4W-03

プログラマブルなネットワーク環境における コンテキストに基づいたトラフィック制御

柳田　晴香†　　小口 正人†
†お茶の水女子大学

1. はじめに

近年のネットワークは，膨大で多種多様なトラフィックにより，混沌とした状態である．そして，このようなネットワークを流れるトラフィックは一定ではない．例えば震災などの緊急災害時には，膨大なデータが処理基盤に流れ込み，情報の発信・収集のためにユーザからのアクセスが集中するため大きな負荷がかかる．このようなバースト的な負荷変動に迅速に対応するには，従来の人手による静的なネットワーク制御では限界となってきた．

そこで，SDN(Software-Defined Networking) の概念や OpenFlow プロトコルを用いて，ソフトウェアによる動的なネットワーク制御を行い，自動的なネットワークトラフィックの最適化を検討する．また，大規模災害時においては，現場の状況を伝えたり情報交換を行ったりするためのアプリケーションについては優先的にパケットを通し，エンターテインメント目的のトラフィックには制約をかけるなどといった，アプリケーションの種類に基づく制御が望まれる．

本研究では Twitter 等の外部情報より検知した大きな負荷変動をトリガとして，トラフィックの最適化をアプリケーション別に自動で行う，高度な自動ネットワーク制御手法の提案を行う．これにより，緊急災害時等でもユーザが安定して情報へアクセスできるシステムの構築を目指す．

2. 関連研究

これまでにも SDN や OpenFlow 技術を利用したソフトウェアによる自動トラフィック制御は実現されてきた [1]．また，Twitter 等の実社会の状況を濃く反映したモニタリング情報をトリガとした手法も提案されている [2]-[3]．

しかし，実社会の状況の変化に対応し，それぞれの場合に最適なネットワーク制御を行うには，現状の SDN では実現が難しい詳細なレベルでの制御が必要となることが考えられる．すなわち大規模自然災害時などにおいては，アプリケーションの種類によって優先度を変えてトラフィック制御を行いたい．例えば現場の状況を伝えたり情報交換を行ったりするためのアプリケーションについては優先的にパケットを通し，エンターテインメント目的の動画視聴などのトラフィックは制約をかける，などといった制御が望まれる．OpenFlow など既存の SDN の枠組みでは，そこまで詳細な制御を実現する事は難しい．

そこで，本研究では，DPN(Deeply Programmable Network) の概念を適用していくことで，この課題にアプローチする．

Traffic Control Based on Context in a Programmable Network Environment
† Haruka Yanagida, † Masato Oguchi
Ochanomizu University (†)

3. SDN/OpenFlow による制御

OpenFlow の技術を利用し，経路制御の頭脳であるコントローラがスイッチを一元管理するような制御が，データセンタ等ですでに実用化されている [1]．この，プログラムで自由に記述できるコントローラにより，全体をみたトラフィックの制御を自動的に行うことが可能になる．スイッチはコントローラの指令通り，MAC アドレス等のトランスポート層より下位層のヘッダ情報を照合しつつデータ転送を行う．

3.1 Mininet を用いた制御プログラムの開発

今回，OpenFlow フレームワークの一つである Mininet を用いて実機による実験の前に小実験を行った．この Mininet というフレームワークは機能として，ネットワークエミュレータツールを持っている．通常 OpenFlow のテストをする場合，実際に物理的な OpenFlow スイッチやパケットを送信するホスト等が必要となってくる．しかし Mininet は，ネットワークの定義ファイルを作ることで，仮想 OpenFlow スイッチや仮想ホストも設定できるため，OpenFlow コントローラの作成だけではなく，仮想環境で OpenFlow の動作を確認することができる．これを利用し，PC 上の仮想環境で OpenFlow による制御モデルを構築し実験を行った．

表 1: 開発環境

OS	ubuntu14.04 64bit
フレームワーク	Mininet 2.1.0p1
コントローラ	Ryu-manager 3.15
スイッチ	Open vSwitch 2.0.2

3.2 Mininet における実験

上記の環境で，図 1 のような 3OVS ノードのメッシュトポロジを作成し，以下の 4 つの動作を確認した．

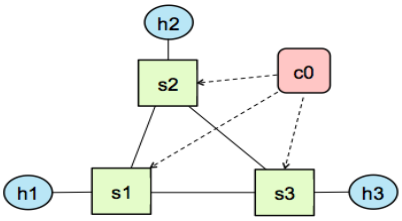

図 1: 小実験のための 3OVS ノードのメッシュトポロジ

(1) REST-API を使った手動経路切替え
REST-API を用いて，h1-s1-s2-h2 の経路と，h1-s1-s3-s2-h2 の s3 を経由する経路の切替スクリプトを作成し実行した．

(2) トポロジ検出
コントローラがトポロジを検出できるよう，REST-API でトポロジ検出アプリケーションを作成した．

(3) トポロジ情報を使った自動経路生成
2 で検出したトポロジ情報から，h1-s1-s2-h2 の経路と，h1-s1-s3-s2-h2 の s3 を経由する経路の 2 つの経路を自動生成した．

(4) 障害イベントによる自動経路切替え
以上により，例えば h1-s1-s2-h2 の経路に何か障害イベントが発生した際に，自動的に h1-s1-s3-s2-h2 の s3 を経由する経路に切替えるプログラムを作成した．

動作イメージは図 2 の通りである．

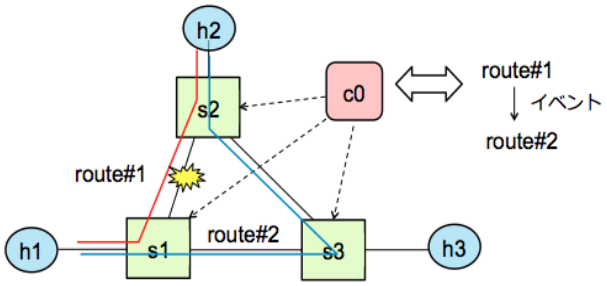

図 2: 障害イベントによる自動経路切替え

4. DPN/FLARE による制御

本研究が目指すところは，アプリケーションの種類に基づくきめ細やかな経路・帯域制御である．3. で述べた SDN や OpenFlow では，スイッチはハードウェアであり，トランスポート層以下の情報へしかアクセスできないため，このような詳細な制御は難しい．よって，アプリケーション層以上の情報へもアクセス可能なスイッチが必要となる．

そこで，東京大学中尾研究室で研究中の FLARE スイッチを導入する．この FLARE スイッチは，スイッチをソフトウェア化 (プログラム可能なハードウェア化) することで，ヘッダだけではなくアプリケーション層を含めたデータ全体のどこにでもアクセス出来る．(図 3)

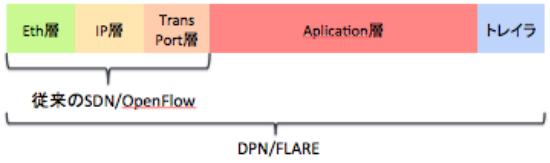

図 3: SDN と DPN でアクセス可能なパケットの範囲

このように，コントローラだけでなく，コントローラが制御するハードウェアスイッチさえもプログラム可能なソフトウェアで書き換え可能なものにしようといった，よりディープな SDN の概念が DPN (Deeply Programmable Network) という概念である．この概念のもと作られたスイッチはいくつか研究中だが，今回は中尾研究室の FLARE スイッチを用いて実機実験を行っていく．

5. 想定実験

本研究では，図 4 のような物理構成で実験を行う．4 台の FLARE スイッチをメッシュ状に組み、各々に端末がぶら下がる形である．そして，他の端末上のコントローラでこれら 4 台のスイッチを制御し，様々なトラフィック制御モデルを検討する．まず動作させるプロトコルとして，Mininet で開発した OpenFlow のスクリプトをそのまま乗せる形で動かす．次に，DPN 環境でアプリケーションごとのトラフィックの制御を行っていく．最終的には，広域なネットワークテストベッドである JGN-X（Japan Gigabit Network 第 4 世代）上で実際に運用されているシステムに近い状況で検証していく．

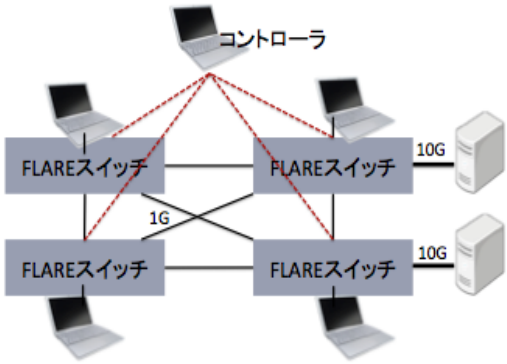

図 4: 実験環境イメージ

6. まとめと今後の課題

緊急災害時に起こる，ネットワークシステムのバースト的な負荷変動を外部情報から予測し，その情報をトリガとして，ネットワークトラフィックの最適化をアプリケーション別に自動で行う制御システムを提案した．

現時点では，仮想マシン上で Mininet を用いた小実験により，経路切替を自動で行うスクリプトの動作確認が出来た．今後は，小実験により開発したスクリプトを FLARE スイッチを用いたローカルでの実機環境で動かし検証実験を行った後，テストベット上での性能評価を行っていく．

謝辞

本研究は一部，総務省戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）先進的通信アプリケーション開発推進型研究開発によるものである．

参考文献

[1] 飯島明夫：「OpenFlow/SDN のキャリアネットワークへの適用について」 電子情報通信学会技術研究報告. NS, ネットワークシステム 112.231 (2012): 85-87.

[2] 原瑠理子，長谷川友香，小口正人：「モニタリング情報に基づく OpenFlow を用いたネットワークトラフィック制御モデル」，DEIM2014，C9-6，2014 年 3 月

[3] 高橋裕，秋山友理愛，神津智樹，山口実靖：「バースト的負荷変動を考慮した OpenFlow を用いた動的資源割り当て (SDN/OpenFlow).」，電子情報通信学会技術研究報告. NS, ネットワークシステム 113.472 (2014): 225-229.