

QoS に応じたパスを迅速に提供可能な光ネットワーク 情報管理システムの OpenFlow を用いたプロトタイプ実装と機能検証

福島 昂[†] 高田 将司[†] 谷川 陽祐[†] 戸出 英樹[†]

[†] 大阪府立大学 大学院工学研究科 電気・情報系専攻 知能情報工学分野

〒 599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1

E-mail: † { fukushima@com. , takada@com. , tanigawa@ , tode@ } cs.osakafu-u.ac.jp

あらまし 近年, 光ネットワークの高速・大容量化, 広域化に加え, 高い QoS 要求を安定的に保証するための研究が積極的に行われている. 一方, サービスの観点から見ると, CCN(Content Centric Network) に代表されるように, コンテンツの名前をキーとしてルーティング処理を行うネットワークが注目を浴びている. 将来的には, ユーザが要求条件とコンテンツを提示することで, 適切な宛先 (サーバ) とそこへ至る最適な経路の組を提供する, 光ネットワークを基盤とした通信サービスの形態が有望になると予想される. 筆者らの研究グループでは, サービス, ネットワーク両方をコンポーネントとして扱うことで, より高度なサービスを柔軟に提供する経路・サーバ選択連動型サービス提供プラットフォームを提唱している. さらに, このプラットフォームの実現に向けて, AS(Autonomous System) など一定の制御単位内における経路設定の可否判定要求に対して迅速に回答し, スケーラブルにネットワーク資源を管理するアーキテクチャを提案している. 本稿では, 上記アーキテクチャを OpenFlow 技術を用いてプロトタイプ実装し, 実環境における可用性を評価する.

キーワード 光ネットワーク, 情報管理システム, OpenFlow

Prototype Implementation and Verification of Optical Network Management System with Quick Provision of QoS-Aware Wavelength Path Using OpenFlow

Akira FUKUSHIMA[†], Masashi TAKADA[†], Yosuke TANIGAWA[†], and Hideki TODE[†]

[†] Department of Computer Science and Intelligent Systems,

Osaka Prefecture University

1-1 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai-shi, Osaka, 599-8531, Japan

E-mail: † { fukushima@com. , takada@com. , tanigawa@ , tode@ } cs.osakafu-u.ac.jp

Abstract Recently, many researchers are engaging in stable QoS guarantee as well as larger capacity and wider area in optical networks. In the future, a communication service on optical network that searches combinational solutions of an appropriate server and a route, and that establishes paths to match users' demand would become feasible and mainstream. Therefore, we have proposed a service platform where both services and network elements are treated in a unified manner as components like distributed web service for finding solutions. In addition, for this platform, we have proposed an optical network management architecture which can quickly reply on answer when route setting is requested to a control unit like an AS and which can manage network resource scalably. In this paper, we implement a prototype for the management system using OpenFlow and evaluate its effectiveness in the real-environment.

Key words Optical Network, Management System, OpenFlow

1. はじめに

従来のネットワークサービスでは、サービス制御機能とネットワーク制御機能は独立しており、あらかじめ決められたサーバに設置された固定的なサービスを固定された経路を通して提供することが一般的であるため、QoS に対する柔軟性に乏しい。これに対し、サービス機能及びネットワーク機能をそれぞれコンポーネント化して一元的に処理することで、より高度なネットワークサービスを柔軟に提供できるサービス提供プラットフォーム [1] が提案されている。筆者らの研究グループでは、上記プラットフォームの実現に向けて、AS(Autonomous System) などの一定の制御単位内の経路設定要求に対し、設定可否を迅速に回答し、スケラブルに光ネットワーク資源を管理するアーキテクチャ (Platform for Simple, Speedy, and Scalable Optical Network ; S3-ON) [2] 及び具体的な動作手順、管理情報データベース (DB) の分散化手順 [3] を提案してきた。本稿では、上記の提案アーキテクチャに対して OpenFlow 技術を用いてプロトタイプ実装を行い、実環境における可用性を評価する。

2. S3-ON アーキテクチャ

S3-ON プラットフォームの動作手順を図 1 に示す。

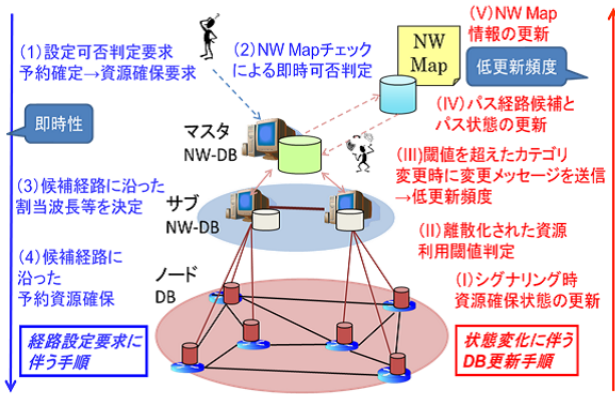


図 1 S3-ON プラットフォームの動作手順

経路設定の問合せに対する即時の正確な回答、資源管理に関するスケラビリティの確保という目標を実現するための、「データベース (DB) の階層化による光ネットワーク関連情報の効率的な管理・収集法」が主な構成要素である。経路の設定可否の判定要求に対しては、階層化された DB 管理を通して構築されたネットワークマップ (NW-MAP) の情報を基に即時に対応し、予約の際には、QoS に応じた経路上の利用波長の決定、並びにシグナリングによる資源確保を行う。上記手法の詳細について、それぞれ 2.1 節、2.2 節で述べる。

2.1 階層型データベース (DB) 構造

ユーザーエージェントの QoS 要求に見合った経路設定可否判定を即時に行うため、S3-ON は複数のデータベースを用いた階層データベース (DB) 構造を構成し、データベースを効率的に管理する。図 2 に階層化されたデータベースと収集される情報の詳細を示す。データの縮退化による上位層データベースへのデータ更新頻度の削減に主眼を置いた管理方法を用いている。

2.2 多重オーバーレイによるトポロジとリンク状態管理

ネットポロジ管理と QoS に見合った波長バス管理を低更新頻度で実現するため、S3-ON では、多重オーバーレイによるトポロジ並びにリンク状態管理手法を用いている。基本的に、まず、波長等の光ネットワーク資源情報を離散的なクラス化に基づき色分けする。次に、色分けリンク状態 (例えば、赤、黄、青) に応じて多重オーバーレイネットワークを構築する。さらに、青のみ、青+黄、青+黄+赤のそれぞれのトポロジを元に、様々

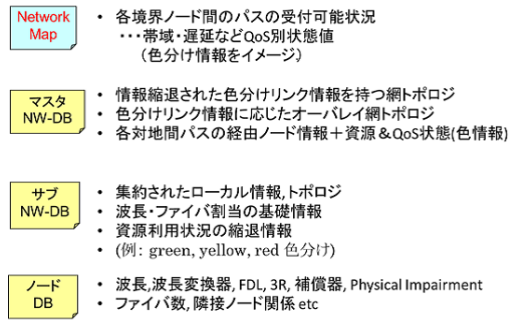


図 2 階層型データベース (DB) 構造

な要求に応じた経路を算出する。この手法により、オンタイムの経路選択を高頻度に行うことが回避され、即時性の確保につながる。また、色分けリンク状態の変化のみに伴う更新によって、トポロジ及び経路候補情報の更新頻度削減が図られる。

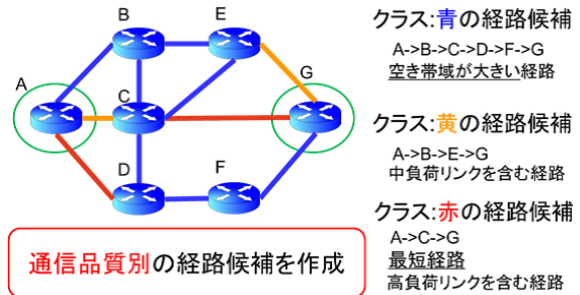


図 3 多重オーバーレイによるトポロジ及びリンク状態管理

3. S3-ON プラットホーム実装

3.1 想定環境

AS など一定の制御単位を管理するネットワークコンポーネント内部において、ユーザーの要求に応じた柔軟なパス設定を行うために、OpenFlow [4] [5] を利用した。OpenFlow とは、ルータやスイッチにおける経路制御機能とパケット転送機能ネットワークを自由に制御することができるネットワーク技術である。OpenFlow おける構成要素を図 4 に示す。OpenFlow を用いる

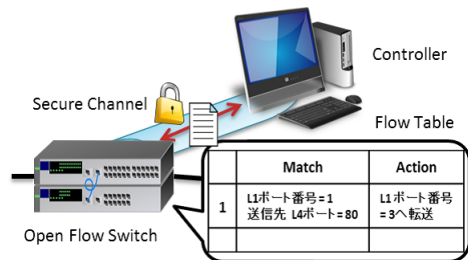


図 4 OpenFlow

ことでユーザーの要求に応じた経路設定が可能であるが、OpenFlow Switch の費用を考慮すると、多数の OpenFlow Switch を準備することは困難である。そこで、1 台のマシン内部に複数の仮想 OpenFlow Switch とそれらを制御範囲とする OpenFlow Controller をエミュレートし、OpenFlow ネットワークを構築した。このような仮想環境を構築するため、OpenFlow のためのプログラミングフレームワークである Trema [6] を用いた。

3.2 実装の際の留意点と方針

S3-ON アーキテクチャは、ネットワークコンポーネント内部における階層化された DB 管理を想定しているため、本来、最下層の DB であるノード DB が各ノード毎に必要となる。本実装の想定環境では、このノード DB を仮想 OpenFlow Switch に実装することになる。しかし、このアプローチは、実装が煩雑な上に、他の環境への移植性を損なうことになる。そのため、理

想的には複数の Openflow Controller によって階層化された構造を構成し、それぞれに各階層の DB 機能を付加する形で実装を行う手法が望ましい。しかし、Openflow は 1 つの制御範囲を 1 つの Openflow Controller で集中制御することが一般的であるため、この方法は、現実的ではない。

3.3 設計概要

上記のような制約を考慮し、図 5 のように 1 つの Openflow Controller 内部に階層化された構造を構成した。

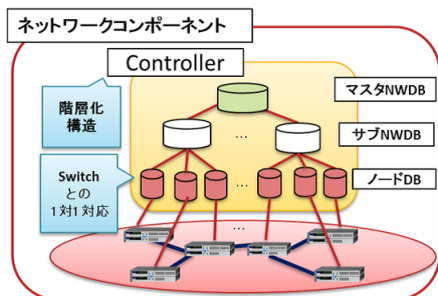


図 5 Openflow Controller 内部の階層化

このプロトタイプは、Ruby 1.8.7, trema version 0.2.5 を用いて実装されている。各層の DB 機能はモジュール化されており、将来、DB を別サーバに切り分けた際の移植性を考慮した設計となっている。また、LLDP パケットを用いて詳細なリンク情報を収集し、ダイクストラ法による最短経路の計算や資源予約後のパス設定を行う際に用いている。

3.4 モジュール構成

S3-ON アーキテクチャのモジュール構成図を図 6 に示す。

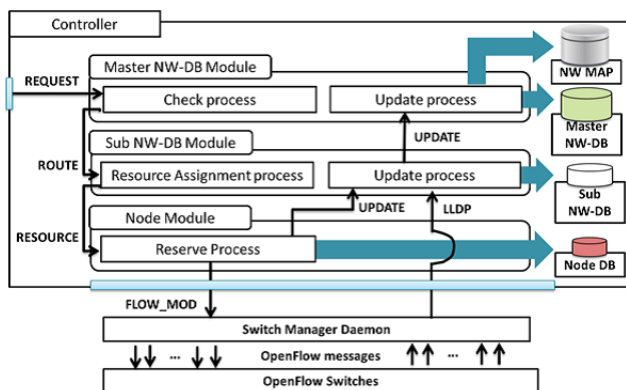


図 6 モジュール構成図

このプロトタイプは次の機能にモジュール化される。

(1) Master NW-DB Module

ユーザエージェントからの要求に対する応答、通信品質別ネットポロジの管理、オーバレイトポロジを用いた経路計算、NW MAP の更新を行うモジュール

(2) Sub NW-DB Module

経路に対するネットワーク資源の割当、ネットワークポロジの収集と管理を行うモジュール

(3) Node DB Module

各ノード毎の資源の予約、経路設定、詳細な光ネットワーク資源の管理を行うモジュール。

3.5 マッチングルール

設定されるフローのマッチングルールは以下の要素で構成されている。

- 送信側 IP アドレス
- 受信側 IP アドレス
- eth タイプ
- プロトコル番号

- 受信側ポート番号
- Path ID

ポート番号を指定することによって、プロセス毎にフローを識別している。また、フローを設定する際、arp 用のフローを同時に設定することによって、スムーズに通信を行える仕様となっている。

4. 性能評価

提案方式であるパス設定手順(図 1 左側の手順)及び DB の更新手順(図 1 右側の手順)の有効性を評価した。ネットワークコンポーネント内に 10 × 10 の格子形モデルを生成し、対地間のパス設定に要する時間とそれに伴う DB の更新頻度を計測した。1000 回の独立した要求を発生させた際のパス設定時間及びマスタ NW-DB における更新回数を図 7 に示す。要求は 15 秒間隔で発生させ、120 秒間のサービス時間を要求した。なお、比較対象として、それぞれの評価指標に対し、要求毎に経路計算を行った場合、毎回 DB を更新する場合の結果を併記している。実行時間の計測には Ruby の Benchmark を用いた。

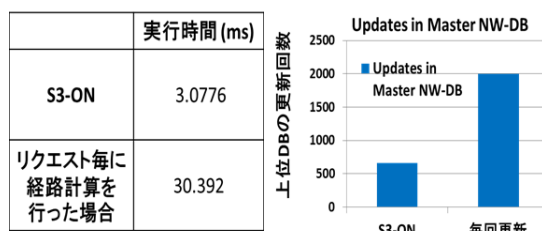


図 7 経路設定に要する時間及びマスタ NW-DB の更新回数

図 7 左側の実行時間特性の結果から、S3-ON では、比較方式に対して 1/10 程度に実行時間を短縮できている。図 7 右のグラフより、マスタ DB の更新回数が毎回更新する場合に比べて、1/3 程度に短縮できている。これらの結果より、S3-ON アーキテクチャの即時性及びスケーラビリティに対する有効性が確認された。

5. まとめ

本稿では、QoS に応じたパスを迅速に提供可能な光ネットワーク情報管理システムの OpenFlow を用いたプロトタイプ実装における設計方針を示し、Trema 内に実装されたプロトタイプに対して基礎評価を行った。今後、拡張された実験ネットワーク環境下での実装及び評価を行う予定である。

謝 辞

この研究の一部は、独立行政法人情報通信研究機構の高度通信・放送研究開発委託研究/光統合ネットワークの管理制御及びノード構成技術に関する研究開発の一環としてなされたものである。ここに記して謝意を表す。

文 献

- [1] 木下和彦, 廣田悠介, 戸出英樹, 村上孝三, “ネットワーク制御とサービス制御を一元化するサービス提供プラットフォーム,” 信学技報, ICM2009-40, Jan. 2010.
- [2] 戸出英樹, 高田将司, 谷川陽祐 “経路・サーバ選択連動型サービスのための光ネットワーク情報管理システム,” 電子情報通信学会総合大会, B-12-14, Mar. 2012.
- [3] 高田将司, 谷川陽祐, 戸出英樹, “光ネットワーク情報管理システムにおける多重オーバーレイを用いた QoS 別波長パス設定法,” 電子情報通信学会総合大会, B-12-15, Mar. 2012.
- [4] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, G. Parulkar, L. Peterson, J. Rexford, S. Shenker, and J. Turner, “OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks,” ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 38 issue 2, Apr. 2008 .
- [5] Open Networking Foundation, <https://www.opennetworking.org/index.php>.
- [6] Trema Full-Stack OpenFlow Framework for Ruby/C, <http://trema.git hub.com/trema/>.