

# Beyond 5Gに向けたSDN/自動化

市丸 和史 河田 広次 松本 有造

## 要旨

5G/Beyond 5Gネットワークでは、無線トランスポートネットワークの効率的な利用に向けSDN/自動化の対応が求められており、ONF、IETF、ETSIなどの標準化団体では、NETCONFを用いた装置監視制御インタフェースやデータモデルの標準化が進められています。NECの無線トランスポート装置PASOLINKとネットワーク管理システムUNMS (NEC Unified Network Management System) は、これらの標準化に準拠しSDNオーケストレータと連携することで、無線トランスポートネットワーク運用の自動化ソリューションを提供します。



無線トランスポート/ネットワーク管理/SDN/自動化/NETCONF/PASOLINK

## 1. はじめに

5G及びBeyond 5Gのネットワークは、さまざまなネットワークを組み合わせた複合的なネットワークシステムとなり、ネットワークサービスやアプリケーションを提供するためにEnd-to-Endで統合された運用管理とネットワーク資源利用の最適化が求められます。そして、従来ベンダー固有の制御・データモデルを使用している無線トランスポート領域についても、ネットワーク管理の効率化が求められています。これらを実現するため、SDN (Software Defined Network) の導入や運用の自動化が検討されています。

本稿では無線トランスポートにおけるSDN/自動化の標準化動向について説明し、NECの装置、ネットワーク管理製品における対応状況・方針について紹介します。

## 2. 無線トランスポートドメインにおけるSDN/自動化の標準化動向

NECは各標準化団体のSDN/自動化の標準化活動に初期段階から参画し、PoC (Proof of Concept) に参加するなど、SDNの標準化活動に貢献しています<sup>1)</sup>。

## 2.1 SDNアーキテクチャ

SDNのアーキテクチャは、大きく2つ定義されています。1つはSDNオーケストレータから複数ベンダーの装置を直接監視制御する方式(図1)、もう1つは装置の監視制御は各ベンダーのコントローラ(ドメインコントローラ)に任せ、SDNオーケストレータは各ベンダーのコントローラを通し間接的に装置を監視制御する方式(図2)<sup>2)</sup>です。各装置が標準化されたSDNインタフェース、データモデルに準拠している場合は、直接監視制御する方式をとることができます。既設の旧型装置や、各ドメイン固有の技術、ベンダー固有の機能を使用する場合は、ドメインコン

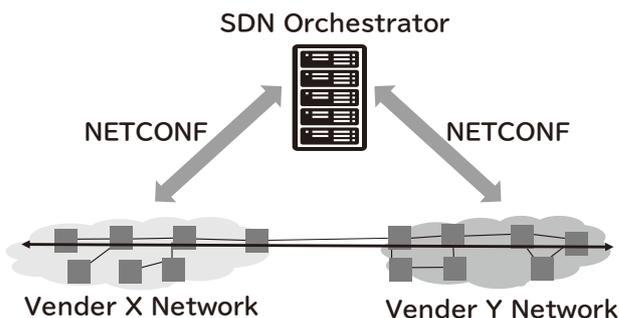


図1 NETCONFによる装置の監視制御

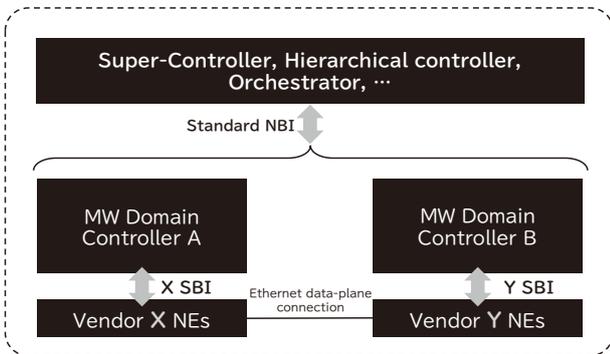


図2 ドメインコントローラによる監視制御

トローラを用いた間接的な監視制御を行います。

無線トラnsポートにおける装置制御のSDNインタフェースとして、NETCONF<sup>3)</sup>が規定されています。NETCONFはSNMPに代わる監視制御インタフェースとして注目されているプロトコルであり、XMLをベースとしたテキスト形式による可読性の良さや、SSHベースのセキュリティ、ロールバック機能などSNMPよりも高度な機能を有しています。

SDNオーケストレータとドメインコントローラ間のインタフェースとしてONF (Open Networking Foundation) ではTAPI<sup>4)</sup>、IETFではRESTCONF<sup>5)</sup>が規定されています。TAPIは複数の装置にまたがるVLANサービスを管理し、サービスごとに制御するインタフェースであるのに対し、RESTCONFは装置ごとに制御するインタフェースとなっています。

## 2.2 データモデルの共通化

ベンダーに依存しない装置管理の実現を目指し、管理モデルの標準化が進められています。

ONFのOTCC (Open Transport Configuration & Control) では、5G-xHaulチームのなかで無線トラnsポート装置の管理モデルの策定が進められており、Microwave Information Model TR-532<sup>6)</sup>が作成されています。PoCや実フィールドでの実証試験も進められており、2021年にはTelefónica Germanyを中心に、Microwave Information Model TR-532を実装したSDNコントローラで40,000台の装置の監視制御が実施されました<sup>7)</sup>。一方IETFのCCAMP (Common Control and Measurement Plane) でも無線トラ

nsポート装置の管理モデルの策定が進められており、RFC8561<sup>8)</sup>が発行されています。2つのモデル間には互換性がないことから、現状どちらのモデルがデファクトスタンダードとなるかは決まっておらず今後も注視が必要な状況となっています。

## 2.3 自動化ユースケース

ETSI mWTでは、SDN/自動化ユースケースの検討、実証試験が進められています。VLANサービスの制御や、電力消費の効率化、最適な周波数割り当てなど無線トラnsポートにおけるSDN/自動化のユースケースを整理したドキュメント<sup>9) 10)</sup>が発行されました。更に、ユースケースの実証実験としてRFC8561をベースにマルチベンダーの装置をNETCONFで制御しネットワーク情報の取得やVLANの制御を行う試験(PlugTest)が2023年2月に実施されました<sup>11)</sup>。

## 3. NECの無線トラnsポートドメインにおけるSDN/自動化の対応

NECは、無線トラnsポート装置(PASOLINK)とそのネットワーク管理システムとして、UNMS (NEC Unified Network Management System)を提供しています。PASOLINK及びUNMSにおけるSDN/自動化の実現に向けた取り組みを紹介します。

### 3.1 監視制御インタフェース

UNMSはSDNアーキテクチャにおける無線トラnsポートドメインのドメインコントローラとして振る舞い、SDNオーケストレータと連携して無線トラnsポート装置を制御することで、ネットワーク管理の効率化を実現します。UNMSは上位インタフェースとしてTAPI、RESTCONFの双方を実装しており、さまざまなSDNオーケストレータと接続、連携することが可能になっています。またUNMSは装置制御のインタフェースとしてNETCONFプロトコルに対応しています。そのためNEC製装置に限らずNETCONF/TR-532に対応している他社製の無線トラnsポート装置とも接続し、マルチベンダーネットワークの管理を行うことができます。

PASOLINKはNETCONFプロトコルに対応しています。そのためSDNオーケストレータから直接監視制御す

ることが可能となり、第2章に記載した2つのSDNアーキテクチャに対応可能となっています。

### 3.2 自動化ユースケースへの対応

UNMSはETSI GR mWT 025<sup>10)</sup>で規定されている6つの自動化ユースケースに対応しています。この6つのユースケースは無線トランスポートにおけるネットワーク管理の課題を網羅しており、これらの自動化を進めることで通信事業者の運用効率化に貢献します。

#### 3.2.1 ネットワークとサービスの自動検出

複雑なネットワーク構成を統合的に管理するためには、そのネットワーク構成（ネットワークトポロジ）を把握する必要があります。UNMSは装置から装置の構成情報や隣接情報、VLANの設定情報を取得し、ネットワーク構成やVLANサービス構成を解析して管理し、標準化されたSDNインタフェースを用いてSDNオーケストレータに提供します（図3）。これによりSDNオーケストレータでマルチドメインのEnd-to-Endネットワークトポロジの管理

が可能になります。

#### 3.2.2 サービスプロビジョニング

効率的にネットワーク資源を活用してネットワークサービスを提供するためには、IPネットワークと無線トランスポートネットワークを横断的に設計する必要があります。UNMSはSDNオーケストレータの指示を受け、無線トランスポートドメイン内の最適経路設計と装置設定を行います。これによりSDNオーケストレータにおけるVLANサービスのEnd-to-Endサービスプロビジョニング（図4）が実現できるようになります。

#### 3.2.3 ネットワーク資源の効率化

効率的にネットワーク資源を利用するためには、トラフィック情報に応じたネットワーク構成の最適化が必要となります。UNMSは装置からトラフィック情報を収集し、無線ネットワーク運用のノウハウを生かした分析結果をレポートします。またリアルタイムでのトラフィック情報表示やAI・機械学習による予測が求められており、UNMSも対応を計画中です。

#### 3.2.4 障害解析と障害予測

OPEX (Operating Expense : 運用コスト) の削減、ネットワークの可用性の向上、及びエンドユーザーへのサービス品質の向上を実現するために、障害解析や障害予測の高度化が求められています。UNMSは装置からのアラームをSDNオーケストレータに通知する標準SDNインタフェースを持ち、かつ無線トランスポートドメイン内の障害解析を行ってサービスに影響するアラーム情報をSDNオーケストレータに提供する機能を備えています。これにより、SDNオーケストレータはマルチドメインの高度な障害解析や障害予測が可能になります。

#### 3.2.5 消費電力効率化

無線トランスポートドメインを含むネットワーク全体の消費電力の削減が通信事業者の課題となっています。UNMSでは、複数の無線チャンネルを仮想的に1つの物理レイヤとしてパケット転送を行うRTA (Radio Traffic Aggregation) 機能を用いている回線において、トラフィック量が十分に少ない時間帯だけRTA回線の一部の無線チャンネルを停波することで消費電力の削減を行うこ

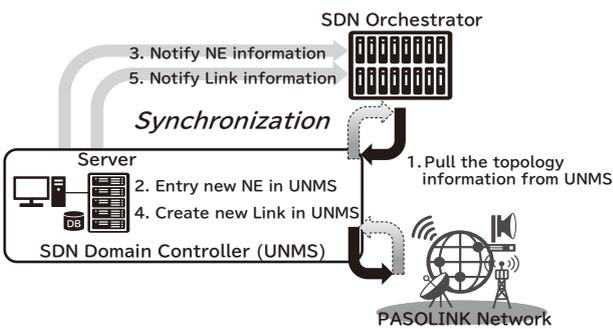


図3 ネットワーク/サービスの検出と同期

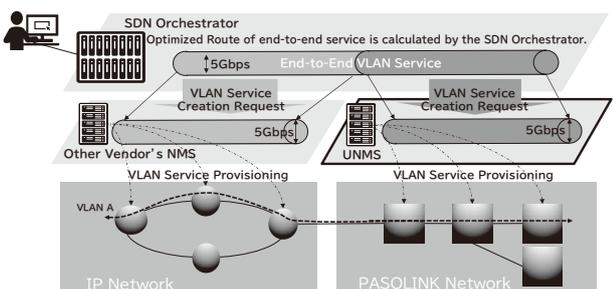


図4 End-to-End サービスプロビジョニング

とができます。トラフィック量の分析を行い、停波すべき無線チャネルの検出と装置設定変更を自動で実施します。

### 3.2.6 周波数自動アロケーション

5G時代に入りネットワークの高密度化が進み、無線リンク間の周波数相互干渉が今以上に発生しやすい環境へとになっていくことから、周波数の自動アロケーションへの要求が高まっています。UNMSでは周波数自動アロケーションに向けて、周波数使用状況の見える化やトラフィック情報分析からのフェージング検出、SDNオーケストラへの情報提供の検討を進めています。

## 4. まとめ

本稿では無線トランスポートネットワークにおけるSDN/自動化の標準化動向とNECの対応状況を紹介しました。NECは無線トランスポート領域において、SDN/自動化の標準化に積極的に取り組み、標準化に準拠した無線トランスポート装置PASOLINKおよびネットワーク管理システムUNMSを提供しています。またSDNオーケストラ導入有無にかかわらず、無線トランスポートドメインの運用効率化が実現できるよう、UNMSの自動化対応を進めていきます。Beyond 5Gに向けてネットワークのオペレーションの最適化、高度化を実現することでテレコムネットワークの発展とネットワークサービス提供に貢献します。

### 参考文献

- 1) NEC プレスリリース: NEC concludes 5th multi-vendor Wireless Transport SDN Proof of Concept with the Open Networking Foundation and ONAP, 2019.1  
[https://www.nec.com/en/press/201901/global\\_20190122\\_02.html](https://www.nec.com/en/press/201901/global_20190122_02.html)
- 2) ETSI Test Report: ETSI CTI Plugtests Report V1.0 (2019-01)
- 3) Rob Enns, et al.: RFC6241 - Network Configuration Protocol (NETCONF), 2011
- 4) Open Networking Foundation: TR-547 - TAPI Reference Implementation Agreement, Version 1.1, 2021.12
- 5) Internet Engineering Task Force: RFC8040 - RESTCONF Protocol, 2017.1
- 6) Open Networking Foundation: TR-532 - Microwave Information Model, Version 1.0, 2016.12
- 7) Telefónica Germany プレスリリース: O<sub>2</sub> / Telefónica uses new standardized SDN interface for 30,000 microwave links, 2021.12  
<https://www.telefonica.de/news/press-releases-telefonica-germany/2021/12/milestone-in-software-defined-networking-sdn-o2-telefonica-uses-new-standardized-sdn-interface-for-30000-microwave-links.html>
- 8) Internet Engineering Task Force: RFC8561 - A YANG Data Model for Microwave Radio Link, 2019.6
- 9) ETSI GROUP REPORT: ETSI GR mWT 016 V1.1.1 (2017-07)
- 10) ETSI GROUP REPORT: ETSI GR mWT 025 V1.1.1 (2021-03)
- 11) ETSI: 4th mWT Plugtests, 2023.2  
<https://www.etsi.org/events/2086-mwt-plugtests-4>

### 執筆者プロフィール

#### 市丸 和史

テレコムキャリアソフトウェア開発  
統括部  
プロフェッショナル

#### 河田 広次

ワイヤレスアクセス開発統括部  
プロフェッショナル

#### 松本 有造

テレコムキャリアソフトウェア開発  
統括部  
プロフェッショナル

# NEC 技報のご案内

NEC 技報の論文をご覧いただきありがとうございます。  
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報 (日本語)

NEC Technical Journal (英語)

## Vol.75 No.1 オープンネットワーク技術特集

～オープンかつグリーンな社会を支えるネットワーク技術と先進ソリューション～

オープンネットワーク技術特集よせて  
NECのオープンネットワークに向けた技術開発と提供ソリューション

### ◆ 特集論文

#### Open RANとそれを支える仮想化技術

Open RANがもたらすイノベーション  
モバイルネットワークにおける消費エネルギー削減  
自己構成型スマートサーフェス  
Nuberu: 共有プラットフォームによる高信頼性のRAN仮想化  
vrAln: vRANにおけるコンピューティングリソースと無線リソースのためのディープラーニングベースのオーケストレーション

#### 5G/Beyond 5Gに向けた無線技術

グリーン社会の実現に向けたNECにおける5G/Beyond 5G基地局のエネルギー効率化技術開発  
双方向トランシーバアーキテクチャを備えたミリ波ビームフォーミングICとアンテナモジュール技術  
5G/6G屋内ワイヤレス通信向け1ビットアウトフェージング変調による光ファイバ無線システム  
空間分割多重を用いた28GHz帯マルチユーザー分散Massive MIMO  
28GHz帯マルチユーザー分散MIMOシステムを用いたOTFS変調信号のOTA測定  
Sub6GHz帯アクティブアンテナシステムにおける空間多重性能の改善  
トランジスタ非線形モデルを使用しないブラックボックスドハティ増幅器の設計手法  
最大8マルチユーザー多重化を実現する39GHz帯256素子ハイブリッドビームフォーミングMassive MIMO

#### オープンAPN (オープン光・オール光)の実現への取り組み

APN実現に向けたNECの取り組み～Openな光ネットワーク実現に向けて～  
APN実現に向けたNECの取り組み～APN製品(WXシリーズ)の特長～  
APN実現に向けたNECの取り組み～フィールドトライアル～  
オールフォトニクスネットワークを支えるシリコンフォトニクス光源による波長変換技術  
NEC Open Networksを支える光デバイス技術～800G超の光伝送技術～

#### コア&パリューネットワークへの取り組み

カーボンニュートラルな社会の実現に向けたデータプレーン制御を支える技術  
5G時代の人々の暮らしを支えるNECのネットワークスライシング技術  
Beyond 5G、IoT、AIを活用したDX推進を支えるアプリケーションアウェアICT制御技術  
通信事業者向け5Gコアネットワークにおけるパブリッククラウド活用

#### 高度なネットワークサービスを提供する自動化・セキュア化への取り組み

OSSにおける運用完全自動化へのNECの取り組み  
利用者の要件に基づくネットワークの自律運用技術とセキュリティ対応の取り組み  
情報通信ネットワークの安全性を向上するセキュリティトランスペアレンシー確保技術  
ネットワーク機器のサプライチェーン管理強化に向けた取り組み

#### ネットワーク活用ソリューションとそれを支える技術

通信事業者向け測位ソリューション  
5Gのポテンシャルを最大限に引き出すトラフィック制御ソリューション(TMS)  
ローカル5G向け小型一体型基地局「UNIVERGE RV1200」及びマネージドサービス  
産業DXを支えるローカル5G活用によるパーティカルサービス  
ローカル5G、LAN/RAN融合ソリューション

#### グローバル5G xHaulトランスポートソリューション

トランスポートネットワークの高度化を実現するxHaulソリューション・スイート  
xHaulトランスフォーメーションサービス  
xHaulトランスポート自動化ソリューション  
5G/Beyond 5Gにおける固定無線トランスポート技術  
Beyond 5Gに向けたSDN/自動化  
高効率・大容量無線伝送を実現するOAMモード多重伝送方式

#### Beyond 5G/6Gに向けて

Beyond 5G時代に向けた取り組み

### ◆ NEC Information

2022年度C&C賞表彰式典開催



Vol.75 No.1  
(2023年6月)

特集TOP