

クラウド時代のネットワーク構築・運用自動化技術

Technologies for Automating Network Development and Management in Cloud Era

● 藤井 和浩 ● 田崎 幸司 ● 小峰 浩昭 ● 宗宮 利夫
● 奥田 将人

あらまし

スマートフォンやクラウドサービスの普及に伴って大規模化するクラウドシステムは、ソフトウェア技術を駆使した運用自動化が進展している一方で、ネットワークの構築や運用管理の自動化は進んでいない。例えば、SDN(Software-Defined Networking)はソフトウェア定義によるネットワーク運用自動化を実現する技術として期待されたが、クラウド内ネットワークの部分的な利用にとどまっている。一方、エンタープライズネットワークなどの既存ネットワークに関しては、依然として人手による構築と熟練者による運用管理に頼っている。富士通はネットワーク運用自動化を推進するために、企業や通信事業者へのSDN制御システムの導入や、オープンソースソフトウェアコミュニティへの参画など、SDNへの取り組みを積極的に進めてきた。

本稿では、ネットワーク運用自動化に向けて開発したEnd-to-Endのネットワーク設計・構築技術について述べる。また、データをAIで分析してネットワーク異常を自動検出するトラフィック検知技術について述べる。更に、それらの技術を用いてネットワーク運用自動化を実現する富士通ネットワーク運用管理製品FUJITSU Network Virtuoraシリーズについて紹介する。

Abstract

Cloud systems continue to grow as smartphones and cloud services become more prevalent. While they have become highly automated, leveraging software technology, automation has not advanced in terms of building and managing networks. For example, software-defined networking (SDN) has only been partially adopted within cloud system networks despite its anticipated potential for automating network management by using software definition technology. Meanwhile, existing networks such as enterprise networks still need to be constructed manually and managed by experts. Pursuing the automation of network management, Fujitsu has been proactive in SDN-related activities, introducing it to businesses and network carriers and participating various communities related to open source software. This paper describes an end-to-end network design and development technology, which we have developed for automating network management. It also introduces a traffic abnormality detection technology designed to automatically identify abnormal network activities through AI-enabled data analysis. In addition, we will explain the Fujitsu Network Virtuora series, which uses those technologies to realize the automation of network management.

まえがき

スマートフォンなどのデバイスからの膨大な量の要求を処理するクラウドシステムは、大規模化、高機能化の一途をたどっている。巨大なクラウドシステムの運用管理には多大なコストと手間がかかる。その解決手段として、ソフトウェア技術を駆使した運用自動化が進展している。

一方、ネットワークの構築、運用管理の自動化は進んでいない。2009年頃から、SDN (Software-Defined Networking) によるソフトウェア定義のネットワーク構築管理や、NFV (Network Functions Virtualization) によるネットワーク機能の仮想化といった、柔軟なネットワークサービスの構築と運用自動化の研究開発が始まった。これらの技術は、クラウド内ネットワークの一部や大手通信事業者などで利用されているが、エンタープライズネットワークなどの多くは、未だ人手による構築と熟練者による運用管理に頼っている。

富士通は、ネットワーク構築と運用管理の自動化を促進するために、SDN/NFVへの取り組みを積極的に進めてきた。SDNでは、通信事業者向けSDNコントローラーのオープンソースコミュニティである米国のOpen Networking Lab (ON.Lab) に研究員を派遣し、ONOS (Open Networking Operation System)⁽¹⁾の開発に参画している。更に、Linux FoundationにおけるOpenDaylight⁽²⁾をベースとしたSDNコントローラーの製品開発を行っている。オープンソースの利用はキャリアだけでなく、エンタープライズユーザーにも広がりを見せており、その取り組みは重要である。NFVでは、仕様を策定している団体であるETSI (European Telecommunications Standards Institute) への標準化提案およびNFVの製品開発を行っている。更に近年では、同じくLinux Foundationのオープンソースプロジェクトの一つであるONAP (Open Network Automation Platform)⁽³⁾に参画し、ソフトウェアコードをリリースしている。

本稿では、クラウドシステムと一体となったネットワークの運用自動化を実現する技術について述べる。更に、富士通のネットワーク運用管理製品FUJITSU Network Virtuoraシリーズで実装して

いる運用自動化技術を紹介する。

ネットワーク運用自動化に向けた課題

ネットワークの運用自動化が進まない要因としては、以下が挙げられる。

- (1) 使用するネットワーク機器が用途ごとに多岐にわたる。
- (2) 機器の設定情報が記載されたコンフィグファイルの形式がベンダーごとに異なる。
- (3) 統一的な設定インターフェースが整備されていない。
- (4) エンタープライズネットワークのように、ユーザー固有の要件に応じたネットワークを構築する必要がある。

これらの理由により、結果としてネットワークの運用管理はユーザー個別要件や、各ネットワーク機器に精通したエンジニアに依存するところが大きく、属人的な運用管理が多くなっている。

一方、クラウドサービスの進化に伴い、企業の業務システムはクラウドとの連携が主流になりつつある。しかし、クラウドシステムと拠点（オンプレミス、以下オンプレ）にあるシステムをつなぐネットワークが、重要なインフラであるという企業の情報システム部門の認識は以前から変わっていない。現状では、クラウドシステムとネットワークシステムの運用管理は独立しており、シームレスなシステム運用ができないことから、運用管理コストが増加する要因となっている。そのため、クラウドシステムも含めたEnd-to-Endのネットワーク運用管理が求められている。

課題解決のポイント

筆者らは、クラウドとオンプレをつなぐネットワークを三階層に分けて、ネットワーク全体の運用自動化を行いやすくするアーキテクチャーを考案した(図-1)。ユーザーの要件を各層で分担することで、きめ細かな対応が可能となる。また、各層が連携してシステム全体を最適化することも可能である。

- (1) 業務指向ネットワーク

クラウドとオンプレをつなぎ、その上で業務アプリケーションが実行されるといった、業務ごとに特化したネットワークを「業務指向ネットワー

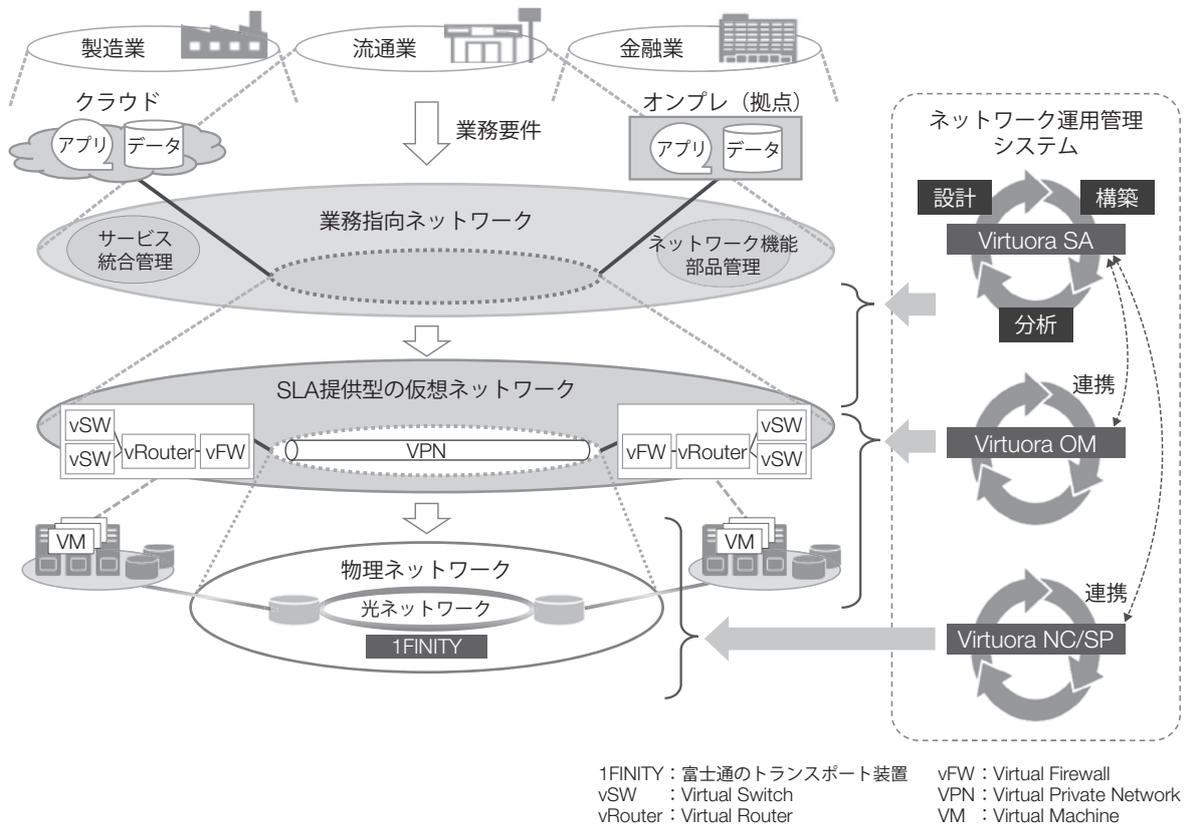


図-1 運用管理の三階層ネットワークアーキテクチャー

ク」と定義する。下位の仮想ネットワーク機能(vFWなど)を部品として管理し、業務に必要なネットワーク機能をそれらの部品を組み合わせる機能を提供する。

(2) 仮想ネットワーク

仮想ネットワークは、物理ネットワーク上に構築される論理的なネットワークであり、業務に必要なネットワーク機能を部品として提供する。そのために、VNF (Virtual Network Functions) としてネットワーク機能を仮想化して保持する。また、物理ネットワークリソースを仮想ネットワークと対応して管理することで、個々の業務に必要なSLA (Service Level Agreement) をきめ細かく提供する。

(3) 物理ネットワーク

物理ネットワークは、ルータやスイッチ、伝送装置から構成されるネットワークである。

この三階層をネットワーク運用管理システムを連携させることにより、きめ細かなユーザー要件に対応できる。例えば、これまで部署の移動に伴

うネットワークの変更が必要な場合、物理ネットワークのアドレスや機能の変更には時間を要していた。これについては、論理的に分離されている仮想ネットワークを用いることにより、構成変更やVNF追加などで容易に対応できるようになる。また、新サービスの導入に伴うネットワーク容量の増加に対しては、仮想ネットワークだけではこれまでベストエフォート品質でしか対応できなかった。これについては、物理ネットワークリソースと連携して管理することで確実な品質を提供できるようになる。

次章以降で、これらを実現するEnd-to-Endでクラウドネットワークを設計・構築する技術と、データをAIで分析してネットワーク異常を自動検出するトラフィック変化検知技術について述べる。

End-to-Endなネットワーク設計・構築技術

本章では、クラウドとオンプレをつなぐEnd-to-Endなネットワークを自動構築するための三つの技術について述べる。⁽⁴⁾

(1) インフラ抽象化技術

仮想ネットワーク上で、クラウド、オンプレ、広域ネットワークなど異なるインフラを抽出する技術である。それらを一元的に扱うために、物理装置にひも付かないネットワーク機能を持つ仮想ネットワークオブジェクトを用いる。

本技術は、仮想ネットワークオブジェクトを複数のネットワークインフラにマッピングする。ユーザーは、仮想ネットワークの上で論理ネットワークをデザインするだけで、仮想ネットワークを簡単に設計、構築、管理、運用、監視、保守、破棄できるようになる。また、ネットワークインフラ間のVPN (Virtual Private Network) の接続関係を意識することもない。この仮想ネットワークオブジェクトを用いて業務指向ネットワークが構築される。

(2) 自動補完技術

論理ネットワークを構成する上で、仮想ネットワークに不足する仮想ネットワークオブジェクトを自動で補完する技術である。ユーザーがクラウドとオンプレにある各サブネット間をルータで接続する場合、不足している仮想スイッチ機能とVPN機能を自動的に補完できる。

(3) 仮想ネットワーク自動構築技術

性能やセキュリティが適切に担保されるように、仮想ネットワークオブジェクトをネットワークインフラにマッピングし、ネットワークを構築する技術である。適切な仮想ネットワークオブジェクトを配備設計するために、オンプレなどに配備したゲートウェイを介して、デバイスやアプリケーションなどの属性情報を収集する。そして、環境変化に応じて所定のSLAを担保するために、仮想ネットワークオブジェクトを割り当てるインフラリソースを決定する。

トラフィック検知技術

ネットワークを流れるトラフィック量や、装置から得られるログなどを収集・分析し、ネットワークの正常性を監視することは、運用自動化のための第一歩である。ネットワークの大規模化に比例して、監視対象のオブジェクト数は増大している。また、ネットワークサービスの多様化によって、トラフィックの特性も複雑に変化している。この

ような要因から、ネットワークの状態を人手で分析・判断することは限界にきている。

近年、AI (人工知能) 技術のディープラーニングを用いたネットワーク分析技術の発展は目覚ましく、ネットワーク運用管理の効率化・高度化への期待も高まっている。筆者らは、ネットワークで収集されるデータをAI技術で分析し、ネットワーク異常を自動検出するトラフィック検知技術の検討を進めている。⁽⁵⁾

企業の拠点間を接続するバックボーンネットワークは、一般的に通信事業者回線などを用いている {図-2 (a)}。このようなネットワークは自社で用意したものではないため、企業からはブラックボックスとなっている。ネットワークに異常が生じた場合、原因は企業の保有するネットワークの異常なのか、通信事業者が管理しているバックボーンネットワークの異常なのかを切り分けることが困難である。

筆者らは、拠点からバックボーンネットワークへの入力トラフィック量と、バックボーンネットワークから拠点への出力トラフィック量を学習データとして、ディープラーニングを用いたトラフィック検知技術を開発した。⁽⁶⁾ 学習データとして5分ごとの平均送信と受信トラフィックを用い、教師データとして予測対象日の前日から過去5日分のデータを用いた。ディープラーニングのパラメーターとしては、入力層・出力層のユニット数を26、隠れ層のユニット数を30とし、それを2層とした。

ディープラーニングの高精度な学習能力の特長を活かした例として、年末のトラフィックデータを用いたトラフィック予測結果を図-2 (b) に示す。比較として、過去のトラフィック量のデータから周期性やトレンド成分を予測するARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) を用いた変化検知手法による予測結果も載せている。仕事納めとなる12月28日の15時以降において、ARIMAの予測には実測と大きなずれがあるのに対して、トラフィック検知技術の提案手法は、実測と同じ形跡の予測結果を示した。このように、通常とは異なるイベントに対しても、提案手法は付加的な処理なしで対応できている。

ディープラーニングによる予測根拠の解釈は現在研究中であるが、各拠点間のトラフィックの相

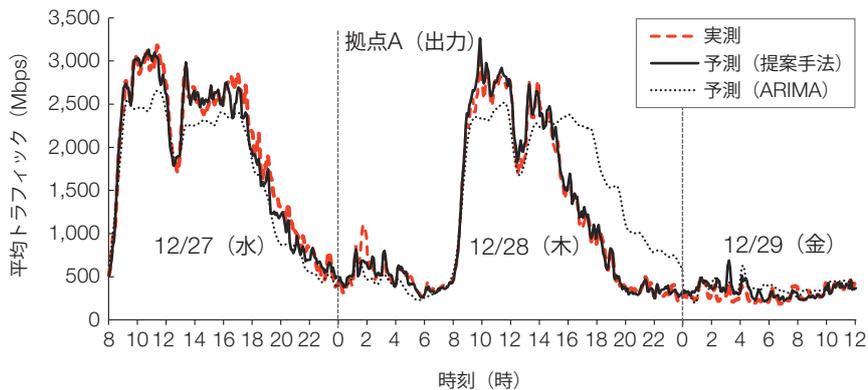
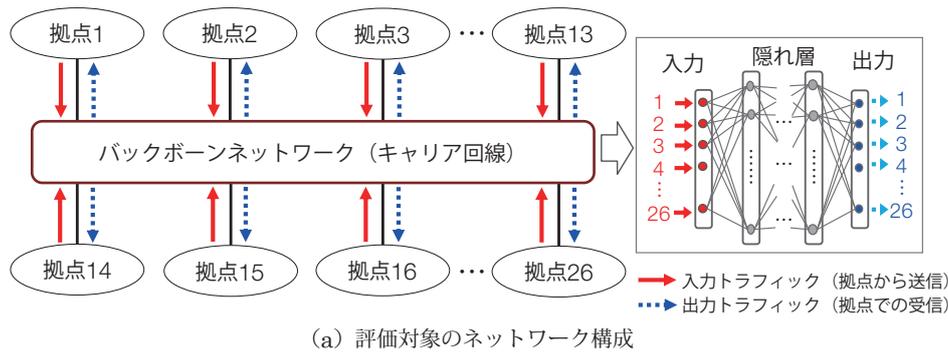


図-2 ディープラーニングを用いたネットワーク変化検知

関関係が強い場合、高精度な予測ができています。本技術は、内部の詳細情報を取得できない大規模ネットワークにおいても、誤検知の少ない自動トラフィック監視が可能となり、ネットワーク運用者の負担軽減や障害対応の迅速化を実現できる。

FUJITSU Network Virtuora

富士通は、業務を支える業務指向ネットワークの提供と運用自動化の実現に向け、仮想ネットワーク、物理ネットワークを統合管理するソフトウェアとしてFUJITSU Network Virtuoraシリーズを製品化している。これらにより、運用管理のライフサイクル（三階層のレイヤーをまたいだ統合管理）を実現する。

● サービスオーケストレーション：Virtuora SA

FUJITSU Network Virtuora SA powered by UBiqube（以下、Virtuora SA）は、業務指向ネットワーク層で多様なネットワーク装置やセキュリティ装置（仮想アプライアンスを含む）、および異なるサービスの統合的な運用管理を容易に実現

する。

ベンダーによる装置運用管理の差異や、同一装置のバージョンの違いによる運用管理の差異を抽象化する管理機構を用いることで、ベンダーニュートラルな統一的環境下での運用を実現する。加えて、装置の入れ替えや追加に伴う運用への影響を局所化し、ユーザーシステムの容易な構成変更を可能とする。

Virtuora SAは、ユーザーの運用業務フローをシナリオ化し、それを自動実行する機構を具備している。これらは、あらかじめソフトウェアパッケージ内に用意された装置管理や業務フローのマイクロサービスを活用することで実現できる。これによって、装置の違いを意識せずに業務フローのシナリオを定義し、業務フローの自動実行環境の構築などに柔軟に対応できる。

更に、ログの統合管理、運用管理者・エンドユーザー向けポータル、マルチアカウントやテナント管理などの機能も具備している。Virtuora SAによる統合運用管理のイメージを図-3に示す。これに

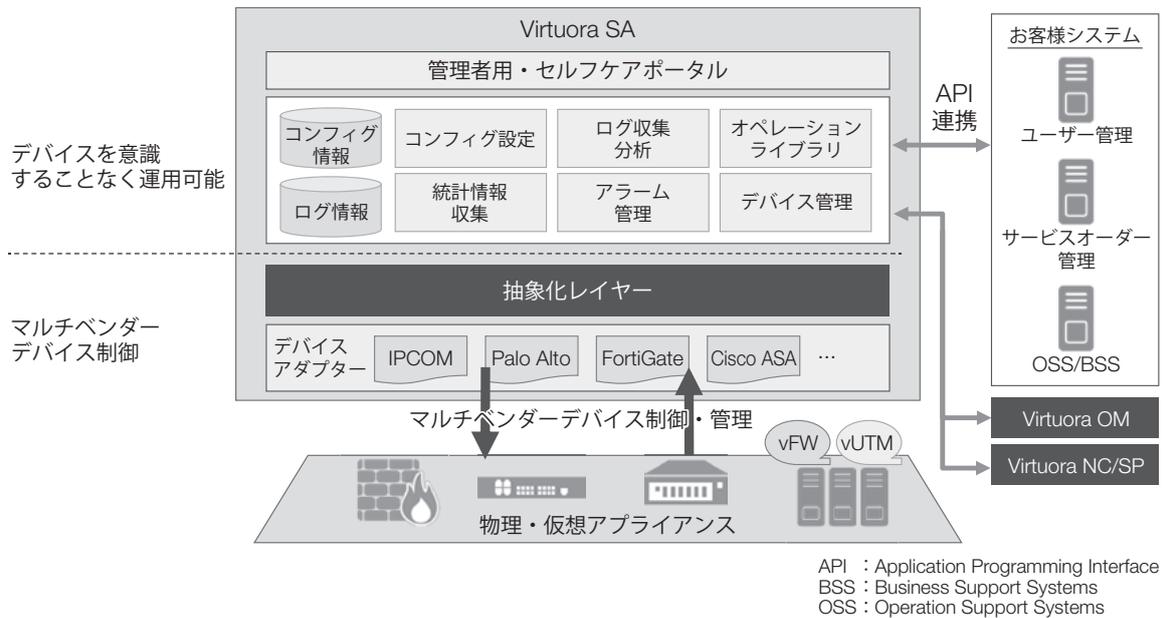


図-3 Virtuora SAによる統合運用管理

より、業務の自動化による作業ミスの撲滅や運用コスト削減、サービス導入期間の短縮といった効果が期待できる。

● 運用ライフサイクル自動化およびICT仮想化基盤：Virtuora OM

FUJITSU Network Virtuora OMは、仮想ネットワーク層でユーザーの要求に応じてアプリケーションをつなぎ、ネットワークサービスを仮想的に構築・運用するソフトウェアである。ETSI NFVのアーキテクチャーにおけるNFVO (NFV Orchestrator), VNFM (VNF Manager) をカバーする。

Virtuora OMは、クラウドネットワークの仮想領域に展開するvSW (Virtual Switch), vFW (Virtual Firewall), vUTM (Virtual Unified Threat Management) などの複数アプリケーションを組み合わせたネットワークサービスのチェイニングを実現する。これには、特殊なヘッダ処理が不要で、既存のL2SW (レイヤー2スイッチ) を流用することで対応できる。また、アプリの構成定義に配備条件を定義することで、環境依存することなく効率的なリソース配備が可能になる。Virtuora OMによるNFVオーケストレーションのイメージを図-4に示す。

Virtuora OMには、CPU、メモリ、ハードディ

スクなどの状態をアプリケーションで監視し、VM (Virtual Machine) の負荷に応じて処理能力をスケールアウトさせるオートスケール機能がある。また、VMの障害や再起動時に自動的にサービスの復旧を短時間で行うオートヒーリング機能がある。これらの機能により、ユーザーの運用手番の簡素化と信頼性向上を実現する。

● サービス起点の最適ネットワーク制御：Virtuora NC

FUJITSU Network Virtuora NCは、オープンプラットフォームを採用した広域ネットワークの運用管理・制御を行うソフトウェアであり、以下の特長を有する。

(1) マルチベンダー、マルチレイヤーへの対応

WDM (Wavelength Division Multiplexing), OTN (Optical Transport Network), パケットといった複数のレイヤーにまたがったネットワークと装置を管理できる仕組みを提供し、運用者の負荷軽減を実現する。また、標準のOpen ROADM (Open Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer)⁽⁷⁾ に対応しており、このインターフェースを持つ他ベンダー装置の監視制御が可能である。

(2) 運用自動化の追求

従来、広域ネットワークの設定変更にあたっては、設定項目が装置に依存した複雑なものであ

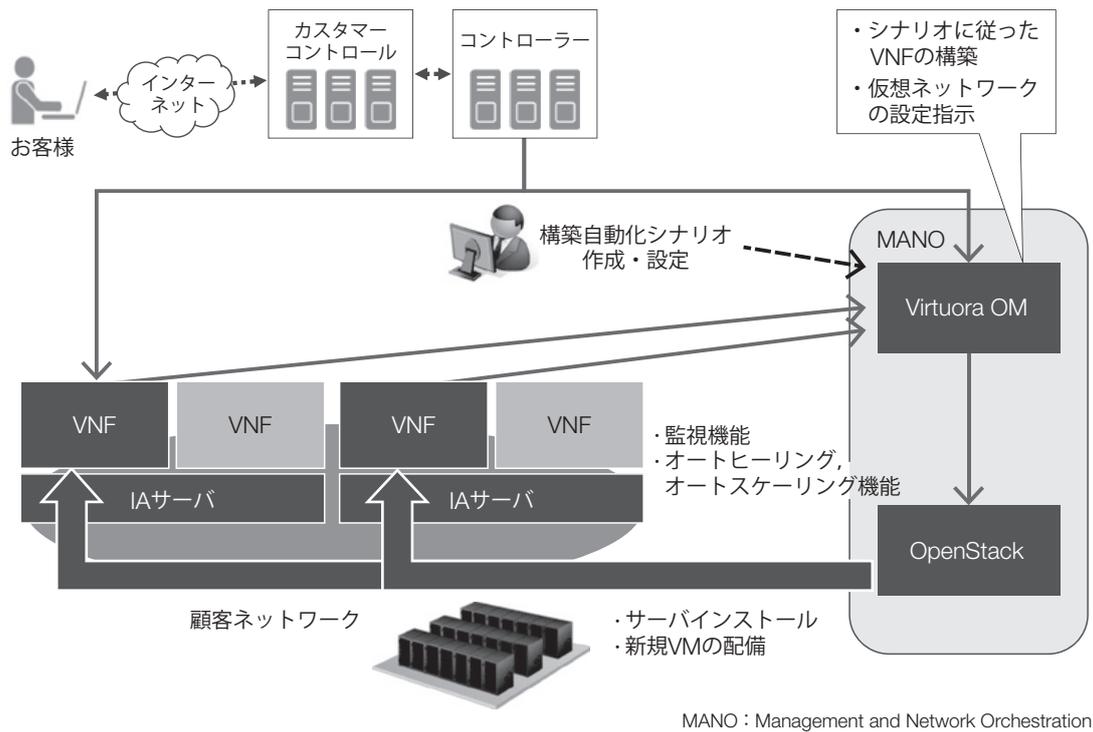


図-4 Virtuora OMによるNFVオーケストレーション

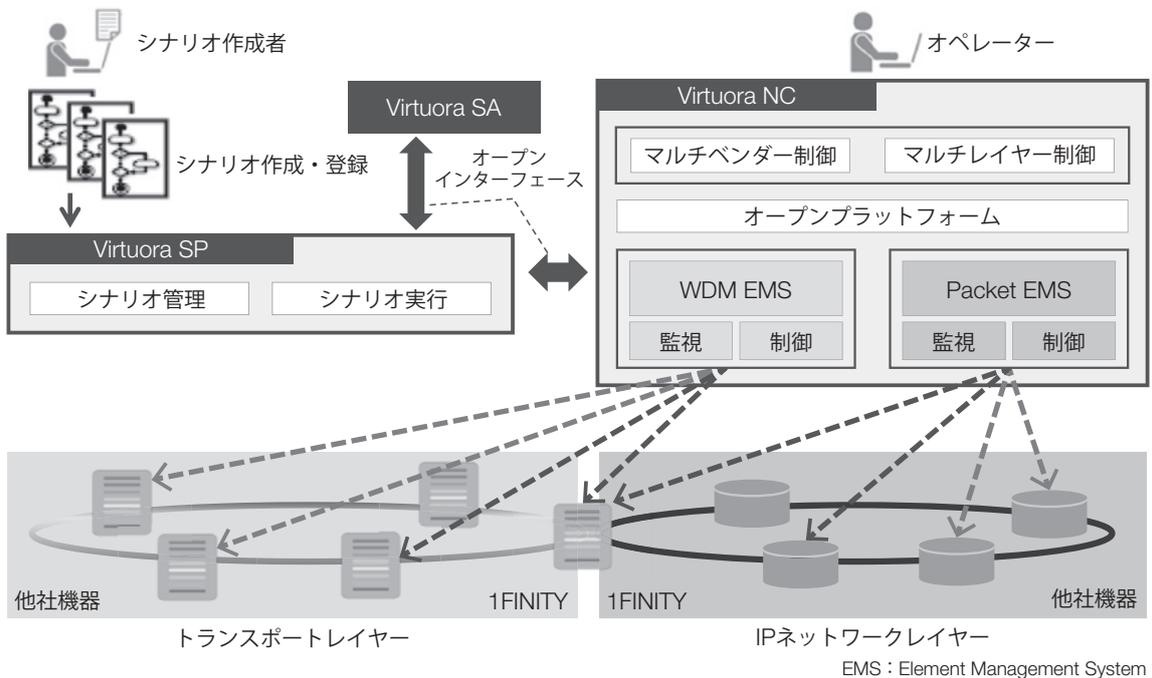


図-5 Virtuora NC/SPによる広域ネットワーク自動化

た。それを、専門的な知識を持たない管理者でも最適経路を設計できるように、分かりやすい設定項目とした。また、後述するVirtuora SPとの連携により、複雑かつ手間のかかる業務を事前にシ

ナリオ化し、必要なときに実行することで運用自動化を実現する。Virtuora NCとVirtuora SPによる広域ネットワーク運用自動化の構成を、図-5に示す。

(3) オープン化による連携

オープンプラットフォームの採用により、今までそれぞれ運用していた複数システムを容易に連携し、一つの大きなエコシステムとして扱えるようになる。これにより、運用保守の効率化だけでなく、新たなサービスの創出を目指す。

● 定型業務の自動化：Virtuora SP

FUJITSU Network Virtuora SPは、サーバ・ストレージ・ネットワークの運用・保守業務に関するノウハウ（知見）をシナリオ化し、ソフトウェアで自動化する。これにより、ユーザーのサービス提供までの期間を大幅に短縮し、運用コスト削減を実現する。また、手動で行っていた機器の稼働やログの収集、リソースの管理などの業務を自動化することで、作業ミス削減による運用・保守業務の品質向上を実現する。

自動化のためのポリシー定義は、一般的にプログラミング言語で記述する必要がある。本製品は、専用GUIのPolicy Design Toolを活用してBPMN (Business Process Modeling Notation) に準拠したフロー形式の記述を採用している。これにより、従来開発者に委託していたポリシー定義を、サービス企画者・運用者が簡単に作成できる。また、運用現場の要望に合わせたポリシーのカスタマイズやチューニングも容易かつ迅速に対応できる。

ネットワーク機器やシステムの制御インターフェースとして、一般的にSSH (Secure Shell) /SCP (Secure Copy), およびREST (Representational State Transfer) が使用されている。これらの用意が難しい場合でも、シミュレーター機能を活用することで、作成したワークフローを検証できる。

む す び

本稿では、ネットワーク運用の自動化に向けて、その課題とクラウドを含めたEnd-to-Endのネットワーク設計・構築技術と分析技術について述べた。また、ネットワーク運用自動化を目指す製品であるFUJITSU Network Virtuoraシリーズと、実装している運用自動化技術を紹介した。

今後、富士通はオープンソースソフトウェアを活用しながら、ネットワーク運用自動化に向けて取り組んでいく。

参考文献

- (1) ONOS Project.
<https://onosproject.org/>
- (2) OpenDaylight.
<https://www.opendaylight.org/>
- (3) ONAP.
<https://www.onap.org/>
- (4) N. Oguchi et al. : Proposal of building and operating method for end-to-end virtual networks. IEICE technical report NS2016-191, Vol.116, No.484, p.193-197, Mar. 2017.
- (5) S. Yamashita et al. : Analytics Framework for AI-based Network Operation and Management. 信学ソ大, BS-7-10, Sep. 2017.
- (6) 中津川恵一ほか：ディープラーニングを用いたネットワーク状態変化検知. IEICE NS研究会, 2018年3月.
- (7) Open ROADM.
<http://www.openroadm.org/>

著者紹介



藤井 和浩 (ふじい かずひろ)

富士通 (株)
ネットワークプロダクト事業本部
ネットワークプラットフォームソリューションの企画開発に従事。



田崎 幸司 (たさき こうじ)

富士通 (株)
ネットワークソリューション事業本部
ネットワークオーケストレーションソリューションの企画開発に従事。



小峰 浩昭 (こみね ひろあき)

富士通 (株)
ネットワークプロダクト事業本部
ネットワークプラットフォームソリューションの企画開発に従事。



宗宮 利夫 (そうみや としお)

(株) 富士通研究所
サービス指向ネットワーク研究センター
ネットワーク運用管理自動化に向けた
ネットワークソフトウェア化技術の研究
開発に従事。



奥田 将人 (おくだ まさと)

(株) 富士通研究所
コンピュータシステム研究所
クラウドシステムの運用管理技術の研究
開発に従事。