

SDN がもたらす柔軟な将来網の世界

Objectives of SDN in Future Network

中尾彰宏

Abstract

本稿では、将来網の研究開発やビジネス化が急速に進む中で、特に注目を浴びている Software-Defined Networking (SDN)、ネットワークの仮想化 (Network Virtualization) 技術、及びネットワーク機能仮想化 (Network Functions Virtualization) が求められている背景、及びそれらの目的を明確化する。

キーワード: Software-Defined Networking (SDN), Deeply Programmable Network (DPN), ネットワーク仮想化

1. はじめに

近年、インターネットでは、サーバ運用コストを削減するためデータセンターに情報を蓄積しインターネットからその場所を意識させないで情報アクセスを可能とさせるクラウドコンピューティングや、クラウド上に収集・蓄積された大量のデータからマイニングにより有用な情報を引き出すビッグデータ、そして、スマートフォンの急速な普及とともに必要となったモバイルバックホールネットワークや効率の良いミドルボックス、兆を超える数のセンサからのデータを扱う M2M ネットワークなど、従来とは異なるネットワークの使い方が必要となり、それとともに新たな問題が日々発生しつつある。特に、クラウドコンピューティングを支えるデータセンター内、及びデータセンター間のインタクラウドでのネットワーク構築や、スマートフォンからの音声・データアクセスの急速な増加に耐え得るモバイルバックホールネットワークの整備などに、従来とは異なるより効率的な制御が可能であるネットワーク機能の整備や、より柔軟な新しいネットワーク機能の導入や設定変更が可能なネットワーク制御の実現、そして、ネットワーク運用のコスト削減が求められるようになってきている。

Software-Defined Networking (SDN)、ネットワー

ク仮想化 (Network Virtualization)、及びネットワーク機能仮想化 (Network Functions Virtualization) などに代表されるネットワークをプログラムにより柔軟に制御する技術は、そのような近年のインターネットの使われ方の変化の中で、OPEX (Operational Expenses) と CAPEX (Capital Expenses) の両方を削減し、現在のネットワーク構築の抱える問題点の多くが解決され、より柔軟な運用が可能になるものと期待されている。

本稿では、網内にプログラム可能性、またはプログラム性 (Programmability) を導入するためのこれらの技術に焦点を当てて目的を明確化する。

2. 現代の網の課題と近未来の網に期待される技術

2.1 データセンターネットワークの課題

Google や Amazon をはじめとするネットワークサービス事業者が中心となり、計算資源、ストレージ資源、ネットワーク帯域資源などデータセンターにおける資源の集中が進んでいる。このビジネス形態に共通する特徴としては、データセンターにおいて大規模な資源プールを用意し、資源を仮想化し論理的に扱うことにより、ユーザ需要に応じて独立化 (Isolation) して提供することである。この動向は、データセンターにおけるネットワークサービスの集中によりサーバ仮想化 (計算資源・ストレージ資源の仮想化) 技術を用いた大規模なコストとエネルギーの削減を目的とするものである。ネットワーク資源の仮想化は最後まで遅れており、集中的にプ

中尾彰宏 正員 東京大学大学院情報学環
E-mail nakao@iii.u-tokyo.ac.jp
Akihiro NAKAO, Member (Graduate School of Interdisciplinary Information Studies, The University of Tokyo, Tokyo, 153-8904 Japan).
電子情報通信学会誌 Vol.96 No.12 pp.902-905 2013年12月
©電子情報通信学会 2013

プログラムによる制御を行うことで人間の介在する労力の削減と間違いの軽減を実現し、運用コストを下げる事が期待されている。

2.2 スマートフォンモバイルバックホールでの課題

近年、国内を代表するモバイルキャリアにおける通信障害に対し省庁から行政指導が行われるケースを目にすることが多いが、これらは、爆発的に普及したスマートフォンによるアクセスデータ量・フロー数の増大を、既存のインフラで収容することが急激に困難になっている結果と見る事ができる。前述のように、クラウドデータセンターに蓄積された大量のデータに対し、無数のスマートフォンから昼夜を問わずアクセスが集中するという情報通信パターンの変化や、通信が身近になったことから従来より深刻になったサイバー攻撃、ネットワークセキュリティやプライバシー侵害の問題等に対し、固定的なインフラでは対処が困難になっている状況が観察される。このように新しく予測が難しい通信形態の変革に対し、資源を動的に割り当て、新しい通信機能を具備したり必要がなくなれば除去したりする、拡張性と柔軟性を備える必要がある。また、柔軟性と性能向上はトレードオフの関係にあることが多いが、現代では、増え続けるデータ量に対する通信インフラの大容量化、高速化を担保しつつ、拡張可能な柔軟な通信基盤が求められている。

2.3 IoT/M2M における課題

Internet of Things (IoT) や Machine-to-Machine (M2M) 通信など、兆を超えるセンサ・デバイスを接続する通信の実用化のためには、無数の送信元からのデータを効率的に扱うため、従来と比べてデータフロー数を何桁もスケールアウトさせても耐え得る通信インフラが必要となる。センサデータは通常小さいが、絶え間なく生じるデータを区別して処理するためには、デバイスに近い場所にデータを集約し前処理やリアルタイム処理をしたり、センサデータのみ異なる QoS 制御を行ったり、プロトコル変換を処理したりするスマートゲートウェイを網内に設置するなど、網内にある程度のデータ処理を持たせることの重要性が課題となっている。

2.4 近未来の網に期待される技術

前述のような現代の網に存在する課題は氷山の一角であるが、近未来の網に対する共通する要件を考える上ではよい思考実験となる。例えば、前述に挙げた問題を解決するだけでも、近未来においては、主に、①コストの削減 (OPEX, CAPEX)、②柔軟性・拡張性に富み、絶えず新しい課題に対処し得るインフラの整備、③前記の課題を解決しつつ大容量化・高速化を実現すること、という少なくとも三つの課題に対処することが必要である

ことが分かる。

現代の網の課題を解決するために、近未来の網に期待される技術として、近年、Software-Defined Networking (SDN)、Network Virtualization、Network Functions Virtualization (NFV) などの技術が注目されており、以下にそれぞれの技術の概要を述べる。

3. Software-Defined Networking (SDN)

3.1 SDN とは？

コントロールプレーンとデータプレーンを構成するハードウェアやソフトウェアを「一般公開された明確なインタフェース」で分離し、リソース管理、ネットワーク構成管理、アクセス管理などのインフラの制御をソフトウェア・プログラムにより集中制御する技術の総称を表すと考えられる。

SDN 技術による便益は様々な意見があるが、主に同意されているのは、プログラム制御を用いた自動化による OPEX の削減と、データプレーン処理をするネットワーク機器 (データプレーン構成要素) が持つインタフェースをオープンにすることで、データプレーン構成要素をコモディティ化 (価格が安く普遍的に入手しやすく) し CAPEX を削減するということであり、現在 SDN 技術が多くビジネスにおける期待を集めている理由であると考えられる。

3.2 様々な SDN 技術

現在、我が国で最も注目を集めている SDN 技術の代表が米国 Stanford 大学で提唱された OpenFlow 技術であろう⁽¹⁾。OpenFlow は、OpenFlow API と呼ばれるコントロールプレーンとデータプレーンの間を結ぶ South bound Interface (SBI) を定義し、コントローラと呼ばれる集中制御プログラムから、コントロールプレーンの制御の自動化・簡略化を実現すると同時に、データプレーン構成要素である、OpenFlow スイッチをコモディティ化することでネットワークの制御におけるコストを削減することを目的として登場した。この考え方は非常に多くの企業の研究者の関心を集め、Open Network Foundation (ONF)⁽²⁾ というデファクト標準を扱う組織において今現在も OpenFlow API の策定が進められている。

同様の SDN の考え方は、様々な企業や標準化の場で議論されており、IETF の Software Driven Networks や Interface to the Routing System (I2RS)、MPLS における Stateful PCE などこの範ちゅうに入れるべき技術である。また、Cisco OnePK、JunosSDK、OpenFlow 等のデータプレーン構成要素を包含して制御するコントローラを定義し、Northbound API (NBI) を Open Source Software (OSS) にて構成することを目的として

Linux Foundation において組織された OpenDayLight⁽³⁾ などがあり、いずれも、OPEX, CAPEX を削減しつつ、網の制御を柔軟にするための必須技術としての議論が進んでいる。

3.3 SDN における課題

現在の SDN における近々の課題として、① NBI の標準化、② Protocol agnostic/independent/oblivious Forwarding (PaF, PiF, PoF)、③ 後述の NFV との連携や本小特集 2. で詳述するデータプレーンのプログラム可能性の追求の問題などがある。

まず、NBI の標準化については、アプリケーションから見たときのコントローラの抽象化の方法が、多数のコントローラの存在や様々なプログラミング言語のインタフェースがあるため不明確であったり、そのスコープが、一つの NBI が全てを統括制御するのか細かい制御方法ごとに定義されるのか不明確であったりすることから、困難であると考えられている。

また、PaF, PiF, PoF という言葉で代表されるように、現在のインターネットプロトコルに必ずしも準拠しないプロトコル、例えば、Information Centric Networking (ICN)、Locator/Identifier Split (LISP) や Delay Tolerant Networking (DTN) などのサポートをする際には、OpenFlow API では対応できない課題もある。

NFV との連携やデータプレーンのプログラム可能性の観点では、後述するようにはほかの新しい技術との連携や、更に SDN の拡張を行う際に未知の課題が多く山積していることも挙げられる。

4. ネットワーク仮想化

4.1 従来のネットワーク仮想化技術

ネットワーク仮想化技術 (NV: Network Virtualization) は、従来、物理的なネットワークを抽象化し論理的に複数の仮想ネットワークを見せる、あるいは、複数のネットワーク機器で構成される物理ネットワークを抽象化して論理的に一つの仮想ネットワークに見せる技術の総称であると定義される。従来の NV は歴史が非常に長く、Virtual Private Network を構成する様々なトンネル技術や LAN を分割する VLAN などにより一つのネットワークインフラを論理的に多重化して違う目的に使うなど、その利用は古くからあり広く普及している。

注意したいのは、SDN と NV はよく混同される場合があるが、二つの技術は全く異なる概念であると同時に密接に関連している、ということである。SDN は前記のようにプログラムによる制御を目的とするのに対し、NV は、網を多重化して利用する技術である。SDN は

NV を効率良く構成するための技術として用いられるため一緒に議論される場合が多くあるが混同されるべきではない。

4.2 新世代における NV

近年、NV を更に進化させ、各仮想化されたネットワークの中にプログラムを実行可能とする資源が独立化された環境 (スライス) を提供する技術が「進化したネットワーク仮想化技術」として定義されている⁽⁴⁾。

また、ITU-T においては、新世代ネットワークにおけるネットワーク仮想化技術のフレームワーク標準化文書が勧告化されている⁽⁵⁾。

新世代における NV とは、これを広義に拡張し、データを伝搬する「リンク」とプロトコルを解釈しリンクを選択するプログラムを実行する「ノード」を基本要素として構成されるネットワーク基盤において、リンク資源だけではなくノード上の計算資源、ストレージ資源も含むインフラストラクチャ全体の資源の仮想化を意味する。資源の集合を「スライス」として予約し、スライス上に動的に予約、及び、プログラム可能な、仮想的な「リンク」と「ノード」を基本要素とする「仮想ネットワーク」を生成する。

これは、スライスの中では自由にネットワークを構成することが可能であるため、いわば、柔軟なネットワークインフラを構成することができたり、従来の NV であるネットワークの多重化を実現できるという点で SDN に似ているが、一方で、集中制御ではない分散形のプログラムをスライス内で実行できたり、また、SDN 技術をスライス内で実装したりできるなど、一つのネットワークアーキテクチャに限定されず、複数のネットワークアーキテクチャを収容することができる、より大きな概念である。

5. ネットワーク機能仮想化

5.1 ネットワーク機能仮想化とは

ネットワーク機能仮想化 (NFV: Network Functions Virtualisation) とは、ネットワークアプライアンス (Network Appliance) のハードウェアをハイエンドスイッチで接続されたハイエンドサーバの仮想マシン (VM: Virtual Machine) 上に実装するための業界仕様を策定する技術である。NFV は 2012 年にホワイトペーパーが発表された ETSI にて標準化が進められており⁽⁶⁾、これまで専用のハードウェアで実装されることが普通であったファイヤウォール、BRAS、EPCなどをインテルサーバ上に実装することなどが想定されている。NFV が目的とする、主な便益としては、①消費電力とスペースの削減による CAPEX の削減、②メンテナンス性の向上、③ネットワーク機能の開発時間の短縮によ

る市場への展開と技術革新の加速, ④ハードウェアでのライフサイクルにおける機器更新に伴うばく大な費用 (CAPEX) の削減, などが挙げられている。

5.2 NFV と SDN の連携と課題

NFV と SDN の連携は興味深く捉えられているが, 実際に実現するには多くの課題が存在する。特に, NFV においてネットワーク機能を経路に沿って連鎖 (Chaining) させる際には, SDN において hop-by-hop でネットワーク機能を連結する場合, アプリケーションが hop ごとにパケットの処理についてを都度把握する必要があったり, あらかじめ決まった処理を連結して動作させるためには, コントローラがパケット処理の詳細を事前に知る必要がある。また, あるネットワーク機能を複数回実行したい場合は, 何回目に呼ばれた処理かをどうやって判定するかなどの課題もある。更に, 経路に沿ってネットワーク機能が実行される場合, 前段で実行されたネットワーク機能の結果を後段のネットワーク機能に渡す方法なども課題である。このように, SDN と NFV の連携は有用であると予想される反面, 効率の良い連携には課題が多い。

6. ま と め

従来, インテリジェントネットワーク, アクティブネットワークなど, 網内にプログラムによる新しい賢い

機能を実装する技術が研究開発されたが, 実際には, ネットワーク基盤技術として商用化・実用化されたとは言えない現実がある。しかし, 今回 SDN, NFV, NV などは, サーバ仮想化やストレージ仮想化の基盤技術の成熟とともに実用化が見えていいると考えられている。ネットワークキャリア, ネットワーク機器ベンダ, そしてアカデミアの強い興味に支えられ, 今度こそ柔軟な機能を動的に実装可能なプログラマブルネットワークの世界が開かれることが期待されている。

文 献

- (1) OpenFlow Switch, <http://www.openflowswitch.org>
- (2) Open Network Foundation, <http://www.opennetworking.org>
- (3) OpenDayLight, <http://www.opendaylight.org>
- (4) 中尾彰宏, “新世代ネットワーク構想におけるネットワーク仮想化,” 信学誌, vol. 94, no. 5, pp. 385-390, May 2011.
- (5) ITU-T Y.3011, “Framework of network virtualization for future networks,” 2012.
- (6) “Network Functions Virtualization—Introductory White Paper,” ETSI, 2012.

(平成 25 年 9 月 12 日受付)



なかお あきひろ
中尾 彰宏 (正員)

平 3 東大・理・物理卒。平 5 同大学院工学系研究科情報工学専攻修士課程了。IBM Texas Austin 研究所, IBM 東京基礎研究所などを経て, 米国・プリンストン大大学院情報科学科にて修士号及び Ph.D. 取得。平 17 東大大学院情報学環准教授。平 19 から NICT 客員研究員兼任。