

## 緩やかな QoS 連携の提案

野上耕介 高橋英士 谷口邦弘

NEC インターネットシステム研究所 〒216-8666 川崎市中原区下沼部 1753

E-mail: {k-nogami@bp, e-takahashi@fn, k-taniguchi@da}.jp.nec.com

### 概要

QoS 管理ポリシーの異なるマルチドメイン環境で QoS 制御を実現することは困難である。そこで、オーバーレイネットワークを用いて、各ドメインの QoS を連携させることで、マルチドメイン環境での QoS 提供を可能とするアーキテクチャを提案する。提案するアーキテクチャでは、各ドメインで提供される QoS の意味内容の統一、QoS 情報の交換による経路情報の生成、経路情報を基にしたオーバーレイネットワークの構築を行う。提案手法に基づき構築されたオーバーレイネットワークを通じて、様々なアプリケーションがマルチドメイン環境に属するユーザに高品質なサービスを提供することが可能となる。

**キーワード** マルチドメイン, QoS 連携, OSPF, オーバーレイネットワーク

## Flexible QoS coupling for multi-domain applications

Kousuke Nogami Eiji Takahashi and Kunihiro Taniguchi

Internet Systems Research Laboratories, NEC Corp.

1753 Shimonumabe, Nakahara-ku, Kawasaki, Kanagawa 211-8666, Japan

E-mail: {k-nogami@bp, e-takahashi@fn, k-taniguchi@da}.jp.nec.com

### Abstract

To provide QoS services across multi-domains, we propose a loosely QoS coupling architecture. In this paper, we explain the architecture consisting of four functions: integration of the difference of QoS semantics of each domain, exchange of QoS information between domains, computing routing tables based on QoS information and construction of overlay network with satisfying required QoS based on routing tables. Leveraging this overlay network, applications can provide users belonging to multi-domains with high-quality services.

**Keyword** multi-domains, QoS Coupling, Overlay Network, OSPF

## 1. はじめに

大規模なネットワークで QoS(Quality of Service)を提供するため、様々な取り組みが長年に渡って行われてきた。その結果として、シングルドメイン環境においては DiffServ 等の QoS システムが提供され、機能するようになっている。しかし、幾つかの ISP をまたぐようなマルチドメイン環境において機能する QoS システムは十分機能しているとは言い難い状況にある。文献[1]では OSPF[2]を拡張し、QoS を実現する方法が提案されている。しかし、OSPF 自身がシングルドメインを想定したルーティングプロトコルであるため、提案もその制約を受け継いでおり、マルチドメインを越えることは想定されていない。論文[3]では、複数ドメイン間のルーティング情報を交換するためのプロトコルである BGP[4]を拡張し、各ルータが統計的手法によって推定された帯域を QoS として捉え、拡張された BGP により、他のルータと情報交換を行い、パス選択時に帯域情報を加えることで QoS を実現しようとするものである。注目すべき点として、論文[3]で対象としている帯域は、帯域管理された帯域ではなく、現在利用可能と推測される帯域のことを指しており、利用帯域が大きいパスを選択することを QoS として捉えていることである。ただし、提案では帯域を考慮することでより最適な経路を選択することを重視しており、ユーザの要求については考慮されていない。しかし、提案[3]では帯域把握や BGP 拡張のため、BGP ルータのリプレースを要求しているため、現実的な普及は難しい。

[1]及び[3]の提案は既存のネットワーク機器のリプレースが要求されるため、マルチドメイン環境で QoS の実現は容易ではない。つまり、このことから IP レベルでマルチドメイン環境での QoS 制御を実現することは難しいと判断する。そこで、IP レベルではなく、オーバーレイネットワーク[5][6][7][8]を通じて、シングルドメインで提供される QoS 制御を連携させることで、マルチドメイン環境での QoS 制御が実現できるのではないかと考えている。

本論文では“緩やかな QoS 連携”というコンセプト、そして緩やかな QoS 連携を実現するアーキテクチャを中心に説明を行う。

## 2. マルチドメイン環境での QoS 制御の課題分析

### 2.1. 経路情報の提供

オーバーレイネットワークは、参加するノード間で仮想的なリンクを選択し構築される。オーバーレイネットワークが構築される目的は、IP レベルで実現できない機能を提供することである。オーバーレイネットワークにとっては、目的を達成するために選択すべきリンク情報を取得することが重要となる。今回、構築するオーバーレイネットワークは、QoS の提供を目的とするため、リンクの選択 = 要求される QoS を提供可能な経路の選択、が重要となる。

### 2.2. QoS の意味内容の統一

オーバーレイネットワークに経路情報を提供するためには、各ドメインが提供する QoS の意味内容を統一する必要がある。なぜなら、シングルドメインにおいて提供される QoS は、個々の QoS が意味する内容が統一されているため、要求された QoS の提供が可能かを判断し、QoS を提供することが可能となる。しかし、マルチドメイン環境においては各ドメインの QoS の意味内容が異なるため、要求された QoS を提供できるか判断することが難しい。そのため、要求された QoS を満足できるか判断するために、各ドメインにより提供される QoS の意味内容を統一する必要がある。

### 2.3. スケーラビリティ

経路情報を提供するためには、大規模なマルチドメイン環境で QoS に関する情報のやりとりを行う必要がある。また、QoS 情報は時間的な変動を伴うため、頻繁な情報のやりとりが行われることになる。この 2 点から、QoS 情報の管理にはスケーラビリティが要求される。

### 3. 緩やかな QoS 連携とアーキテクチャの提案

#### 3.1. 緩やかな QoS 連携

先に述べた課題を解決するため、“緩やかな QoS 連携”という概念を提案する。この概念では出来るだけ要求された QoS に近づけることを目的とする。この考え方により、厳密性よりも実現可能性を重視する。つまり、厳密性を求めるために十分に機能しない QoS システムよりも、要求を厳密に満足できないが、実際に機能する QoS システムを目指している。

このコンセプトに基づき、各ドメインが提供できる QoS を抽象化することが可能となる。意味内容を統一できることで、各ドメインの QoS の意味内容の違いが吸収され、仮想的なシングルドメインが構築されたと見なすことが可能となる。この仮想的なシングルドメイン上で QoS 情報を収集し、要求された QoS を満足するドメイン間の経路情報を生成する。オーバーレイネットワークは生成された経路情報を基にドメイン間レベルの経路を選択し、仮想的なリンクを形成することが可能となる。これにより、オーバーレイネットワークを通じて、マルチドメイン環境下で所望の QoS を提供することが可能となる。

緩やかな QoS 連携というコンセプトの下では、要求された QoS を厳密に維持・保証するということは出来なくなる。しかし、全てのサービスアプリケーションがそのような QoS を要求しているわけではなく、マルチドメイン環境下で QoS を利用することが可能となることの利点の方が大きいと考えている。

#### 3.2. アーキテクチャの提案

3.1 の考え方に基づき、マルチドメイン環境で QoS 連携を実現するために、図 1 にあるアーキテクチャを提案する。

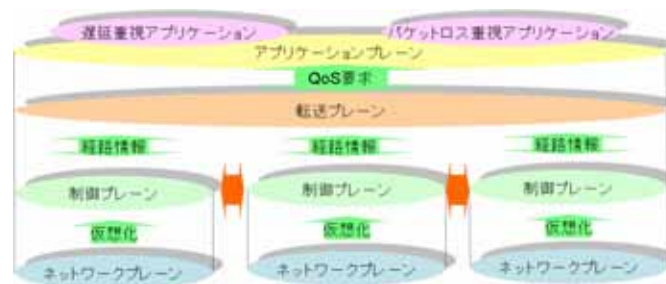


図 1 緩やかな QoS 連携アーキテクチャ

提案するアーキテクチャを構成する 4 つの階層について説明を行う。

##### 3.2.1. ネットワークプレーン

実ネットワークのことであり、様々な QoS が提供される場である。ネットワークプレーンと制御プレーンは図 2 の関係にある。図 2 にある QoS プロバイダは、ネットワークプレーンが提供する様々な QoS を制御プレーンにおける QoS の意味内容に統一化する仕組みを提供し、各 QoS に応じて対応する QoS プロバイダが提供される。QoS プロバイダが QoS 情報を解釈するために必要となるスキーマ情報や変換方法等については、現時点では QoS 毎に変換スキーマ等を用意する必要があり、柔軟性に欠けている。

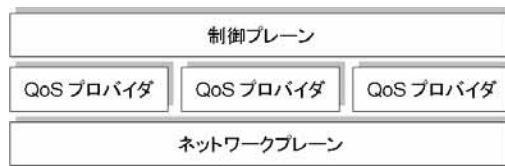


図 2 制御/ネットワークプレーンの関係

### 3.2.2. 制御プレーン

ネットワークプレーン(実際は QoS プロバイダ)から QoS 情報を抽出し、他ドメインの制御プレーンと QoS 情報を交換、交換された情報に基づき経路情報の生成を行い、その情報をオーバーレイネットワークである転送プレーンに提供する。各ドメイン間の QoS 情報の差異が吸収されるため、制御プレーン全体としてシングルドメインのように振る舞うことが出来る。そこで、QoS 情報の交換、経路情報の生成については、OSPF のモデルを参考にしている。OSPF のモデルを参考にした理由としては、以下の 3 点を挙げることが出来る。

制御プレーンの提供機能が既存のルーティングプロトコルの機能と類似している

QoS の意味内容を統一することで、制御プレーン全体をシングルドメインとして見なすことが出来ること

提案アーキテクチャでは要求された QoS に基づき経路計算を行うため、RIP や BGP と違い、リンクコストという指標を基に経路計算を行う OSPF と相性がよい

ただし、QoS 情報は 1 本のリンク上で複数の QoS が提供される可能性があるため、それらの情報を過不足なく記述できる必要があること、また、経路計算時にリンクコストではなく、QoS の種類や品質を参照する必要があることを考慮し、OSPF モデルの拡張を行っている。動作については、にて簡単に説明する。

### 3.2.3. 転送プレーン

制御プレーンにて生成される経路情報に基づき、QoS 網上でのパケット転送制御を行うためのオーバーレイネットワークであり、種々の QoS に応じて適切なオーバーレイネットワークが構築される。具体的には経路情報に含まれる経路情報から、所望の QoS を充足する経路を選択し、経路上のドメインに属するノード間でオーバーレイネットワークを構築する。オーバーレイネットワークに参加したノードは、パケット転送を行う際、QoS の種類に応じて(例: ToS 値)、所属するドメインに則したパケットに整形し、パケットを再転送する。この方法によりマルチドメイン環境における QoS 連携が実現できることになる。

### 3.2.4. アプリケーションプレーン

転送プレーンを通じて提供される QoS を利用するアプリケーションを指す。

## 3.3. 経路情報の生成

制御プレーンで行われる経路情報の生成方法について説明する。図 3 にある 4 つのプロセスを経て経路情報が生成される。

#### QoS 情報の交換

制御プレーンは他の制御プレーンと QoS 情報を交換する。QoS 情報が OSPF での LSA(Link State Advertisement)に相当し、意味内容が統一された QoS 情報が交換される。統一した意味内容で情報を交換するために、制御プレーンは実ネットワークの QoS を対応付けるための対応テーブルを持つ。

#### QoS DB の作成

制御プレーンは ALM を通じて取得した他ドメインの QoS 情報を QoS DB(データベース)に反映する。OSPF での LSDB(Link State Database)に相当する。ただし、OSPF は 1 種類の LSDB を持つのに対し、制御プレーンは QoS の種類に応じて、異なる QoS DB を構築する。

#### QoS パスの計算

制御プレーンは QoS DB を基に自ネットワークをルートとする QoS パスを計算する。QoS パスとは、各ネットワークへの到達可能性とその経路情報、提供可能な QoS、QoS に必要なコストが計算された情報を指す。OSPF ではリンクコストを最小化する経路を計算するのに対し、QoS パスを求める場合、要求品質を満足しないリンクを最初に枝刈りし、その後、通常の OSPF と同様の方法により QoS パスを求める。

#### 経路情報の生成

各ネットワークへの QoS パスをまとめた経路情報を生成する。OSPF が LSDB 更新時に経路情報を生成するのに対し、本提案では QoS 要求時に QoS パスを計算し、経路情報を生成する。生成された経路情報は、転送プレーンに提供される。

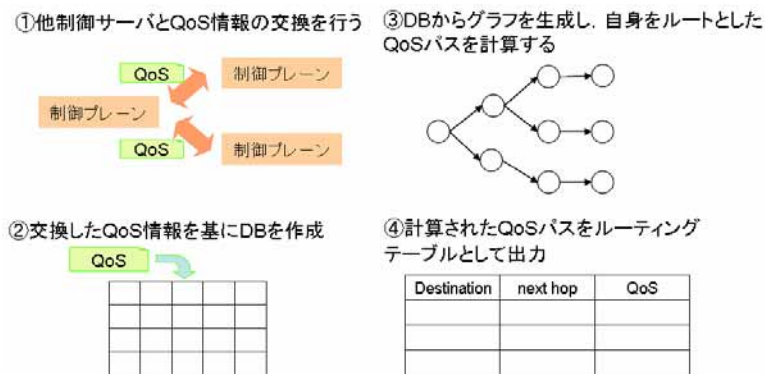


図 3 制御プレーンにおける経路情報生成

### 4. 試作

#### 4.1. 試作

提案するアーキテクチャの実現可能性等を評価するため、QoS として ToS(Type Of Service) を利用した QoS システムを、論文[5][6][7][8]で提案したシステムを基に試作している。今回、ToS を対象とした理由は、VoIP サービスの拡大により ToS を利用できる環境が整備されつつあることを考慮したためである。

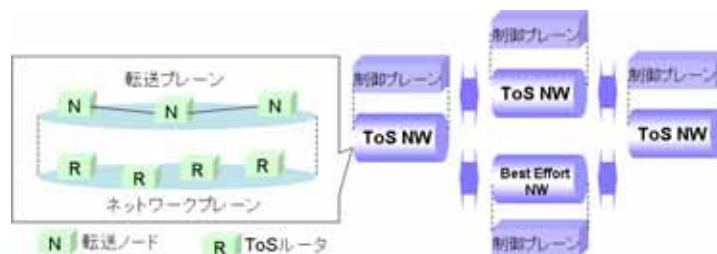


図 4 提案アーキテクチャによる QoS システム

ネットワークとして、図 4 にあるようなネットワークを想定する。ネットワークプレーンとして、複数の ToS ルータが設置された ToS ネットワーク及び ToS ルータが設置されていないベストエフォートネットワークがある。また、各ネットワークプレーン上には、転送されてきたパケットに ToS フィールドを設定し、再転送を行う転送ノードで構成されるオーバーレイ網

を転送プレーンとして仮定する。制御プレーンは、ネットワークプレーンが提供する QoS, 本例では ToS による優先制御に関する情報を他ドメインの制御プレーンと交換する。優先度毎に生成される経路情報とアプリケーションからの要求から、最適な経路及びノードが選択され、オーバーレイネットワークが形成される。

現在、試作中であるが、1)マルチドメイン環境下で ToS を利用したパケット転送が可能であること、2)スケーラビリティを有すること、の2点を中心に評価試験を行っていく予定である。

#### 4.2. 課題

アーキテクチャの検討、開発を進める上で、今後解決すべき以下の課題が残されている。

- ✓ QoS 情報の意味内容を統一するため、現在、静的な対応テーブルを用意しており、拡張性に欠けている。様々な QoS に柔軟に対応できる仕組みが必要である。
- ✓ 各ドメインの提供する QoS 品質が厳密に統一されていないため、ユーザに対し、どのように QoS を提示するか、また、リソース提供者へどのように対価を支払うべきか解決する必要がある。
- ✓ 品質把握・課金等のため、提供する QoS の品質をモニタリングする必要があるが、マルチドメイン環境での統一したモニタリング方法が存在しないため、対応が必要となる。

#### 5. まとめ

マルチドメイン環境下で QoS を提供するため、“緩やかな QoS 連携”という概念を導入し、それを実現するオーバーレイネットワークアーキテクチャを提案した。また、今後、解決すべき課題について述べた。

【謝辞】本研究は総務省からの委託研究の成果である。

#### 【参考文献】

- [1]QoS Routing Mechanisms and OSPF Extensions, RFC2676, August 1999
- [2]OSPF Version 2, IETF RFC 2328, April 1998
- [3] L. Xiao, K.-S. Lui, J. Wang, and K. Nahrstedt. QoS extension to BGP. In 10th IEEE International Conference on Network Protocols, November 12-15 2002
- [4]A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4), IETF RFC 1771, March 1995
- [5]鈴木他, “サービスウェアな多地点通信プラットフォームの提案～アプリケーションから制御可能なデータ配信方式”, 2004/3 信学総大
- [6]谷口他, “サービスウェアな多地点通信プラットフォームの提案～アプリケーションとネットワークの連携制御”, 2004/3 信学総大
- [7]野上他, “サービスウェアな多地点通信プラットフォームの提案～円滑な多地点間コミュニケーションサービスの実現～”, 2004/3 信学総大
- [8]野上他, “サービスウェアな多地点通信プラットフォームの提案”, 2004/5 TM 研究会