述する。

サービス解除完了メッセージ (**SLSCancelAck**)

サービス解除要求メッセージを受けとった帯域管理機構がサービスを解除した後に、帯域管理機構がサービス解除要求メッセージの送信元に送信する。このメッセージ送信後に TCP 接続は終了する。

3.2.2 オブジェクトの種類

本通信で使用する、メッセージに含まれるオブジェクトの内容について述べる。以下にオブジェクトと説明を記す。

- SLS 識別子 (SLS ID)
- 帯域管理機構識別子 (BB ID)
- DS コードポイント (DSCP)
- PHB
- 送信先アドレス (Dst Address)

SLS 識別子 (SLS ID)

帯域管理機構がサービスで利用している資源の状態を記録するときの識別子として使用する。

帯域管理機構識別子 (**BB ID**)

帯域管理機構を識別するための値が含まれる。すべての DS ドメインの中から、帯域管理機構 を一意に決定できる値でなければならない。

DS コードポイント (DSCP)

下流ドメインの入口ルータで、パケットの分類に使用する。

PHB

PHB については、EF PHB (An Expedited Forwardin PHB) [7] の 1 種類のみ使用する。EF PHB の挙動は、トークンバケットのパラメータ (転送速度とバケットサイズ) で指定する。

送信先アドレス (**Dst Address**)

各 DS ドメインにおいて、自分のドメインまでをサービスの範囲とするかどうかの判断と、必要であればサービスの経路を特定するのに使用される。

3.2.3 メッセージとオブジェクトの対応

本節では、各メッセージが構成されるオブジェクトの組み合わせを記し、その後に各メッセージの役割を述べる。それぞれのメッセージ構成は、含まれるオブジェクトの順序に従って記述されている。

サービス設定要求メッセージ

```
<SLSReq Message>  ::=  <Common Header>
                       <BB ID>
                       <SLS ID>
                       <DSCP>
                       <PHB>
                       <Dst Address>
```

SLSReq メッセージは、帯域管理機構から隣接ドメインの帯域管理機構に向けて送信される。このメッセージには、BB ID オブジェクト、SLS ID オブジェクト、DSCP オブジェクト、PHB オブジェクト、Dst Address オブジェクトが含まれなければならない。

サービス設定完了メッセージ

```
<SLSAllow Message>  ::=  <Common Header>
                         <BB ID>
                         <SLS ID>
```

SLSAllow メッセージは、SLSReq メッセージを受けとった帯域管理機構がドメイン内の資源の割当てに成功したときに、SLSReq 送信元の帯域管理機構に送信される。このメッセージには、BB ID オブジェクトと SLS ID オブジェクトが含まれなければならない。

サービス設定拒否メッセージ

```
<SLSDeny Message>  ::=  <Common Header>
                        <BB ID>
                        <SLS ID>
                        <Reason Code>
```

SLSDeny メッセージは、SLSReq メッセージを受けとった帯域管理機構がドメイン内の資源の割当てに失敗したときに、SLSReq 送信元の帯域管理機構に送信される。このメッセージには、BB ID オブジェクト、SLS ID オブジェクト、Reason Code オブジェクトが含まれなければならない。

サービス解除要求メッセージ

<SLSCancelReq Message> ::= <Common Header>
<BB ID>
<SLS ID>

SLSCancelReq メッセージは、帯域管理機構から隣接ドメインの帯域管理機構に向けて送信される。このメッセージには、BB ID オブジェクトと SLS ID オブジェクトが含まれなければならない。

サービス解除完了メッセージ

<SLSCancelAck Message> ::= <Common Header>
<BB ID>
<SLS ID>

SLSCancelAck メッセージは、SLSCancelReq メッセージを受けとった帯域管理機構がドメイン内の資源の割当てを解除した後に、SLSReq 送信元の帯域管理機構に送信される。このメッセージには、BB ID オブジェクトと SLS ID オブジェクトが含まれなければならない。

3.2.4 パケットフォーマット

メッセージはすべて共通のヘッダを持ち、その後にいくつかのオブジェクトを連結することで構成する。ここでは、ヘッダの定義を行なう。

共通ヘッダ

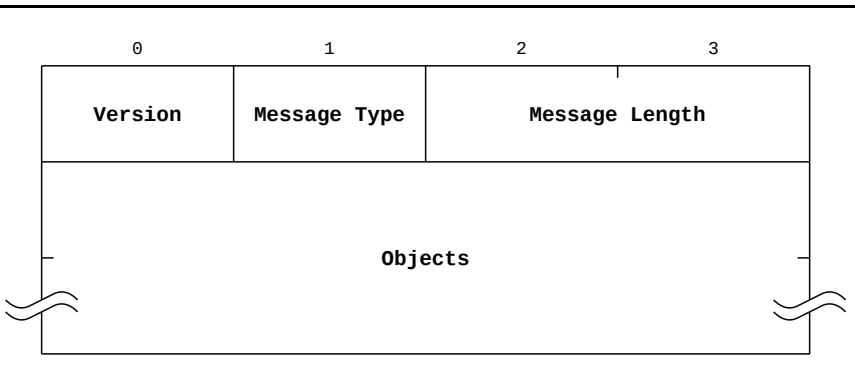

図 3.5: パケットフォーマット

Version : 8 ビット。

バージョン番号を表す。現在のバージョンは 1 である。

Message Type： 8 ビット。
メッセージの種類。以下にメッセージの種類を表す。

1 = SLS Request (SLSReq)

2 = SLS Allow (SLSAllow)

3 = SLS Deny (SLSDeny)

4 = SLS Cancel Request (SLSCancelReq)

5 = SLS Cancel Ack (SLSCancelAck)

Message Length： 16 ビット。
共通ヘッダを含むメッセージ全体のバイト数。

オブジェクトヘッダ及びオブジェクト内容

オブジェクトは、メッセージ内にいくつか含まれることがある。それらのオブジェクトを識別するために、オブジェクトヘッダを定義する。図 3.6 にオブジェクトヘッダの内容を示し、表 3.1 にオブジェクトのクラスとその目的を示す。

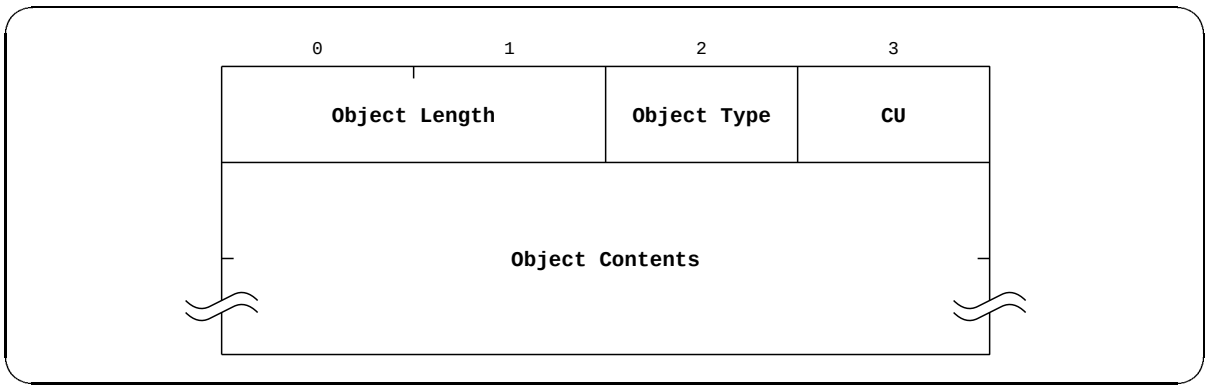

図 3.6: オブジェクトフォーマット

Object Length： 16 ビット。
オブジェクトヘッダを含むオブジェクト全体のバイト数。

Object Type： 8 ビット。
オブジェクトのクラス。表 3.1 にオブジェクトのクラスとその目的を示す。

CU： 8 ビット。
未使用。常に 0 である。

Object Type	オブジェクト名	内容
1	SLS ID	SLS 識別子
2	BB ID	帯域管理機構識別子
3	DSCP	DS コードポイント
4	PHB	PHB
5	Dst Address	送信先アドレス
6	Reason Code	サービス要求拒否理由の識別子
7	Error Code	プロトコルエラーの識別子

表 3.1: オブジェクト一覧

3.3 サービス要求先ドメインの発見法

複数のドメインを跨いだサービス設定のためには、各ドメインの帯域管理機構が下流ドメインの帯域管理機構と通信しなければならない。サービス設定要求メッセージに含まれる、Dst Address オブジェクトを利用することで、この問題を解決する。ただし、この機能は本システムではなく、帯域管理機構内の他のモジュールが行なうものとする。

Dst Address オブジェクトに含まれる、パケットの送信先アドレスを調べ、まずサービスの要求が自分のドメインまでものであるかの判断を行なう。自分のドメインまでの要求でなければ、新たなサービス要求先のドメインを発見するために、BGP (Border Gateway Protocol) による経路表を利用する。

3.4 隣接帯域管理機構のアドレス発見法

サービス要求先ドメインが決定されると帯域管理機構は、そのドメインの帯域管理機構に TCP 接続する。このとき接続先帯域管理機構のアドレスをあらかじめ知っておく必要がある。本システムでは、隣接ドメインとその帯域管理機構のアドレスの対応表を設定ファイルで用意しておくことで、この問題を解決する。

第4章　実現される機能

本章では、本システムで設計した帯域管理機構のためのドメイン間通信プロトコルの実現する機能と、その機能が 2 次的にもたらす事象を述べる。本システムをモジュールとして付加させることのできるシステムが現在存在していないため、実装による評価は行えなかったが、実装すると容易に実現可能となる内容である。

4.1　ユーザの要求に応じたサービスの動的な提供

本論文では、ドメイン境界を越えた帯域管理機構同士のサービス情報交換のプロトコルを設計した。このプロトコルにより、隣接しあう DS ドメイン間のサービスを動的に設定できる。サービスの動的な設定が可能になると、ネットワーク管理者のサービス設定作業を待つことなく、ユーザの要求に応じたサービスの提供が可能となる。

サービス開始時間の短縮

動的なサービス設定が可能になったことで、ネットワーク管理者の作業に伴う時間的オーバーヘッドを回避することができ、ユーザの突然なサービス要求にも対応できるようになる。例えばでは、ネットワーク管理者による資源割当ては、回線交換手が回線を切り替えるモデルであり、帯域管理機構によるサービスの動的な設定は、サービスが始まるまでの時間を大幅に削減する回線交換機のモデルといえる。

短期間型サービスの提供

インターネットを利用した電話やビデオ会議システムでは、それらのシステムを利用していない間はサービスの継続に意味を成さない。従って、システムを利用する直前にサービスの要求を行ない、利用の終了とともにサービスを解除することが期待される。本システムでは、サービスの設定要求とともに解除要求を備えており、短期間型のサービスをサポートする。

協調的に資源を共有する分散ネットワークの構築

本システムは、隣接しあう DS ドメイン間のサービスを動的に開始させるものである。動的なサービス設定が不可能であれば、DS ドメイン間のサービス提供は、ネットワーク管理者の手作業によるものでしかあり得ない。このような柔軟なサービス提供方式は、分散するネットワークの協調を促すものであり、インターネットの利用可能性を向上させる。

区分化サービスの今後

区分化サービスの欠かすことのできない構成要素である PHB の標準化や、DS ドメイン内のルータにサービスを設定するドメイン内帯域管理機構プロトコルの仕様が決定するまでは、本システムが運用に利用される意義はそれほど大きなものではなく、実験的な設計の域を出るものでもない。しかし、現在の区分化サービスネットワークに必要な要素の発見や解決に大きな役割を果たすものである。

第5章　結論

5.1　まとめ

これまでの区分化サービスネットワークでは、分散ドメイン間で協調したネットワーク資源の共有はできなかった。これは隣接しあう DS ドメインの帯域管理機構同士が、互いのドメインで提供しているサービス情報を交換するための通信プロトコルが決まっていないからである。

そこで本研究では、異なる DS ドメインにおいて同様のサービスを動的に提供する、帯域管理機構のドメイン間通信プロトコルを設計した。この通信プロトコルを利用することで、ユーザはドメインを越えるトラフィックについてもサービスを受けたいときに受けられるようになる。また、ユーザの必要に応じて短期間だけのサービスを提供することも可能である。

だが、区分化サービスと帯域管理機構ともに運用段階にあるものではないため、帯域管理機構同士が通信すべき内容もこれから随時拡張していくつもりである。本システムの通信内容を決める作業では、現在の区分化サービスアーキテクチャはどのような点が不明確であるかといった問題点を発見できた。通信メッセージ中の PHB オブジェクトの表現方法である。現在提案されている PHB だけでも数種類あり、今後さらに増えていく可能性もある。

本論文では、設計したプロトコルを実装できる帯域管理機構がなかったため、本システムが実現する機能を評価項目としたが、ある程度オブジェクトの表現方法を決定できる段階になれば、ドメイン内のルータを設定するプロトコルとともに帯域管理機構を実装し、評価するものとする。

5.2　今後の課題

オブジェクトの表現方法を決定するとともに、本システムを利用する帯域管理機構を実装し、規模性や処理速度に関して定量的な評価を行なう。規模性は区分化サービスにとって最も重要な要素であり、フローの集約はどの程度までなら細かくしてよいかといった評価が期待される。

また、隣接ドメイン内の帯域管理機構のアドレスを動的に知る手段は提案されていない。本システムでは静的に保持された、隣接ドメインと帯域管理機構のアドレスの対応表から通信先アドレスを決定している。帯域管理機構のアドレスを動的に知る機能の必要性について調査し、必要に応じて本システムに付加されることが期待される。

区分化サービスの提供するサービスは課金の対象となり得る。そのため、本システムにおける情報交換も安全に行われる必要がある。帯域管理機構の認証に公開鍵による暗号を利用し、さらに帯域管理機構の通信には IPsec アーキテクチャ [15] を利用するなどして、システムの堅牢性を高めることが期待される。

第6章　謝辞

本研究を進めるにあたり、御指導をいただきました、慶應義塾大学環境情報学部教授の村井純博士に感謝いたします。また、絶えず御助言と御指導をいただきました、同学部の中村修博士と楠本博之博士に深い感謝の意を表します。

杉浦一徳氏、土本康生氏、小川晃通氏、今泉英明氏をはじめとする慶應義塾大学政策メディア研究科後期博士課程・修士課程の方々、並びに同大学環境情報学部の徳田・村井・中村・楠本研究室の諸氏には、本研究を進めていく上で様々な議論をして頂き、また耐えざる励ましとご援助を頂きました。ここに、深い感謝の念を表します。

以上を持って謝辞といたします。

2000 年 2 月

頴原 桂二郎

参考文献

[1] K. Nichols, V. Jacobson, and L. Zhang,
"A Two-bit Differentiated Servicesl Architecture for the Internet",
ftp://ftp.ee.lbl.gov/papers/dsarch.pdf, November 1997.

[2] K. Nichols, S. Blake, F. Baker and D. Black,
"Definition of the Differentiated Services Field (DS Byte) in the IPv4 and Ipv6 Headers", RFC2474,
December 1998.

[3] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang and W. Weiss,
"An Architecture for Differentiated Services", RFC2475, December 1998.

[4] Y. Bernet, J. Binder, S. Blake, M. Carlson, B. Carpenter, E. Davies, B. Ohlman, S. Keshav, D. Verma, Z. Wang, and W. Weiss,
"A Framework for Differentiated Services", Internet Draft, February 1999.

[5] S. Brim, B. Carpenter and F. Le Faucheur,
"Per Hop Behavior Identification Codes", Internet Draft, October 1999.

[6] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss and J. Wroclawski,
"Assured Forwarding PHB Group", RFC2597, June 1999.

[7] V. Jacobson, K. Nichols and K. Poduri,
"An Expedited Forwarding PHB", RFC2598, June 1999.

[8] R. Bless and K. Wehrle
"A Lower Than Best-Effort Per-Hop Behhavior", Internet Draft, September 1999.

[9] Andreas Terzis, Lan Wang, Jun Ogawa, and Lixia Zhang,
"A Two-Tier Resource Management Model for the Internet",
Global Internet 99, December 1999.

[10] Andreas Terzis, Jun Ogawa, Sonia Tsui, Lan Wang, and Lixia Zhang,
"A Prototype Implementation of the Two-Tier Architecture for Differentiated Services", RTAS99
Vancouver, Canada.

[11] R. Neilson, J. Wheeler, F. Reichmeyer and S. Hares,
"A Discussion of Bandwidth Broker Requirements for Internet2 Qbone Deployment Version 0.7",
Internet2 Qbone BB Advisory Council, August 1999.

[12] "CA*net II Differentiated Services Bandwidth Broker Specification"

[13] "The Internet Engineering Task Force", http://www.ietf.org/, Web Page.

[14] J. Wroclawski, "The Use of RSVP with IETF Integrated Services", RFC2210, September 1997.

[15] S. Kent and R. Atkinson, "Security Architecture for the Internet Protocol", RFC2401, November 1998.