

NFVの標準化に向けた取組み

NFV ISGは、通信サービスにおけるネットワーク仮想化の実現を目的にETSIにおいて設立された標準化組織であり、今日まで活発な議論が展開されている。本稿ではまず、NFV ISGの組織概要とこれまでの活動について述べ、次に物理的なハードウェアからネットワーク機能を仮想化し、それらを管理・調停するためのNFV参照アーキテクチャについて解説する。また、NFVの普及促進に向けた取組みとして、他の標準化機関との連携、およびオープンソースコミュニティの活用について述べる。

先進技術研究所

くればやしりょうすけ

榎林 亮介 カーン アシック

おばな かずあき
尾花 和昭

1. まえがき

「通信事業者のネットワークを仮想化するために何が必要か？」この問いに対する共通解を見つけるべく、2012年11月、欧州電気通信標準化機構（ETSI：European Telecommunications Standards Institute）^{*1}に、ネットワーク仮想化（NFV：Network Functions Virtualisation）^{*2}を検討するNFV ISG（Industry Specification Group）が、通信事業者7社によって設立された。

設立当時、ITサービス事業者ではすでに仮想化技術が普及しており、通信事業者の間にも、自社のネット

ワークを仮想化することによる、事業のコスト構造の変革に期待が寄せられていた。しかしその一方で、通信事業者のネットワークは、個々のネットワーク装置（NF：Network Function）が大規模・複雑であり、かつ要求される性能・信頼性が高い、現行の運用管理システムであるOSS（Operations Support System）^{*3}/BSS（Business Support System）^{*4}との連携が必要といった、ITサービスとは異なる要件を有する。そこで、NFV ISGでは、具体的な実装方式の検討を行う前段として、まず、拘束力のない情報提供的（Informative）な議論の中で、ネットワーク

仮想化における共通の要求条件や参照アーキテクチャについて合意形成が進められた。その後、NFV ISGは、拘束力のある規定的（Normative）な標準仕様の策定にまで活動の範囲を広げ、現在、世界中から300社近くの企業が参加するまでに成長している。ドコモも、第一回の会合からNFV ISGに参画し、その発展に積極的に貢献してきた。

本稿では、NFV ISGの発展経緯とともに、標準化が進められているNFVのアーキテクチャについて解説する。また、NFVの普及促進に向けた取組みとして、他の標準化機関との連携、およびオープンソース

コミュニティの活用について述べる。

2. NFV ISG

NFV ISGは、実際に製品を調達し運用する立場である通信事業者が主導して、通信機器ベンダ、標準化機関、オープンソースコミュニティを始めとする情報通信業界全体に対し、NFVにおける共通の要求条件を発信することを目的とする。このため、NFV ISGの組織運営では、通信事業者間の連携・発信力を強化するための工夫がなされている。

NFV ISGの組織構成を図1に示す。2015年12月時点のNFV ISG（フェーズ2）は、全体調整や運営を担うTSC（Technical Steering Committee）、通信事業者の連絡会であるNOC（Network Operator Council）、分野別に技術検討を行う5つの作業部会（WG：Working Group）から構成される。

NOCは、通信事業者の連携・発信力を高めるためのNFV ISGの特徴の1つである。通信事業者間で、戦略的な優先課題に対する要望やユースケースを議論する。現在、世界中の主要な通信事業者のほぼすべてとなる37社がNOCに加入している。

NFV ISGでは、全体会合となるプレナリ会合を四半期に一度の頻度で開催している。初会合は2013年1月に開かれ、57団体から150名ほどが参加した。そして、2016年2月の第13回会合では295団体が登録し、会合への参加者は219名に達した。

ドコモは、立上げ当初から現在に至るまで、NFV ISGに積極的に参画し、ユースケースやアーキテクチャを提案してきた。さらに、NFV ISGの副議長、TSCのテクニカル副マネージャを歴任するなど、NFV ISGの活動に大きく貢献している。

NFV ISGの活動は、2013年1月か

らのフェーズ1と、2014年12月からのフェーズ2に分けられる。フェーズ1では、ステージ1に相当するNFVへの要求条件と参照アーキテクチャに関する合意形成が、フェーズ2では、ステージ2に相当するアーキテクチャとそのインタフェースに関する標準仕様の策定が進められている。

2.1 フェーズ1

(1)4つの基本文書

NFV ISGは、活動の初年度に、その後の標準化機関や市場への指針となった4つの基本文書（NFVユースケース、NFVアーキテクチャ、NFV用語集、NFV要求条件）をGS（Group Specification）として策定した。

- ①NFVユースケース[1]：NFVの適用分野をまとめた文書である。要求条件やアーキテクチャの検討における基礎となっている。

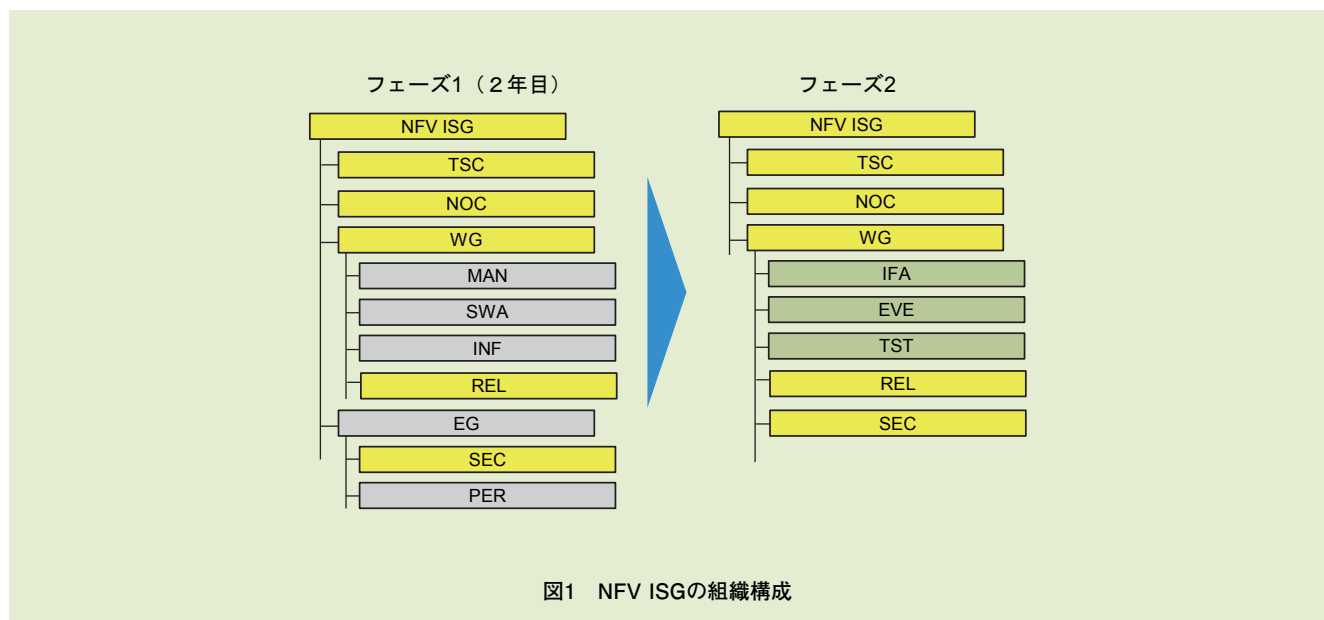


図1 NFV ISGの組織構成

*3 OSS：移动通信網で発生している故障や輻輳の発見とそれに対する制御・措置を行っているシステムのこと。事業者の運用支援システム。通信事業者の場合、提供しているサービスを運用するために、ネットワークやシステムの「障害管理」「構成管理」

「課金管理」「性能管理」「セキュリティ管理」のすべて、もしくは一部を行う。

*4 BSS：ビジネス支援システム。通信事業者における顧客管理やオーダー管理などに利用される。

②NFVアーキテクチャ[2]：ハイレベルな論理アーキテクチャと設計思想をまとめている。NFVを構成する機能ブロックと、機能ブロック間を結ぶ参照点^{*5}を定義し、マルチベンダ製品の相互運用をめざすものである。

③NFV用語集[3]：NFV ISGで使用する用語の定義集である。NFVという新しい技術概念の共通理解のために、用語の定義の統一が不可欠であった。

④NFV要求条件[4]：NFVの商用利用に向けたハイレベルな要求条件をまとめた文書である。

これらの文書が一般に公開されたことで、NFV ISGが提唱するネットワーク仮想化に対する共通理解が急速に業界に広がった。

(2)NFV PoC

NFV ISGの特徴として、PoC (Proof of Concept)^{*6}の仕組みがある。これは4つの基本文書で提示した概念を、通信事業者とベンダが協力して実証する取り組みである。NFV ISGでは、本組織準拠のエコシステム^{*7}を創出し、各社が取り組んだPoCの成果を広く世界に発信するためのガイドラインとして、NFV PoC フレームワークを提供している。

(3)基本文書の発展

フェーズ1の2年目には、基本文書の成果を発展させる形で、4つのWGと2つのEG (Expert Group) が設置され、16のGSが発行されている。ここで代表的なGSを紹介する。

①NFV MANO (NFV Manage-

ment and Orchestration) [5]：NFVにおける新たなオペレーションの実現に向け、仮想化に特化した管理・調停を実施する機構であるNFV MANOとその仕様を提案している。NFV MANOの定義はNFV ISGの最も重要な成果であり、フェーズ2における規定的な標準化が行われているほぼすべてのWI (Work Item) では、NFV MANOにて定義された機能ブロックと、機能ブロック間を結ぶ参照点の仕様策定に取り組んでいる。

②仮想ネットワーク機能アーキテクチャ[6]：NFVによって仮想化された個々のネットワーク機能であるVNF (Virtual Network Function) のソフトウェアアーキテクチャを定義している。

③インフラストラクチャ[7]~[12]：VNFを実行する基盤における要求条件、インタフェースを定義している。

これらは実質、情報提供的 (Informative) であり、規定的 (Normative) な仕様は、フェーズ2にて策定されている。

2.2 フェーズ2

ETSIでは、ISGの活動期間の上限は2年とされている。しかし、フェーズ1の議論を通じ、NFVの普及・発展にはオープンな標準仕様に基づく相互運用性の確保が不可欠であるとする一方で、新しい技術概念であるNFVの標準仕様を議論でき

る適切な標準化機関が存在しない、という共通認識が形成された。

そこで、ETSIのISGとしては例外的な形で、NFV ISGの活動期間の2年の延長が認められた。そして、NFV ISG自身による標準仕様策定に向けたフェーズ2の議論が開始された。

フェーズ2では、図1に示したように、5つのWG (IFA (InterFaces and Architecture), EVE (EVolution and Ecosystem), TST (TeSTing, experimentation and open source), REL (RELiability, availability, and assurance), SEC (SECurity)) が設置されている。

①IFA WG：フェーズ1の成果を基礎として、アーキテクチャとそのインタフェース (ステージ2) レベルの仕様を策定している。他のWGと異なり、本WGの成果物は規定的 (Normative) な標準仕様を含んでいる。また、ステージ2の次の段階にあたる、製品の実装に十分な技術詳細 (ステージ3) レベルの仕様策定やオープンソース開発に向け、他の標準化機関、オープンソースコミュニティとの協力を進めている。

②EVE WG：NFVの新しいユースケース、およびNFVに関係する新技術のフィージビリティ検討をしている。具体的には、NFVへのSDN (Software Defined Networking) の適用法などが議論されている。

③TST WG：NFVの仕様に基づ

^{*5} 参照点：標準仕様の中で定義される機能ブロック間を結ぶインタフェース。

^{*6} PoC：新しいコンセプトやアイデアの意義や実現性を、簡易的に実現しデモンストレーションすること。

^{*7} エコシステム：複数の企業が事業活動など

の分野で連携して、お互いの技術や資産を活かし、消費者や社会までも巻き込んで、研究開発から販売、宣伝、消費にいたる一連の流れを形作る共存共栄の仕組み。

くマルチベンダ製品の相互運用性を確保するため、フェーズ1のPoCフレームワークの維持発展と相互運用試験を担う。

REL WGとSEC WGは、フェーズ1からの延長（ただしSECはEGからWGへの移行）であり、NFVの信頼性やセキュリティについて継続して議論している。

3. NFV参照アーキテクチャ

NFV準拠の製品が相互運用されるマルチベンダ環境の実現をめざし、NFV ISGでは、図2に示す参照アーキテクチャを提案している。本アーキテクチャでは、NFVを構成する機能ブロックと、機能ブロック間の参照点を定義している。フェーズ1

の最初の基本文書の1つであるNFVアーキテクチャ文書[2]によってそのフレームワークが定義され、さらに、管理・調停を担うNFV MANOについて詳細検討がなされた。そして、フェーズ2のIFA WGにおいて、主に各機能ブロックを結ぶ参照点のインタフェースに関して、ステージ2レベルの標準仕様を策定している。

3.1 機能ブロック

NFV参照アーキテクチャは主に、VNF、NFVI（NFV Infrastructure）、NFV MANOから構成される。

(1)VNF

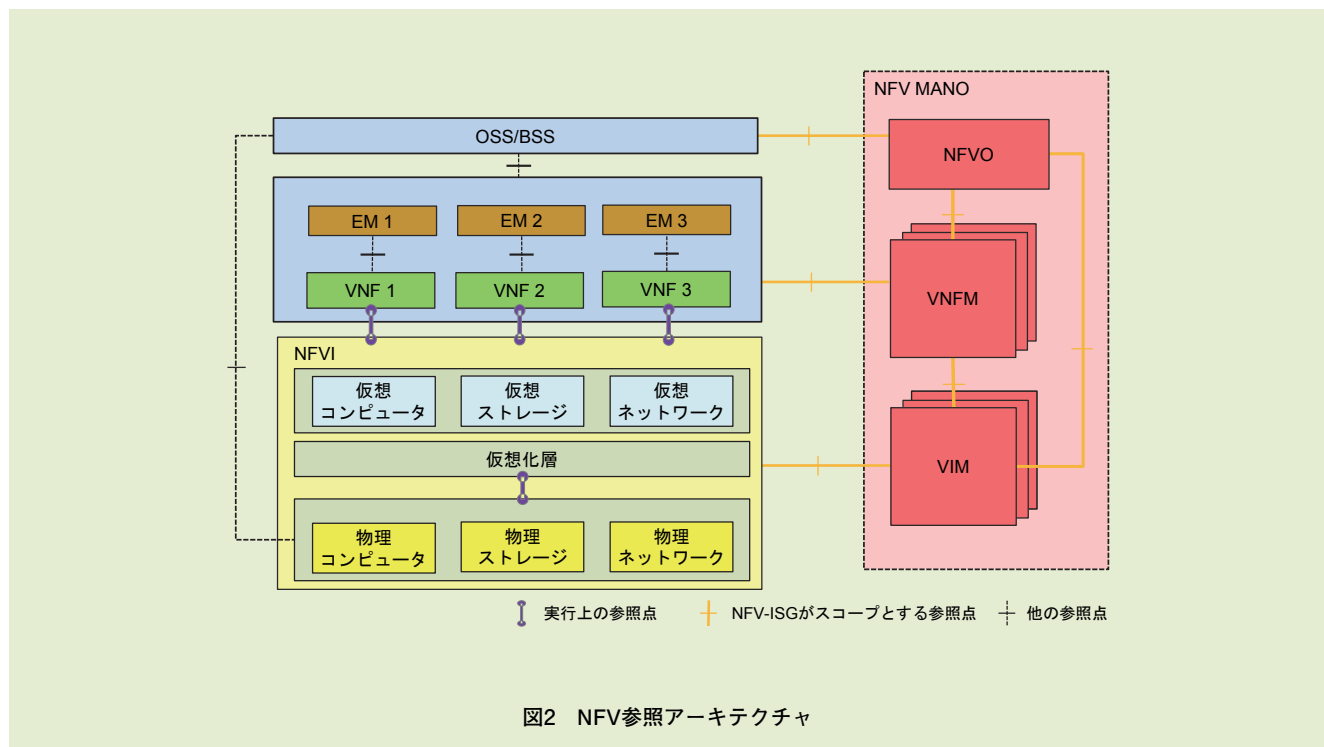
VNFは、通信事業者のネットワークを構成する個々のネットワーク機能を仮想化したものである。従来、ネットワーク機能は専用のハードウェア装置で提供されてきたが、

VNFではそれらを、仮想化技術を用いてソフトウェア化している。VNFの具体例として、モバイルネットワークの移動管理・パケット転送に用いられるEPC（Evolved Packet Core）*8ノードを仮想化したvEPC（virtualised EPC）がある。

ITサービス事業者の仮想化技術と比較した際のNFVの特徴の1つとして、VNFの規模の大きさや複雑さがある。例えば、ITサービスにおいて仮想化される機能の多くは1つの仮想マシン（VM：Virtual Machine）*9上に展開可能である。一方、NFVにおけるほとんどのVNFでは、複数のVMが連携して動作し、多い場合では1つのVNFが数百ものVMから構成され得る。

(2)NFVI

NFVIは、VNFを実行するインフ



*8 EPC：LTEをはじめとした多様な無線アクセスを収容し、お客様の認証や、移動しながらもデータ通信が継続するための移動制御などを提供する通信設備。

*9 仮想マシン（VM）：ソフトウェアによって仮想的に構築されたコンピュータ。

ラである。コンピュータ、ストレージ、ネットワーク機器などの物理的なハードウェア資源と、これらを仮想化する仮想化層と呼ばれるソフトウェアからなる。仮想化層によって仮想コンピュータ、仮想ストレージ、仮想ネットワークといった仮想リソースがVNFに提供される。VNFはこれらの仮想リソースを相互に接続することで構成される。

仮想化技術によってVNFをNFVIにおけるハードウェアから分離させることで、NFVIを汎用品で構築でき、またハードウェアの設置場所に捉われることなくVNFを柔軟に配置可能となる。

(3)NFV MANO

NFV MANOは、NFVによって通信事業者のネットワークに新たに導入されることとなった3つの要素、①NFVI、②VNF、そして、③VNFを相互接続することで構成される仮想網であるネットワークサービスのそれぞれを管理する。さらに、NFV MANOをOSS/BSSと連携させることで、通信事業者の現行の運用環境でNFVを運用できるようにする。

3.2 NFV MANO

NFV MANOは、さらに以下の3つの機能ブロックに分割される。

(1)VIM (Virtualised Infrastructure Manager)

VIMは、NFVIにおける物理コンピュータ、物理ストレージ、物理ネットワークの各資源を管理する。そして、上位のVNFM、NFVOからの要求に基づき仮想リソースを生成する。

(2)VNFM (VNF Manager)

VNFMは、大規模・複雑になり得るVNFの制御を担うモジュールである。すなわち、VNFのライフサイクル制御としてVNFの起動、停止、スケーリング、ヒーリングなどの動作を担う。なお、VNFに固有のFCAPS (Fault, Configuration, Accounting, Performance and Security)^{*10}の管理は、従来のネットワーク機能と同様に、EM (Element Manager)^{*11}が担う。

(3)NFVO (NFV Orchestrator)

NFVOは、大きく以下に示す2つの機能を担う。

・第1は、仮想リソースに関する

機能として、複数のVIMをまたがるNFVI上の仮想リソースを統合的に管理する。例えば、各VIMの容量を監視し、VNFMからの新規のVNFの生成要求に対して、適切なVIMを選択し回答する。

・第2は、ネットワークサービスに関する機能である。すなわち、VNFや既存の物理的なネットワーク機能を複数接続することでネットワークサービスを構成し、そのライフサイクルを制御する。

3.3 基本的な処理フロー

NFV参照アーキテクチャにおける典型的な処理として、OSS/BSSからNFVOに新しいネットワークサービスの作成を依頼する際のフローを図3、4に示す。

まず、図3に示すように、OSS/BSSからNFVO・VNFMに対して、VNFの設計図や仮想マシンのソフトウェアイメージを含むVNFパッケージがアップロードされる(図3①)。アップロードされたVNFパッケージ

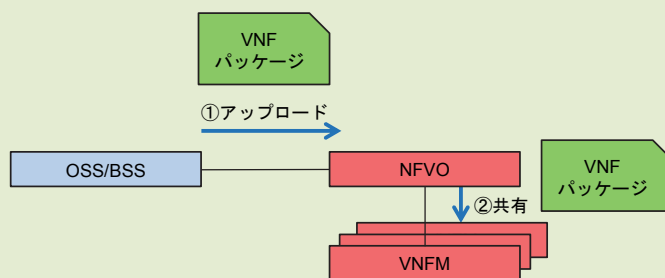


図3 VNFパッケージのアップロード

^{*10} FCAPS：通信事業者のネットワークの管理・監視項目である、障害 (Fault)、設定 (Configuration)、課金管理 (Accounting)、性能 (Performance)、セキュリティ (Security) を指す。

^{*11} EM：個々のネットワーク装置に対する

FCAPSの管理・監視を担う機能ブロックである。

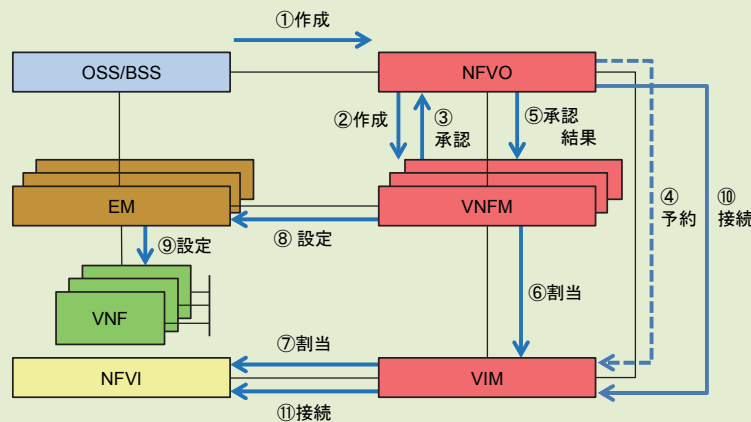


図4 ネットワークサービスの作成フロー

はVNFMに共有される（図3②）。

次に、OSS/BSSからNFVOにネットワークサービスの作成を指示する（図4①）。

NFVOは、ネットワークサービスを構成するVNF、およびそれらを管理するVNFMを特定する。そして、特定したVNFMにVNFの作成を指示する（図4②）。

VNFMは、指示されたVNFの作成に必要な仮想リソースを見積もる。そして、NFVOに見積もった仮想リソースの一覧を示し、仮想リソースの割当てを実行してよいか承認を求める（図4③）。

NFVOは、要求された仮想リソースが配下のVIMにおいて利用可能であるか判断し、その結果をVNFMに通知する（図4⑤）。このとき、NFVOは、要求された仮想リソースがVNFMで確実に利用できるよう、VIMに対して仮想リソースの予約を要求できる（図4④）。

VNFMは、NFVOからの回答に基づき、VIMに対して仮想リソースの割当てを要求する（図4⑥⑦）。この割当ては、VNFMから直接VIMに対して要求することも、NFVOを経由してVIMに要求することもできる。次にVNFMは、EMとも連携して、割り当てた仮想リソースに対してVNFとして必要な設定を施し（図4⑧⑨）、VNFの作成を完了する。

最後にNFVOは、VNF間を接続し（図4⑩⑪）、ネットワークサービスを作成する。

4. 普及促進に向けた取組み

NFV ISGは、標準化機関やオープンソースコミュニティと、それぞれが所掌する分野に応じて積極的に連携している。特に、オープンソースコミュニティの活用は、従来のデジュール標準^{*12}をめざすアプローチが、参画機関の合意形成に時間を

要し市場におけるタイミングを逸しかねないことから、新たなアプローチとして注目されている。事実、IT業界では、従来よりオープンソースの手法を取り入れ、短期間で新しい技術を普及させてきた実績がある。

そこで、NFV ISGは、他の標準化機関として、3GPP SA5（Third Generation Partnership Project System Aspects）^{*13}、TM（TeleManagement）フォーラム^{*14}のみならず、NGMN（Next Generation Mobile Networks）^{*15} [13]、ONF（Open Networking Foundation）^{*16} [14]と、さらにオープンソースコミュニティとして、OpenStack^{*17} [15]、OpenDaylight^{*18} [16]、OPNFV（Open Platform for NFV）[17]などとりエゾン（Liaison）文書^{*19}、了解覚書（MoU：Memorandum of Understanding）^{*20}などを結び、連携を進めている。これらの結果、NFVに関してオープンソースを活用した迅速な実装が行われるように

^{*12} デジュール標準：標準化団体などの公的機関によって策定された標準規格。

^{*13} 3GPP SA5：3GPPは、移動通信システムに関する標準化機関である。SA5は、3GPPにてOSS/BSSについて議論する作業部会のこと。

^{*14} TMフォーラム：通信事業者のネットワーク管理の業界標準を検討する非営利団体。

^{*15} NGMN：ドコモをはじめとするベンダ・オペレータで構成される、次世代モバイル通信ネットワークのビジョンとロードマップを策定する団体。

^{*16} ONF：SDNに関する標準化活動を推進する非営利団体。ONFが策定した標準プロトコルとしてOpenflowがある。

なり、また統一的な標準化とその実装に基づく相互運用性の確保によるエコシステム構築が期待されている。

4.1 OPNFV

現在、クラウドコンピューティング分野で主流となっているソフトウェアの多くはオープンソースソフトウェアである（例：OpenStack, OpenDaylight）。しかし、それらのオープンソースソフトウェアとNFV ISGのNFV参照アーキテクチャ間にはいくつかの機能差分があり、相互運用性も担保されていなかった。

そこで、機能差分を埋めて相互運用性を保証したうえで、NFVIとVIMを統合したNFV参照プラットフォームを実現するために、OPNFVが2014年10月に誕生した。ドコモは設立メンバーであり、現在は通信事業者とIT分野の19社のプラチナメンバー（ドコモを含む）と42社のシルバーマンバーが参加し、OpenStack, OpenDaylight, OVS（Open vSwitch）^{*21} [18], KVM（Kernel-based Virtual Machine）^{*22}などの既存のオープンソースソフトウェアを活用したNFV参照プラットフォームの構築を進めている。OPNFVは年に2回、NFV参照プラットフォームを公開することとなっており、2015年6月に第1回目のArno（アルノ）リリースを公開した。2016年3月には第2回目のBrahmaputra（ブラマプトラ）リリースを公開した。

OPNFVの成果物はApache® Version 2.0ライセンス^{*23}にて公開される。またすべての決断は投票によっ

て行われるため、迅速に合意形成される。会議やすべてのドキュメントは一般公開される方式であり、誰でも参加可能である。

OPNFVでは、開発したソフトウェアを継続的に維持管理できるようにするため、基本的に機能差分の特定と仕様化までをOPNFV内で実施し、得られた成果を、既存の関連オープンソースコミュニティに提案してその中で実装する形でプロジェクトを進める。ドコモはvEPCの商用導入に向けた検討を通じて特定された機能差分から、次に示す2件のプロジェクトを運営している。

(1) ドクタープロジェクト [19]

VNFの故障検知からVNFMへの通知を高速化することを目的としたプロジェクトである。特に商用のネットワーク機能に対する故障検知・通知条件は、通常のITノードに比べてはるかに厳しい。OPNFV発足時のOpenStackでは、故障検知から通知まで数分を要していたため、商用環境での故障を仮定した際の大きな問題となっていた。

そこで、ドクタープロジェクトは、まずOpenStackにおけるコンピュータ資源を管理するソフトウェアモジュールに関して、VNFM向けのインタフェースをOpenStackコミュニティに提案し、Libertyリリース^{*24}にてコード実装することで、高速な故障通知機能を実現した。コンピュータ資源の故障に関する残りの開発項目も、すでに仕様がOpenStackコミュニティにて採録されており、OpenStack Mitakaリリース^{*25}にて

機能追加される予定である。

(2) プロミスプロジェクト [20]

OpenStackへのリソース予約機能の追加を目的とするプロジェクトである。本プロジェクトはケーススタディとして、OpenStackへのプラグインの形でリソース予約機能を開発している。さらに、そのプラグインソフトウェアモジュールとOpenStackの親和性を保ったうえで、次のステップとしてOpenStack内でのコード開発をめざす。プロミスプロジェクトによって開発されたソフトウェアは、OPNFVの第2回目のリリースから提供された。

4.2 その他のオープンソース

OPNFVと同様に、NFV ISGが定義するNFV参照アーキテクチャを実現する、他のオープンソースコミュニティも多数発足している。NFV MANOを開発するOpen Source MANO [21], NFVOを開発するOpen Baton [22]などがあり、オープンソースによる実装と普及が着実に進んでいる。

5. あとがき

本稿では、NFV ISGの発展経緯とともに、標準化が進められているNFVのアーキテクチャについて解説し、また、NFVの普及促進に向けた取組みとして、他の標準化機関との連携、およびオープンソースコミュニティの活用について述べた。

NFV ISGによって得られた成果に対する通信業界の期待は高く、技術詳細（ステージ3）の標準仕様の

^{*17} OpenStack：サーバ仮想化技術を用いて、一台の物理サーバを仮想的に複数のサーバのように動作させ、仮想サーバをユーザが利用するクラウドサービスごとに割り当てるクラウド基盤のソフトウェア、オープンソースソフトウェアとして提供されている。

^{*18} OpenDaylight：SDNのコンセプトに基づいて、ネットワーク装置を外部から制御する機能を提供するソフトウェアの1つ。オープンソースソフトウェアとして提供されている。

^{*19} リエゾン（Liaison）文書：標準化機関が

他の機関と連携したり情報交換する際に取り交わされる文書。

^{*20} 了解覚書（MoU）：組織間の合意事項を記した文書。

完成を待つことなく、オープンソースや商用システムによる実証が進められている。そして、これらの実証を通じて、NFV参照アーキテクチャの技術的な改善点も明らかになっており、今後も実証―標準化のサイクルを円滑に回していくことが重要である。

ドコモでは総務省からの受託により、以下の2つの研究開発をそれぞれ共同で実施した。これらの実験結果は総務省へ報告するとともに、NFV ISGにおける標準化の議論に活用している。

- ・2012年度「大規模災害時における移動通信ネットワーク動的通信制御技術の研究開発」：東北大学，日本電気，日立ソリューションズ東日本，富士通。
- ・2013年度「大規模通信混雑時における通信処理機能のネットワーク化に関する研究開発」：東京大学，東北大学，NECソリューションイノベータ，日本電気，富士通。

また、NFV ISGの仕様を基に、開発を行った機器を用いて2016年3月に商用導入を実施している。この

商用導入で得た知見も標準化にフィードバックすることで、今後も引続きNFVの発展に貢献する。

文 献

- [1] ETSI GS 001 NFV: “Group Specification, Network Functions Virtualisation (NFV); Use Cases,” Oct. 2013.
- [2] ETSI GS NFV 002: “Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework,” Dec. 2014.
- [3] ETSI GS NFV 003: “Network Functions Virtualisation (NFV); Terminology for Main Concepts in NFV,” Dec. 2014.
- [4] ETSI GS NFV 004: “Network Functions Virtualisation (NFV); Virtualisation Requirements,” Oct. 2013.
- [5] ETSI GS NFV-MAN 001: “Network Functions Virtualisation (NFV); Management and Orchestration,” Dec. 2014.
- [6] ETSI GS NFV-SWA 001: “Network Functions Virtualisation (NFV); Virtual Network Functions Architecture,” Dec. 2014.
- [7] ETSI GS NFV-INF 001: “Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure Overview,” Jan. 2015.
- [8] ETSI GS NFV-INF 003: “Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure; Compute Domain,” Dec. 2014.
- [9] ETSI GS NFV-INF 004: “Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure; Hypervisor Domain,” Jan. 2015.
- [10] ETSI GS NFV-INF 005: “Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure; Network Domain,” Dec. 2014.
- [11] ETSI GS NFV-INF 007: “Network Functions Virtualisation (NFV); Infrastructure; Methodology to describe Interfaces and Abstractions,” Oct. 2014.
- [12] ETSI GS NFV-INF 010: “Network Functions Virtualisation (NFV); Service Quality Metrics,” Dec. 2014.
- [13] NGMNホームページ.
<https://www.ngmn.org/home.html>
- [14] ONF: “ONF Overview - Open Networking Foundation.”
<https://www.opennetworking.org/about/onf-overview>
- [15] OpenStackホームページ.
<https://www.openstack.org/>
- [16] The OpenDaylight Platformホームページ.
<https://www.opendaylight.org/>
- [17] OFNFVホームページ.
<https://www.opnfv.org/>
- [18] Open vSwitchホームページ.
<http://openvswitch.org/>
- [19] OPNFV: “The Doctor Project.”
<https://wiki.opnfv.org/doctor>
- [20] OPNFV: “The Promise Project.”
<https://wiki.opnfv.org/promise>
- [21] Open Source MANOホームページ.
<https://osm.etsi.org/>
- [22] Fraunhofer Fokus: “OPEN BATON.”
<http://openbaton.github.io/>

*21 OVS：仮想化環境において、仮想マシン間を接続するスイッチを実現するソフトウェアの1つ。オープンソースとして提供されている。

*22 KVM：仮想化を実現するソフトウェアの1つ。オープンソースとして提供されている。

*23 Apache® Version 2.0ライセンス：オープンソースソフトウェアに用いられるライセンス形態の1つ。

*24 Libertyリリース：クラウド環境の構築に利用されるオープンソースソフトウェアであるOpenStackの12番目のリリースである。

2015年10月15日にリリースされた。

*25 Mitakaリリース：クラウド環境の構築に利用されるオープンソースソフトウェアであるOpenStackの13番目のリリースである。2016年4月にリリース予定である。