

## コンテンツ配送に対する QoS 保証のための ポリシーとフレームワークの提案

植田 和憲<sup>†</sup> 嶋吉 隆夫<sup>‡</sup> 秦 淑彦<sup>‡</sup> 下條 真司<sup>◇</sup> 宮原 秀夫<sup>‡†</sup>

<sup>†</sup> 大阪大学 大学院国際公共政策研究科  
〒 560-0043 豊中市待兼山町 1-31  
Tel: 06-6850-5837 Fax: 06-6850-5656  
ueda@osipp.osaka-u.ac.jp

<sup>‡</sup> 三菱電機株式会社 産業システム研究所  
〒 661-8661 尼崎市塚口本町 8-1-1  
Tel: 06-6497-7664 Fax: 06-6497-7726  
{simayosi, hata}@img.sdl.melco.co.jp

<sup>◇</sup> 大阪大学 サイバーメディアセンター  
〒 567-0047 茨木市美穂ヶ丘 5-1  
Tel: 06-6879-8790 Fax: 06-6879-8794  
shimojo@cmc.osaka-u.ac.jp

<sup>‡†</sup> 大阪大学大学院 基礎工学研究科  
〒 560-8531 豊中市待兼山町 1-3  
Tel: 06-6850-6587 Fax: 06-6850-6589  
miyahara@ics.es.osaka-u.ac.jp

### 概要

現在では、ネットワークの側でデータの帯域保証や優先制御を行うことができるような技術がいくつか提案されている。それらの技術を利用するためにはポリシーと呼ばれるネットワーク内の資源配分ルールが必要であるが、個々のネットワークドメインには独自のポリシーが存在し、さらにその基準は多岐にわたるため、ドメインをまたぐようなコンテンツの QoS を保証するためにはそれらを取りまとめる必要がある。本論文では、複数のネットワークドメインをまたぐデータ配送の品質を保証することを前提とした、ネットワークドメインのポリシー設計と複数ドメインの持つポリシーを取りまとめるためのフレームワークを提案する。  
キーワード: QoS, コンテンツ, ポリシー, フレームワーク

## The proposal of the framework and the policy definition for the assurances of the contents QoS

UEDA Kazunori<sup>†</sup> SHIMAYOSHI Takao<sup>‡</sup> HATA Toshihiko<sup>‡</sup> SHIMOJO Shinji<sup>◇</sup> MIYAHARA Hideo<sup>‡†</sup>

<sup>†</sup> Osaka School of International Public Policy,  
Osaka University  
1-31 Machikaneyama, Toyonaka, Osaka, JAPAN  
Tel: +81-6-6850-5837 Fax: +81-6-6850-5656  
ueda@osipp.osaka-u.ac.jp

<sup>‡</sup> Mitsubishi Electric Corporation,  
Industrial Electronics & Systems Laboratory  
8-1-1 Tsukaguchi-Honmachi, Amagasaki, Hyogo,  
JAPAN  
Tel: +81-6-6497-7664 Fax: +81-6-6497-7726  
{simayosi, hata}@img.sdl.melco.co.jp

<sup>◇</sup> Cybermedia Center,  
Osaka University  
5-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka, JAPAN  
Tel: +81-6-6879-8790 Fax: +81-6-6879-8794  
shimojo@cmc.osaka-u.ac.jp

<sup>‡†</sup> Graduate School of Engineering Science,  
Osaka University  
1-3 Machikaneyama, Toyonaka, Osaka, JAPAN  
Tel: +81-6-6850-6587 Fax: +81-6-6850-6589  
miyahara@ics.es.osaka-u.ac.jp

### Abstract

Many architectures which can assure the QoS (quality of service) are already proposed. To apply those architectures to the network, rules for the decision of the allocation of resources are needed. These rules are called "policies". Each network domain has own policies. Therefore, when contents go through many domains, it is very difficult to assure the contents QoS. In this paper, we propose the policy definition and the framework which choose the contents assigned resources according to policies.

**Keyword:** QoS, Contents, Policy, Framework

## 1 はじめに

今日では、インターネットの一般化やネットワーク技術の飛躍的な向上が、一般のユーザにおいてはCATVやADSLを用いた容量の大きいネットワーク環境の急速な普及、企業などにおいてはGigabitEthernetの低価格化などによるバックボーンや企業内LANの大容量化、という形で現れてきている。それによって、データをネットワーク上で扱うのがより容易になってきている。

ネットワークの大容量化に伴い、これまでネットワーク以外的手段で行われていたサービスをネットワーク上で提供しようということが考えられる。ただし、そのためには、大容量化のほかに解決されなければならない問題がいくつか存在する。その一つとして、サービスのQoS (Quality of Service) 保証をどのようにして行うか、ということがあげられる。QoS保証の定義にはいろいろなものと考えられるが、ここでは複数あるデータの流れに対しクラス分けを行い、そのクラスに対応付けられた扱いをそれらのデータの流れに対して行うこととする。

これまでに、IntServ (Integrated Services) [1], DiffServ (Differentiated Services) [2, 3]などのデータ配送のQoSを保証するアーキテクチャがいくつか研究されてきた。また、BB (Bandwidth Broker) というネットワークドメイン内の帯域などの資源を管理し、その配分についても行うアーキテクチャについても盛んに研究されている[4, 5, 6]。

これらのアーキテクチャを利用する際に考えられる問題点として次のようなものがある。まず、一般的に、コンテンツの送信側と受信側は別ネットワークに存在するのが普通であるが、現在BBのアーキテクチャにおいて確立されているのは、単一のネットワークドメイン内の資源管理・配分を行う部分であり、異なるネットワークドメインのBB同士の協調については課題が多く残されている。次に、各ネットワークが持つ制約やポリシー (資源の配分ルール) やコンテンツ自身も持つ制約やポリシー (帯域などの条件) の競合をどのように解消・解決するかというメカニズム (アルゴリズム) について考察する必要があるということ。本研究では、これらの問題を解決するために、コンテンツの配送品質を保証するために守られるべき条件を表現するポリシーを定義し、それを適用できるフレームワークの設計についての提案を行っている。

以下、まず、2章では、提案するフレームワークの前提となる関連技術について述べる。次に、3章において全体のフレームワークについて述

べ、4章でポリシーの設計と資源割当の方法について解説し、5章においてそれらを用いたシミュレーション結果とその考察を述べる。

## 2 関連技術

アプリケーションのQoSを保証するためには、帯域などのさまざまな資源に対する管理が必要である。ただし、現状でこれまで実装されているBBはいくつかあるが、それらは帯域の管理を行うものである。よって、本研究においては、QoS保証を行うための方法として帯域の管理を行うことを前提とする。

送信側と受信側の間でのQoSを保証するためのシステムのコンポーネントとして考えられるのが、QoSアーキテクチャ (DiffServ) と資源管理機構の二つである。資源管理機構を前提とする場合には、サービスごとに決められたポリシーの適用、admission制御、BB、などについて考慮する必要がある。以下では、これらのコンポーネント・機能の詳細を解説する。

### 2.1 Differentiated Service (DiffServ)

DiffServとはIPネットワーク上での優先制御のための技術である。その特徴は、データの流れをクラス分けしてそのクラスごとに集約し、ネットワーク内ではその集約されたデータに対してクラスに応じた扱いをすることにある。

Per Hop Behavior (PHB) [7] は、パケット動作の記述であり、使用する帯域とバッファの割り当ての細かい設定が規定されている。これまでPHBとして、Assured Forwarding PHBs (AF PHBs) [8], Expedited Forwarding PHB (EF PHB) [9]などのモデルが提案されている。EF PHBは、帯域を保証したり、遅延やジッタに関して良好な回線を提供するなどの、高品質なネットワーク環境を提供するサービスである。AF PHBsは、帯域の保証を区別して提供するサービスで、帯域によるクラス分けとそのクラスごとの優先度を設定することで異なる品質のネットワーク環境の提供を実現する。

DiffServでは、必ず実装しなければならないサービスは規定されていないが、他のドメインとの接続を考慮すると共通のサービスを各ドメインが実装することが望ましい。

### 2.2 ポリシーと admission 制御

ネットワーク内におけるデータの流れなどの環境は常に変化しているため、QoSを実現する

際には、状況に応じて対応する必要があるが、そのためにはある種のルール(ポリシー)が必要となり、いつ、どのようにそれを適用するかを決めなければならない。

ポリシーとは、ある状況が存在するとき、その状況に対してどういうことを行うか、という状況と行動の、一つもしくは複数の組のことである。ポリシーは階層的な構造を持つこともありえる。つまり、ポリシーは、他のポリシーを含んでいることもあり、単純なポリシーをいくつも組み合わせることで複雑なポリシーを表現する、といったことも可能である。

ポリシーは、どのような特殊な状況に対してもただ一つの正確なルールでなければならない。さらに、現在がどのような状況で、どの行動を適用するかという判定基準は、ネットワークエリアによらない一般的な指標に基づいている必要がある。

ポリシーシステムは、ポリシーの規定からその反映までをサポートするシステムである [10, 11, 12]。

admission 制御は、資源管理機構の主な機能である。admission 制御は、資源の使用状況やポリシーに基づいて、資源確保要求に対し、許可もしくは拒否を行うことである [13]。そのためには資源が使用可能であるかどうかを把握しておく必要がある。その方法には、実際にネットワーク上のデータを計測する方法と、これまでの予約状況から判断する方法とがある。前者の方法だけでは、時間的に先の予約が行えないため、後者の方法は必須であるといえる。

### 2.3 Bandwidth Broker

admission 制御を行う機構として、BB (Bandwidth Broker) が提案されている。これは、ドメイン内の資源の管理を行うと共に、資源予約に関する許可・拒否を行うものである。BB らは、ドメイン間の資源予約に関して、別ドメインの BB らと交渉する機能も持つ。DiffServ における BB の概念図を図 1 に示す。送信元から資源要求を受けると、送信元から送信先までの資源が確保できるかどうかを判定する。それらが両者とも自ドメイン内にある場合は、自ドメインの資源利用状況やポリシーから資源が割り当てられるかどうかを判定する。送信先が他ドメインにあるとき、他ドメインの BB らとメッセージ交換し、送信先までの経路において資源が確保できるかどうかを問い合わせる。その結果、送信先までの経路において資源が確保できた場合は、

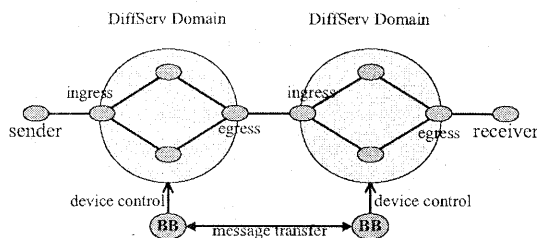


図 1: DiffServ における BB

BB らが、管理するドメインに対して、その資源確保を反映させる。このようにして、送信元から送信先までの経路において資源確保がなされる。

### 3 ドメイン間QoS保証フレームワーク

これまでネットワーク上で行われていなかったビジネスをネットワーク上で行うことを考えるときに QoS の保証が必要であることは先にも述べた。QoS 保証の対象となるアプリケーションにはデータ配送やリアルタイムの映像配信などがあるが、そのそれぞれに保証されるべき要件は異なるものと考えられる。例えば、ライブ映像の配信というアプリケーションでは、リアルタイム性が要求されるため低遅延・低ジッタであることが求められると同時に、映像の配信であるために帯域も必要とされるが、少量のデータの部分欠落には比較的寛容である。一方、データ配送では遅延・ジッタがいかほどかということとはさほど重要ではないが、データの部分欠落は致命的であり、そのようなことが起きた場合はプロトコル・アプリケーションによってそれを補うために再送などの処理を必ず行わなければならない。このように、そのアプリケーションに応じた QoS 保証を考慮する必要がある。

そのようなことを考慮しようとする場合、帯域の管理などをネットワークにおいて行う必要が生じる場合がある。データの送信元と送信先が同じネットワークドメイン上に存在する場合では、帯域の確保などの QoS 保証は比較的容易である。しかし、それらが異なるネットワークドメインに存在する場合は、それぞれのネットワークドメインや通過するネットワークドメインにおいて QoS 保証を協調して行う必要がある。ただし、複数のネットワークドメインを想定した場合、帯域の割り当てやクラス分けに関するポリシーがそれぞれのネットワークドメインにおいて独立であるのが普通であり、ここに一元的

な基準を設けるのは現実的でない。また、アプリケーションの持つ要求(ポリシー)もその種類によって異なっている。そのため、このような基準の異なるポリシーをとりまとめ、ネットワークドメイン間の協調したQoS保証を実現するための新たな機構を用意する必要がある。

### 3.1 フレームワークの概要

ネットワーク全体において帯域確保を行うとすると、コンテンツごとに帯域確保を行うことになる。コンテンツとは、アプリケーションの実際の使用のことである。コンテンツに対して帯域確保を行うためには、コンテンツの発生に応じてネットワークにその情報を伝えるBBが必要となる。このとき、BBは、コンテンツ配送の要求が発生すると、その配送先までの経路上のドメインにおいて必要な資源を確保するよう交渉を行う。今回提案するフレームワークは、DiffServとBBを組み合わせたものを基本的に踏襲する。

### 3.2 コンテンツ QoS 実現機構

多数のコンテンツが同時に存在している場合には、各コンテンツの使用する帯域の合計が実際使用できる帯域より少ないなど、単純にそれらの帯域確保を行うことができない場合がある。そのため、さらにコンテンツの取捨選択を判断する機構を追加する必要がある。追加する機構には、定義されたポリシーに基づき資源確保を行う対象となるコンテンツを選択する機能、他ドメインに対してコンテンツに対する帯域割当の可否を問う機能、がある。

資源確保を行う対象となるコンテンツを選択する機能においては優先度というパラメータを使用する。コンテンツの優先度は、各主体のポリシーが影響しあうことによってコンテンツの選択が容易でなくなることを考慮し、その選択を一元的な判断基準で行えることを目的として定義したものである。コンテンツへの帯域の確保は、コンテンツの優先度の大きいものから行われる。コンテンツの優先度は、コンテンツの発生がコンテンツ選択・帯域割当可否判定機構へ伝えられたときに決定される。

要求を受けたコンテンツ選択・帯域割当可否判定機構が存在する(ネットワーク)ドメイン内でコンテンツに対する割り当てを行うことができると判断した場合は、そのコンテンツが通る他ドメインに対しても資源を確保するように要求する。コンテンツの配送経路を含む全ドメインにおいて要求する資源が割り当てられることが

確定すると、各ドメインにそのことが伝達され、資源割り当てがBBによって実際に行われる。コンテンツに対して要求されている資源を割り当てないと決定した配送経路上のドメインが存在する場合には、要求を発したドメイン(クライアント)にそのことが伝えられる。その際には、経路上のその他のドメインでの判定(資源を割り当てるかどうか)は無効となる。また、コンテンツ要求を行ったクライアントは、要求する資源量を減らした上で再要求を行うか、要求そのものを取り消すかを決定する。その決定は、コンテンツのタイプやクライアントの持つポリシーによって決められる。

既に資源割り当てが行われているコンテンツのうち、より優先度の低いコンテンツに対するサービスの質を低下(割り当て資源量を減少)させることで、高い優先度を持つ新規のコンテンツ要求に対して質の高い(より多くの資源を利用できる)サービスを提供する。要求されたコンテンツに対して資源割り当てを行う際に、ポリシーの内容や与えられた優先度によっては、資源割り当てを行わず、要求を拒否することもある。

## 4 ポリシー定義と資源割当

この章では、提案を行うポリシー定義と帯域を割り当てるコンテンツの選択を行う機構の詳細について述べる。

### 4.1 ポリシーの定義

ポリシーとして、ネットワークドメインが持つドメイン全体のルールと個々のコンテンツが持つアプリケーションの種別などの情報があると考え、それぞれをドメインポリシー、コンテンツポリシーとして定義する。それぞれのポリシーの詳細な定義を以下で述べる。

#### ドメインポリシー

ドメインポリシーのパラメータは以下のようなものである。

- ドメインの優先度
- ノード(端末・オペレータ)ごとの優先度
- 合計帯域制限
  - ♣ DiffServ Class ごとに割り当てられる帯域を記述(DiffServ環境下)
- サービスタイプごとの優先度

ドメインの優先度は、このポリシーを持つドメイン(自ドメイン)が主観的に持っているドメイ

ンの優先順位を示す。

ノード(端末・オペレータ)ごとの優先度は、ドメイン内の端末(クライアント、サーバ)が持つ役割やそれを操作するオペレータによって重要度が増すことに基づく優先順位を示す。

合計帯域制限は、そのドメインが提供できる(提供する気がある)割り当てのための資源量を示す(例: EF:30Mbps)。

サービスタイプごとの優先度は、ドメインがどのサービスをどれほど重要視しているがどうかを示す。ここで言うサービスタイプは、配送データがコンテンツとしてどのような意味合いを持っているかということによる(例: 高画質監視映像、音声通信、etc.)。また、要素としてそのデータの冗長性に関する特性(例: リアルタイム、蓄積データ、etc.)も加える。

#### コンテンツポリシー

コンテンツポリシーは、コンテンツに対する要求が発生したときに生成され、送信元・送信先情報や、要求する資源量を指定するパラメータが含まれる。コンテンツポリシーは以下の2つの要素からなる。

- アプリケーションポリシー
- QoS 記述

以下でそれぞれの詳細について述べる。

#### アプリケーションポリシー

アプリケーションポリシーのパラメータは以下のようなものである。

- サービスタイプ(監視映像・音声会話、など)
- 発信元情報
- 発信先情報

サービスタイプは、ドメインポリシーでのサービスタイプと同様の意味を持ち、ドメインポリシーのサービスタイプ優先度と結び付けられることによって、コンテンツの優先度に影響する。

発信元・発信先情報は、ドメインポリシーのドメイン優先度・ノード優先度と結びつくことによってコンテンツの優先度に影響する。

#### QoS 記述

QoS 記述のパラメータとしては以下のようなものがある。

- メディア種別(MPEG2 映像・PCM 音声、など)

- 必要帯域(固定値, 離散値, 可変)

メディア種別は、その配送データのフォーマットによる特性を考慮するために付加する。

必要帯域は、コンテンツとしてどれほどの帯域を要求するのかということを指定する。

## 4.2 帯域割当コンテンツ選択機構

帯域割当コンテンツ選択機構には、コンテンツに対して優先度を設定する機能、決定された優先度に対して帯域割当の可否を判定するコンテンツ選択機能、他ドメインに対して帯域割当の可否を問う機能、がある。以下ではそれぞれの機能について解説を行う。

### 4.2.1 優先度決定機能

この機能は、最終的な判断基準である優先度を計算する機能である。計算された優先度は、後述するコンテンツ選択機能に引き渡され、コンテンツのクラス配分や取捨選択の判断基準として用いられる。

優先度の計算はドメインポリシーとコンテンツポリシーを照らし合わせることで行われる。コンテンツポリシーで指定されている各要素から、ドメインポリシーで定義されている重みをそれぞれ求め、それらの和を取り、最終的な優先度とする。

コンテンツの通る経路から算出される値、送信元あるいは送信先であるホストから算出される値、サービスタイプから算出される値をそれぞれ  $PD$ ,  $PH$ ,  $PT$  とし、優先度  $P$  を以下のように定義する。

$$P = PD + PH + PT$$

$PD$  は、コンテンツがどのドメインから入ってくるかということとどのドメインに出て行くかということから算出する。ただし、いずれかのドメインが自ドメインと一致するときは片方のドメインにのみ注目する。ドメインポリシーにおけるそれぞれのドメインの優先度を  $PD_{src}$ ,  $PD_{dst}$  とすると、

$$PD = \begin{cases} \frac{1}{2}(PD_{src} + PD_{dst}) \\ PD_{dst} \text{ (自ドメインが送信元)} \\ PD_{src} \text{ (自ドメインが送信先)} \end{cases}$$

となる。 $PH$  は、送信元あるいは送信先のホストが自ドメインに含まれている際に付加される。

ドメインポリシーにおけるそれぞれのホストの優先度を  $PH_{src}$ ,  $PH_{dst}$  とすると,

$$PH = \begin{cases} \frac{1}{2}(PH_{src} + PH_{dst}) & (\text{両ホストが自ドメイン}) \\ PH_{dst} & (\text{送信元が自ドメイン}) \\ PH_{src} & (\text{送信先が自ドメイン}) \end{cases}$$

となる。

$PT$  は、ドメインポリシー内で設定されたサービスタイプのうち、コンテンツのサービスタイプに対応したものがそのまま使用される。

#### 4.2.2 コンテンツ選択機能

資源割り当てコンテンツの決定は、現在他のコンテンツに対して割り当てられていない資源量を計算し、割り当てが行えるかどうかを判定する。要求された資源割り当てを行うだけの余裕がなければ、比較して優先度の低いものに対する割り当てを解除し、新たな要求に対する資源の確保が行えるかどうかを考慮する。その際のコンテンツの取捨選択は、基本的に優先度のみによって行われるが、例外的に同じ優先度を持っているような場合には、要求の出された時間が早いものを優先する。このようにして決定されたコンテンツは帯域確保要求機能に渡され、他ドメインへそのコンテンツに対する帯域確保要求の可否を問い合わせる。自ドメインで優先度に照らして帯域を割り当てられることができないと判断した場合や他ドメインから帯域割当要求の拒否という返答を受け取った場合は、コンテンツ要求の内容にしたがって、要求を落として再要求を行うか拒否されたことをクライアントに通知して終了するかを決定する。要求を落とす場合は、再度上記の判定を行い、同様の処理を繰り返す。このとき、最終的に要求が満たされなかった場合は、拒否されたという結果をクライアントに返す。

#### 4.2.3 帯域確保要求機能

他ドメインに対してコンテンツ要求を通知・資源要求・その結果の受信を行う機能である。この機能では、受け取った資源割り当て要求を自ドメイン内での帯域確保の可否をコンテンツ選択機構に渡す役割と、自ドメイン内での判定(帯域割当可)を受けてさらに隣接するドメインに対してコンテンツに対する帯域確保要求を行っていく役割を果たす。受け渡されるメッセージは、隣り合うドメイン同士によって行われ、最終的

にコンテンツの送信側のドメインと受信側のドメインとの間で要求が伝達される。

## 5 シミュレーション

この章では、これまでに述べたポリシーと帯域割当の方法を使用したシミュレーションの結果と、その結果に対する考察について述べる。シミュレーションは、ネットワーク環境として階層的な構造を持つ図2のようなトポロジを想定した。このネットワーク環境において、ドメイン

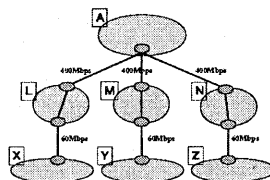


図2: ネットワークトポロジ

M・ドメインY間を通過するコンテンツの発生が頻繁に起こるよう設定し、このリンクがボトルネックとなるようにした。

コンテンツの種類には、ライブ映像(6Mbps)、映像蓄積(6Mbps)、データ配送1(32kbps)、データ配送2(128kbps)を想定し、これらのうち、データ配送1、ライブ映像、映像蓄積の順でコンテンツ種別に関する優先度が高く設定されている。

コンテンツの発生モデルは次のようなものを採用した。コンテンツはおよそ1秒に1個発生し、送信元・送信先・コンテンツ種別はランダムで決定される。ただし、それらの組はあらかじめ設定されたものの中から選択される。コンテンツに割り当てられる帯域は、そのコンテンツが再生される間予約される。すでに帯域の割当が行われているコンテンツが発生した場合は、そのコンテンツは発生しなかったものとして扱われる。

また、シミュレーションは、コンテンツの予約を採用した場合と採用しない場合について行った。コンテンツの予約を採用していると、あらかじめ予約を行っておけば必ず帯域の割当が行われる。予約コンテンツに割り当てられる帯域は予約のために確保されており、予約されていないコンテンツのために割り当てられることはない。

まず、図3と図4において、優先度別の帯域割当持続時間と帯域割当要求棄却率の関係を示す。優先度は0から100までの値を取りえるが、

シミュレーションではポリシーの数値設定により75以上の値を取っている。グラフでは、基本的に優先度の値が大きくなるほど帯域割当要求棄却率が小さくなるのと、帯域割当持続時間の増加に伴って帯域割当要求棄却率が增大するという傾向が確認できる。

予約を採用した場合と採用しなかった場合とでは棄却率の増加の傾向に差があるが、これは予約を行っていることで、予約をしていないコンテンツが使用できる帯域が少なくなり、非予約コンテンツが棄却されやすいという傾向を示すものである。

優先度と帯域割当要求棄却率の関係は、程度の差はあるが、優先度に基づく帯域割当コンテンツ決定システムの有用性を示している。次

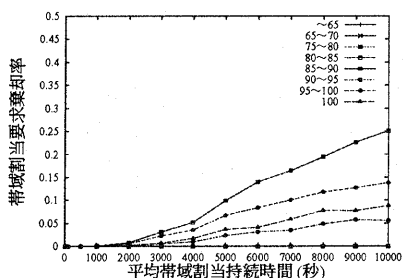


図 3: 優先度別棄却率の推移 (予約なし)

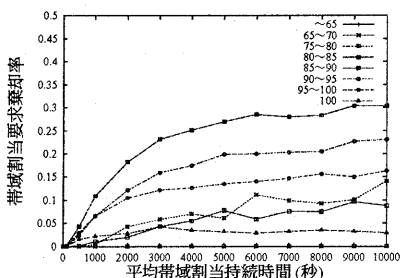


図 4: 優先度別棄却率の推移 (予約あり)

に、図 5 において、帯域割当要求棄却率が平均帯域割当持続時間の増大に伴ってどのように変化するかを示す。このグラフでは優先度を考慮せず、全コンテンツにおいてどれほど帯域割当要求が棄却されたかの割合を示している。このグラフでも先ほどのグラフと同様に、予約採用時には、非予約コンテンツが棄却されやすくな

るため、全体的に棄却率が高くなるという傾向を示している。

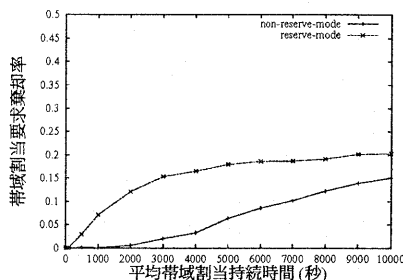


図 5: 帯域割当要求棄却率の推移

さらに、図 6 と図 7 において、平均帯域割当持続時間とそれぞれのリンクにおける平均帯域使用率の関係を示す。コンテンツ予約を採用した場合は、予約コンテンツに対して常に帯域が確保されており、予約コンテンツの帯域確保要求棄却率は 0 となるが、他のコンテンツの帯域割当要求が棄却される率が高くなり、かつ、平均帯域使用率も総じて低くなる。

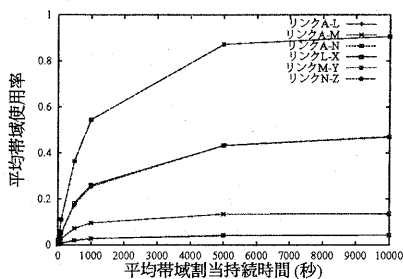


図 6: 帯域使用率の推移 (予約なし)

図 7 から、帯域割当持続時間が 4000 ほどの際には、予約なしの場合に帯域割当要求棄却率は 0.05 を下回っていて平均帯域使用率が予約ありの場合に比べて 20% ほど差があるため、この帯域割当要求棄却率 (0.05) を許容できるようときにはコンテンツ予約を採用しないほうがよいと考えることができる。

これらのグラフは、このシステムを適用しようとするドメインの定める許容帯域割当要求棄却率などと照らし合わせて使用することで、そのドメインにおけるネットワークのデザインや予約コンテンツの採用・不採用の選択などに役立てることができる。

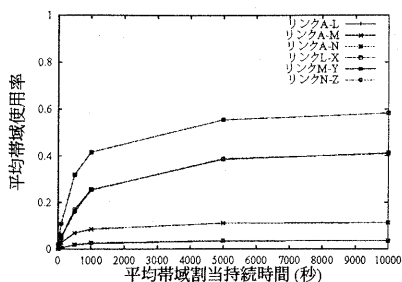


図7: 帯域使用率の推移 (予約あり)

## 6 まとめ

本研究では、ネットワークドメインをまたがるコンテンツのQoS保証を実現するためのフレームワークとして、ドメイン・コンテンツが持つポリシーの定義とそのポリシーを解釈してコンテンツに資源を割り当てる機構の提案を行った。さらに、それらのシステムを想定したシミュレーションを行い、さまざまなケースに対する考察を行い、本システムの有効性について検証した。

今後の課題として現在検討しているものには、分子限定法を用いた手法（できるだけ割り当てられない帯域を少なくするような割り当てを探す）などを取り入れて割り当てを決定するというものがある。また、これに教師付き学習を利用した機構についても検討中である。これは、事前にテストケースを用いて、ポリシーと理想的な割り当てを与えることにより学習を行い、実際のコンテンツ取捨選択処理時にできるだけ計算を行わないようにして負荷を下げることを狙うものである。テストケースには、上記の方法（分子限定法）で算出した値を用いたり、実際にポリシーを規定する人の主観を数値化した値を用いたりすることを考えている。

## 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業における研究プロジェクト「高度マルチメディア応用システム構築のための先進的ネットワークアーキテクチャの研究」(JSPS-RFTF97R16301)によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] S. Shenker and J. Wroclawski, "General Characterization Parameters for Integrated Service Network Elements," *Request for Comments* 2215, September 1997.
- [2] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services," *Request for Comments* 2475, December 1998.
- [3] K. Nichols and B. Carpenter, "Definition of Differentiated Services Per Domain Behaviors and Rules for their Specification," *Request for Comments* 3086, April 2001.
- [4] Akira Shirahase, Manzoor Hashmani, Mikio Yoshida, Shinji Shimojo, et al, "Design and deployment of qos enabled network for contents businesses," *Internatoinal Conference on Computer Communication* 1999, September 1999.
- [5] K. Tajima, M. Hashmani, and M. Yoshida, "A resource management architecture over differentiated services domains for cuarantee of bandwidth, delay and jitter," *EuroComm* 2000, May 2000.
- [6] R. Neilson, J. Wheeler, F. Reichmeyer, and S. Hares, "A Discussion of Bandwidth Broker Requirements for Internet2 Qbone Deployment Version0.6," Available at <http://www.merit.edu/working.groups/i2-qbone-bb/doc/BB-Req6.doc>, March 1999.
- [7] S. Brim, B. Carpenter, and F. L. Faucheur, "Per Hop Behavior Identification Codes," *Request for Comments* 2836, May 2000.
- [8] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, and J. Wroclawski, "Assured Forwarding PHB Group," *Request for Comments* 2597, June 1999.
- [9] V. Jacobson, K. Nichols, and K. Poduri, "An Expedited Forwarding PHB," *Request for Comments* 2598, June 1999.
- [10] B. Moore, E. Ellessen, J. Strassner, and A. Westerinen, "Policy Core Information Model - Version 1 Specification," *Request for Comments* 3060, February 2001.
- [11] Y. Snir, Y. Ramberg, J. Strassner, and R. Cohen, "Policy qos information model," *IETF Internet draft* <<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-policy-qos-info-model-03.txt>>, work in progress, April 2001.
- [12] B. Moore, L. Rafalow, Y. Ramberg, Y. Snir, J. Strassner, A. Westerinen, R. Chadha, M. Brunner, and R. Cohen, "Policy core information model extensions," *IETF Internet draft* <<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-policy-pcim-ext-01.txt>>, work in progress, April 2001.
- [13] R. Yavatkar, D. Pendarakis, and R. Guerin, "A Framework for Policy-based Admission Control," *Request for Comments* 2753, January 2000.