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

原　瑠理子† 　長谷川友香† 　小口　正人†

† お茶の水女子大学　〒 112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1
E-mail: †ruriko@ogl.is.ocha.ac.jp, ††hasegawa.yuka@is.ocha.ac.jp, †††oguchi@computer.org

あらまし　近年，社会が生み出すデジタルデータが急増する上で，多種多様なデータを多角的に解析可能なビッグデータ処理基盤は社会情報基盤として注目されている．大規模な自然災害などが発生する場合，ビッグデータ処理基盤に実世界を反映する形でバースト的な負荷変動がかかる．また，ネットワークをソフトウェアのように柔軟に制御可能な技術 (SDN:Software-Defined Network) として OpenFlow 技術が注目されている [1]．そこで本研究では，バースト的な負荷変動の要因となる社会情報をモニタリングし，そのモニタリング情報を元に OpenFlow/SDN 技術を用いてネットワークトラフィックを制御することで，緊急災害時に発生する問題の解決を図る．一度，重い負荷が生じてからシステムの再構成を速やかに行うことは難しく，社会情報基盤として求められている安定した稼働状況を実現するために，提案手法ではモニタリング情報から投機的にトラフィックエンジニアリングを行い，緊急災害時にも耐えうる安定した情報処理基盤の構築を目指す．

キーワード　SDN，OpenFlow，トラフィックエンジニアリング

A Control Model of Network Traffic using OpenFlow based on Monitoring Information

Ruriko HARA†, Yuka HASEGAWA†, and Masato OGUCHI†

† Ochanomizu University　2-1-1 Otsuka, Bunkyou-ku, Tokyo, 112-8610, JAPAN
E-mail: †ruriko@ogl.is.ocha.ac.jp, ††hasegawa.yuka@is.ocha.ac.jp, †††oguchi@computer.org

Key words　SDN，OpenFlow，Traffic Engineering

1. はじめに

近年，インターネットやセンサ技術の普及，携帯型デバイスの発展，クラウドやデータセンタ（DC）の増加により，いわゆるビッグデータへの対応が社会における情報処理基盤において重要となってきた. [2] SNS の一つである Twitter では，1 億 4 千万件もの情報発信が 1 日に行われている．また，大地震や台風などの自然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システムにかかる．このようなイベント時におこるバースト的な負荷変動に迅速に対応し，非常時にも停止することなく安定した処理基盤であることが期待される．

そこで，Twitter 等のモニタリング情報から大きな負荷変動が起こる可能性を予測し，どのようにネットワークシステムを再構成したら良いか判断して，実際に指令を出すまでの機能の検討を行う．そして，近年注目されている OpenFlow を用いてネットワークトラフィックの最適化を行い，このようなシステムに負荷が起こった場合の提案手法の効果を確認する．

2. SDN

SDN(Software-Defined Network) とはネットワークの構成，機能，性能などをソフトウェアの操作だけで動的に設定，変更できるネットワーク，あるいはそのためのコンセプトを指す [3] [4]. SDN を用いると，物理的に接続されたネットワーク上で，別途仮想的なネットワークを構築するといったようなことが可能になる．仮想的なネットワークを構築することで，ネットワークの物理的な制約から離れて，目的に応じたネットワークを柔軟に構築しやすくなる．そうなればトラフィックの変動に応じて動的にネットワークの構成を変更するといった，プログラマブルな制御が可能になる．

3. OpenFlow

OpenFlow とは，SDN を実現させるための要素技術の一つである．これまで企業や組織が導入・運用してきたネットワーク装置のほとんどは，機器ベンダがハードウェアに搭載可能なソフトウェアを独占的に開発し，ユーザに提供してきた．しかし，近年のネットワーク技術の複雑化に加え，事業環境の急激な変化や，ユーザニーズの多様化といった課題に直面した．この課題解決のため，このソフトウエアを機器ベンダではない第三者でも開発できるように，ハードウェア制御用のインタフェースを標準化して提供するのが，OpenFlow の考え方である．

OpenFlow では図 1 のように，ネットワーク全体の経路制御をコントローラと呼ばれる機器上のソフトウェアで集中管理し，スイッチではデータ転送機能のみを実行する．物理ネットワーク・仮想ネットワークの両方を，コントローラで集中管理することによって既存のネットワークで実施していた，各スイッチでの経路制御の設定がなくなり，ネットワークの単純化と運用および管理の負荷の大幅な削減を実現する．また，コントローラによるネットワークの集中管理により，物理ネットワーク・仮想ネットワーク構成の動的な最適化が可能となる．

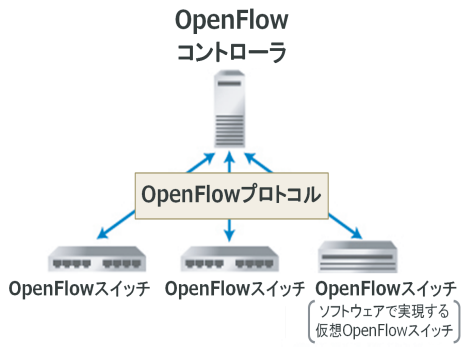

図 1　OpenFlow コントローラによる制御

3.1 OpenFlow スイッチ

従来のスイッチと OpenFlow スイッチの構成における大きな違いは，経路制御など複雑な計算を担う ”コントロールプレーン ”と，フレーム転送など単純な処理をする ”データプレーン ”を分離した点である．

現状の一般的なスイッチでは，これらは全て一台のハードウェアに組み込まれる (図 2 の左)．しかし，OpenFLow スイッチでは ”コントロールプレーン ”と ”データプレーン ”を標準的なインタフェース (OpenFlow) で接続し，管理や制御を担うソフトウェアとハードウェアを分離することで，インタフェース経由でのデータプレーンの制御を可能にする．(図 2 の右)．

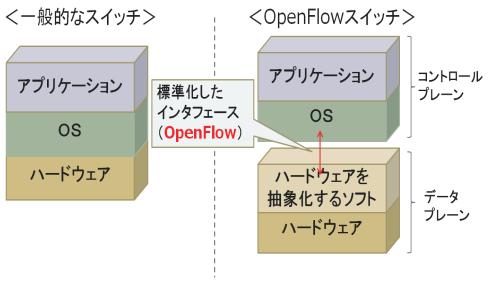

図 2　OpenFlow スイッチの構成

3.2 Trema

今回，OpenFlow コントローラフレームワークの一つとして提供されている，Ruby ベースの Trema を用いて研究を進めた [5]．Trema は実行速度よりも開発効率を重視しており，他に提供されているコントローラフレームワークに比べて，大幅に短いコードで実装できるという特徴がある．また Trema は機能として，ネットワークエミュレータツールを Trema 内部に持っている．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，Trema 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，Trema のみで OpenFlow コントローラの作成だけではなく，仮想環境で動作を確認することができる．本研究ではこのネットワークエミュレータ機能を利用し，仮想環境上で制御モデルを検討し実験を行う．

4. 緊急地震速報によるトラフィック制御

現在，OpenFlow の技術を利用し，ネットワークのトラフィック量の変動に応じてネットワークの構成や帯域をプログラマブルに制御する検討が進められている [6]．これらの技術は一般的に緩やかな負荷変動に対して行うことを想定しているため，大地震や台風といった自然災害などの，短時間に起こる大きな負荷変動に耐えることは難しい．そこで本研究では，緊急地震速報から負荷変動を予測し OpenFlow を用いてコントロールすることで，不測の事態への対応を行う．

4.1 実 験 概 要

Twitter で発信される緊急地震速報と，Yahoo!ニュースの地震カテゴリの記事による地震情報をモニタリングし [7]，そのモニタリング情報をトリガとして，投機的にネットワークトラフィックの制御を行う (図 3)．

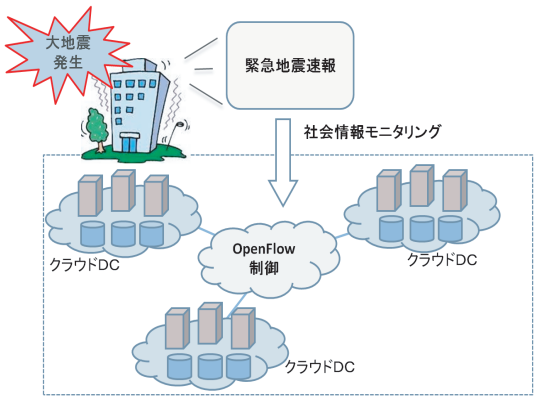

図 3　実 験 概 要

4.2 災害時に想定される問題

OpenFlow を使って制御するシナリオとして，以下の 4 つの動作を提案する．

(1)　ネットワークの切り替え．
(2)　アプリケーションによる制御．
(3)　最短経路以外の最適な経路探索．
(4)　複数経路を使って帯域の確保．

(1) ネットワークの切り替え
災害によって，ネットワークの途中の通信経路が欠損・断続的切断が生じるような劣悪な環境に陥っても，モニタリング情報を元に臨時のネットワークに瞬時に切り替えることで，緊急災害時の通信を確保する．

(2) アプリケーションによる制御
ある閾値を超える大きさの地震が観測された場合，大量のトラフィックが流れ込むことが予想される．そこで輻輳を回避するために，アプリケーションごとに優先順位をつけ，その優先度でネットワークを制御する．
例えば，緊急災害時にメールや Twitter 等の SNS といったテキストの情報伝達を行うアプリケーションは，緊急性が高いと判断して優先的にトラフィックを流し，YouTube などの動画を使ったアプリケーションは緊急性が低いと判断して後回しにする．

(3) 最短経路以外の最適な経路探索
緊急災害時には，確実に届けたい情報 (安否確認など) などがトラフィックに流れると想定されるので，確実なネットワークを確保するために，信頼性の高いパス (帯域が太いなど) を選択してトラフィックを流す．もし選択された経路が，最短パスでなかったとしても，速さよりも確実性を重視する場合には，この手法は有用であると考えられる．

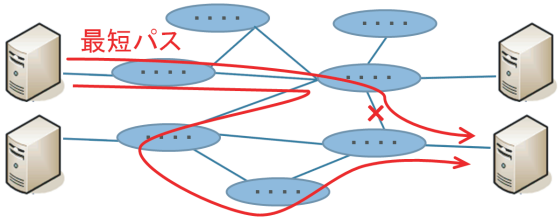

図 4　最短経路以外の最適な経路探索

(4) 複数経路による帯域の確保
モニタリング情報によって，ある特定の地域で大きな被害が発生すると想定される場合，その地域から流れてくる大量のトラフィックを優先して流すために，通常のルーティングでは帯域の上限があると考えられるため，同時に別の経路からもトラフィックを流すことで，大幅に拡張した帯域を確保する．

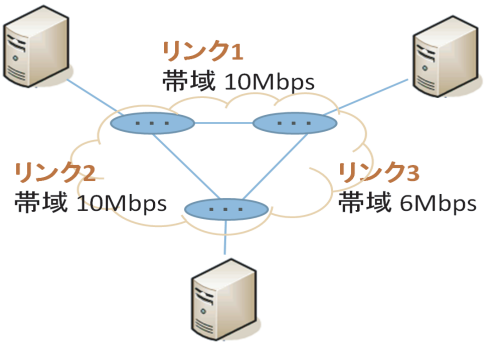

図 5　複数経路による帯域の確保

4.3　動作確認
以下のように提案したシナリオの動作を確認した．
なお，シナリオ (2) と (3) については現在，一部の制御を実装中である．

(1) 災害発生時に，問題が発生しうるネットワークから別の安定したネットワークへと，ホストの所属するネットワークを迅速に切り替えることで，安定した通信を可能にした．

(2) プロトコルからアプリケーションを識別することで，緊急災害時に有用となる情報を優先して流すことを可能とする．(実装中)

(3) 通常のルーティングでは，最短経路を通ってパケットを送るが一部のリンクに何らかの異常がみられたり，優先度の高い通信に一部のリンクを譲るとき，迂回させ最適な経路探索を行い，柔軟なパス選択が可能となる．(実装中)

(4) 複数の経路から同時にトラフィックを流すことで，帯域を有効に利用することが可能となり，大量のトラフィックを流すことを可能とした．

5.　まとめと今後の課題
大地震が発生した際に起こる，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，ネットワークシステムに起こりうる問題の解決を図るために，いくつかの制御モデルを提案した．また，そのうち一部を実装して動作を確認した．
今後はどのようなモニタリング情報を元に，ネットワークを構築するか再検討し，緊急災害時にも投機的にシステムの再構成を行い，限られた計算機資源のなかで必要最小限の機能を維持することを目指す．また地震だけでなく，さまざまな社会情報によって想定される負荷変動にも，対応できる制御モデルを検討する．

文　献
[1] OpenFlow コンソーシアム：OpenFlow 仕様, Open Networking Foundation: http://www.openflow.org/
[2] McKinsey Global Institute, “ Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity ”, June 2011
[3] “ Open Networking Foundation ”: https://www.opennetworking.org
[4] N. McKeown, et al. OpenFlow: Enabling innovation in campus networks, In Proceedings of SIGCOMM 2008, pp. 69-74, 2008
[5] Trema: http://trema.github.io/trema/
[6] 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」, 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会招待講演, 2012 年 10 月
[7] 長谷川友香，小口正人:「緊急時判断に基づく状況に応じた個人情報へのアクセス制御」, DEIM2013, F5-6, 2013 年 3 月