

# OpenFlow を用いたネットワーク制御システムの開発

堤 啓彰 井口 信和

近畿大学理工学部情報学科

## 1. 序論

クラウドやサーバ仮想化，スマートフォン等のモバイル端末の普及により，ネットワークに対する要件が変化している．例えば，モバイル端末の普及により，機器の追加や移動が起こりやすくなってきている．そうした変化に対して，より柔軟に対応する必要がある．ところが，従来のネットワークでは対応が難しくなっている．また，従来のネットワークでは，各ネットワーク機器を個別に設定する必要があり，設定のコストや人為的なミスが問題となる．そういった背景から，SDN (Software-Defined Networking) というコンセプトが注目を集めている．SDN とは，従来のネットワーク機器で一体化されていたコントロールプレーンとデータプレーンを分離したネットワークアーキテクチャである．そのため，拡張性と柔軟性の高いネットワークを構築できる．また，コントロールプレーンからデータプレーンを一括して制御できるため，各ネットワーク機器を個別に設定する必要がなくなる．この SDN を実現する技術が OpenFlow<sup>1)</sup>である．

OpenFlow は，Stanford 大学において研究開発されたネットワークアーキテクチャである．OpenFlow を用いたネットワークは，データプレーンに相当する OpenFlow スイッチ（以下，スイッチ）と，コントロールプレーンに相当する OpenFlow コントローラ（以下，コントローラ）から構成される．コントローラは OpenFlow プロトコルを用いてスイッチを制御する．

そこで本研究では，OpenFlow を活用することでネットワークを集中管理できるシステム（以下，本システム）を開発した．コントロールプレーンに相当する本システムから，データプレーンに相当するスイッチを制御し，SDN を実現する．

## 2. 研究内容

本システムは，OpenFlow を用いてネットワー

Development of Network Control System using OpenFlow  
Hiroaki TSUTSUMI, Nobukazu IGUCHI  
Department of Informatics, School of Science and Engineering  
Kinki University

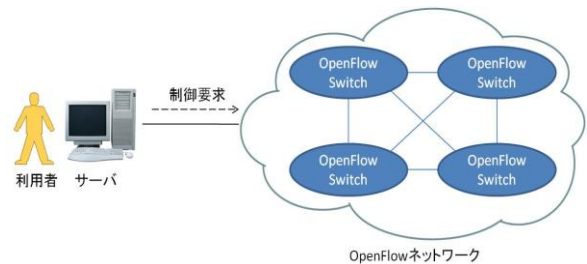


図1：本システムの構成

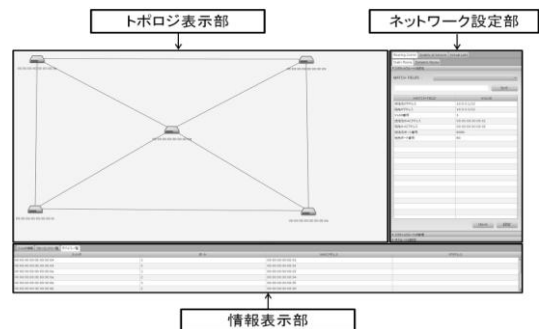


図2：ネットワーク設定用GUI

クを制御するシステムである．本システムの構成を図1に示す．利用者は，本システムを用いることで，スイッチにより構成される OpenFlow ネットワークを設定できる．

### 2.1. ネットワーク設定用GUI

本システムは，利用者に対して図1に示すネットワーク設定用GUIを提供する．ネットワーク設定用GUIを用いることで，GUI上でネットワークを設定できる．これにより，コマンド入力の間違い等の人為的なミスを削減できる．GUI上のトポロジ表示部には，本システムにより制御されているスイッチのトポロジが表示される．これにより，トポロジの容易な把握が可能である．情報表示部では，設定内容やスイッチのフローエントリ等の情報の確認が可能である．ネットワーク設定部では経路制御，QoS制御，VLANの設定が可能である．

### 2.2. 経路制御機能

経路制御機能では，スタティックルートとダイナミックルートの設定が可能である．

スタティックルートでは，利用者はルーティ

ングの条件としてIPアドレスの他に、MACアドレスやポート番号等を指定できる。これにより宛先IPアドレスが同じパケットでも、宛先ポート番号を条件に含めることで、アプリケーションに応じて違う経路にトラフィックを流せる。このように、これまでできなかったルーティングが実現できる。さらに、各スタティックルートに対してサブルートを設定できる。サブルートはリンクがダウンした際や、後述するQoS制御機能にて輻輳を検知した際に切り替える経路として用いられる。

ダイナミックルートでは、経路計算に用いるメトリックを選択し、そのメトリックに応じたルーティングができる。例えば、メトリックをホップ数に指定した場合はRIP相当のルーティングとなる。設定では、まず、GUI上のトポロジから、経路計算に参加するスイッチを選択する。そして、選択されたスイッチに接続される機器が存在する場合、その機器のMACアドレスあるいはIPアドレスを入力する。以上の処理を、経路計算に参加する全てのスイッチに対して実施する。これにより、従来と同様のルーティングを容易に実現できる。

### 2.3. QoS制御機能

QoS制御機能では、輻輳を検知すると動的に経路を切り替えるよう設定できる。本機能では、スイッチの持つポートごとの送信バイト数をシステム側で収集する。本システムでは、スイッチと接続した時点で、各スイッチの帯域幅を把握している。そのため、収集した値を帯域幅と比較することで、スループットを測定できる。これにより、輻輳を検知できる。利用者は前述したサブルートをあらかじめ設定しておくことで、動的に経路を変更できる。

### 2.4. VLAN機能

VLAN機能では、スイッチのポート番号、MACアドレス、IPアドレスを用いてVLANを設定できる。スイッチのポート番号を用いる場合は、各スイッチにVLANを設定する必要がある。この場合は従来と同様のVLANを実現できる。MACアドレスあるいはIPアドレスを用いる場合は、ネットワーク全体に一括して設定できる。MACアドレスを用いる場合は、機器が移動してもMACアドレスは不変であるため、機器の移動により

柔軟に対応できる。IPアドレスを用いる場合は、新たに追加する機器に適切なIPアドレスを割り当てることで、適切なVLAN番号を割り当てられる。

## 3. 実験・考察

今回、本システムの動作検証と評価実験を実施した。なお、実験環境は、Mininet<sup>2)</sup>により構築された仮想ネットワークを使用した。

### 3.1. 動作検証

動作検証では、実装した機能が正常に動作するか検証した。まず、スタティックルートとダイナミックルートを、本システムを用いた方式と従来の方式のそれぞれで設定した。本システムを用いたダイナミックルートの設定では、メトリックにホップ数とリンクスピードのそれぞれを指定し、RIP相当とOSPF相当のルーティングを設定した。設定後の経路を比較した結果、従来と同様の動作を本システムで実現できることが分かった。本システムでは従来のように各機器を個別に設定する必要がないため、設定にかかる時間を短縮できる。以上より、本システムを用いることで、これまでと同様の動作をより短時間で実現できることが分かった。さらに、MACアドレスによるルーティング等の全ての機能が正常に動作することを確認した。これにより、本システムを用いることで従来よりも柔軟なネットワークが構築できる。

### 3.2. 評価実験

評価実験では、QoS制御機能を用いた際に、輻輳を検知してから指定した経路が切り替わるまでの時間を20回計測した。その結果を表1に示す。表1より、輻輳を検知した際に経路が0.2秒未満で切り替わるということが分かった。

## 4. 結論

本研究では、OpenFlowを用いてSDNを実現し、ネットワークを集中管理するシステムを開発した。OpenFlowを用いることで、設定を自動化でき、人為的なミスを削減できる。さらに、利用者はネットワーク全体に一括して設定できるため、設定が容易になり運用負担を軽減できる。今後はOpenFlowスイッチの実機を用いた環境での実証を予定している。

## 参考文献

- 1) N. McKeown, et al.: OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks, ACM SIGCOMM Computer Communications Review, Vol.38, Issue2, pp.69-74(2008).
- 2) Mininet, <http://mininet.github.com/>.

表1:計測結果

	ルートが切り替わるまでの時間(秒)
平均	0.175277
標準偏差	0.022973