

RAN仮想化（vRAN）に向けた取組み

無線アクセス開発部

みずた しんじ
水田 信治

ウメシュ アニール

ネットワーク開発部

なかじま よしひろ
中島 佳宏くの ゆうや
久野 友也

LTEや5Gのさらなる高速・大容量化が進みつつある中、無線基地局装置において高い処理性能が求められている。ドコモは、このような要求を実現するために、これまで専用に開発されたHWとSWを用いてきた。一方、IT分野における技術革新は目覚ましく、HWの性能向上や、HWとSWの分離（仮想化／クラウド化）が進んでいる。それら技術を取り込んだ、優れた無線基地局装置の実現が可能になりつつあり、RANの仮想化として開発・商用化が進められている。本稿では、RAN仮想化技術に関するドコモでの取組み状況について解説する。

1. まえがき

ドコモでは、2020年3月から第5世代移动通信システム（5G）サービスの提供を開始しており、現在、5Gエリアの拡大に取り組んでいる。既存のLTE基地局装置を最大限に活用しつつ5Gを展開するために、5Gサービスを実現する必要最小限のハードウェア（HW）とその上で動作するソフトウェア（SW）を開発し、それらをLTE基地局装置へ追加

した。

一方、昨今のIT分野における技術革新は目覚ましく、汎用HWの性能向上や、仮想化技術を利用したHWとSW分離によるHWリソースの有効活用、共通機能のプラットフォーム化によるクラウド化が急速に進んでいる。また、データ暗号化、AI技術や機械学習*1などを実現するために、さまざまな各種計算に特化したHWアクセラレータと呼ばれる製品が開発・販売されている。

©2022 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

本誌に掲載されている社名、製品およびソフトウェア、サービスなどの名称は、各社の商標または登録商標。

*1 機械学習：サンプルデータから統計処理により、有用な判断基準をコンピュータに学習させる仕組み。

このようなIT分野で利用されている汎用的なHWや無線処理にカスタマイズしたHWアクセラレータをベースに仮想化技術を無線基地局に適用する取組みが始まっており、無線アクセスネットワーク (RAN: Radio Access Network)*²の仮想化 (vRAN (virtualized RAN)*³) と呼ばれている。vRANには、これらの技術を有効活用しつつ、汎用HWを利用することで、インフラ投資削減効果が見込める可能性がある。ドコモは、vRANの効果を最大化するために、本特集冒頭記事に記載のとおり、vRAN関連技術を有するパートナー企業と2021年2月より5GオープンRANエコシステム (OREC: Open RAN ECosystem)*⁴の協創プログラムを開始した [1]。また、ドコモではコアネットワーク*⁵装置の仮想化技術をすでに導入済みであり、その運用経験も最大限に活かしつつ、vRAN導入の取組みを進めている。

本稿では、vRANを実現するための技術的課題とそれに対するドコモのアプローチを説明する。また、コアネットワークの仮想化の経験から、汎用製品は一般にサポート期間が短いことや、導入装置の製品サポート期間が終了するなどの問題を解決するために、標準化に取り組む重要性和標準化の取組み状況についても合わせて解説する。

2. RAN仮想化技術

2.1 ネットワーク仮想化技術

ネットワーク仮想化技術とは、汎用HW上に仮想化レイヤを導入し、SWを仮想リソース上で動作させるIT仮想化の技術とオーケストレーション技術*⁶を利用して、従来、高信頼性や高性能などの通信事業者が用いるシステムの要件を満たすため最適化された専用のHWとSWを用いて提供してきた通信サービスを、仮想化技術により実現するものである。

ネットワーク仮想化技術の適用により、HWとSWの分離が可能になり、最先端のHWの早期導入やSWのアップデートのみによる新規機能の提供が可能となる。さらに、オープンソースの適用やIT分野で培われた効率的な開発手法などを利用することにより、サービス開始までのリードタイム*⁷の短縮などのメリットが享受できる。

ドコモでは、2010年代前半よりネットワーク仮想化技術の研究開発とETSI (European Telecommunications Standards Institute)*⁸ NFV (Network Functions Virtualisation)*⁹を中心とした標準化を進め、2015年度より商用ネットワークのコアネットワーク装置へ仮想化技術の導入を開始した。2020年度末でのLTE装置以降のコアネットワーク装置の仮想化適用率は約50%を超え、2021年度に導入された5Gのコアネットワークはすべて仮想化されている [2]。コアネットワークにおけるネットワーク仮想化により、ドコモでは以下4つのメリットを享受できた [3]。

① ネットワーク設備の経済性向上

従来は装置ベンダごと・通信機能ごとの装置および通信SWとなっており、それぞれの装置および通信SWごとの保守が必要であったが、本技術により複数ベンダの通信SWを統一的な仮想化基盤上で動作させることが可能となり、経済性の向上、運用保守の統一化と単純化、低コストな汎用HWの利用・共用化を実現した。

② サービスの早期提供

新サービスの導入時に、個別のHWの準備と構築が不要になり、サービス開始までのリードタイムの短縮化を実現した。

③ 通信混雑時の繋がり易さの向上

災害時などに発生する輻輳*¹⁰や急激なトラフィックの集中に対し、短時間でネットワーク

*2 無線アクセスネットワーク (RAN): コアネットワーク (*5参照) と端末の間に位置する、無線レイヤの制御を行う基地局などで構成されるネットワーク。

*3 vRAN: RANの仮想化を表す。なお、仮想化された無線基地局自体を表す用語として使用される場合もある。

*4 5GオープンRANエコシステム (OREC): 多様なニーズに応えられる柔軟なネットワークの構築を可能とする、オープンな無線アクセスネットワークの海外展開を目的としたドコモとパートナー会社との取組み。

*5 コアネットワーク: パケット交換装置、加入者情報管理装置な

どで構成されるネットワーク。移動端末は無線アクセスネットワークを経由してコアネットワークとの通信を行う。

*6 オーケストレーション技術: アプリケーションやサービスの運用管理を自動化するために、必要となるリソースやネットワークの接続性の管理・調停を実現する技術。

*7 リードタイム: さまざまな分野で使用されるが、本稿では開発着手や設備構築からサービス提供開始までの期間を示す。

*8 ETSI: 欧州電気通信標準化機構。欧州の電気通信技術に関する標準化団体。

設備容量を自動的に拡張し、通信の繋がり易さの向上を実現した。

④通信サービスの信頼性向上

低コストのHWの利用により冗長性をもたせたHW構成が実現でき、HWの故障を検知した際、冗長化された正常なHWに通信SWを自動構築させることが可能となり、短時間での通信機能の自動復帰を実現した。これにより即時の駆けつけ保守作業が不要になり、高い保守性と信頼性の通信を実現した。

2.2 期待されるvRANの導入効果

近年のIT仮想化技術、汎用HW、HWアクセラレータの進展により、仮想化が可能な領域が広がり、高処理性能や高いリアルタイム性などのサービスレベル要求がより厳しい無線レイヤのベースバンド^{*11}処理も対応可能になってきた。このため、国内や海外のいくつかのオペレータでは、仮想化技術を用いてvRANの実用化に取り組み、導入を始めている。

期待されるvRANの導入効果は以下のとおりである（図1）。

(1)HWとSW分離による最適なソリューションの組合せの実現

- ・汎用的かつ標準的なHW活用による設備の経済化
- ・最新HW活用による性能向上や低消費電力化
- ・SW更新のみによるRAN系サービス・機能の拡張
- ・新規ベンダの収容の容易化

(2)仮想化・自動化によるシンプルかつインテリジェントなRANの保守の実現

- ・設置済みリソースプール^{*12}を最大限に利用したSWでの設備構築によるリードタイム短縮やデプロイメント^{*13}の柔軟性の向上
- ・SW化に伴う遠隔保守範囲の拡大と現地作業削減
- ・変動するトラフィック需要への容量拡大による柔軟な対応による繋がり易さの向上
- ・HW故障時の短時間での自動復旧や高い信頼性の向上
- ・RIC（RAN Intelligent Controller）^{*14}によるト

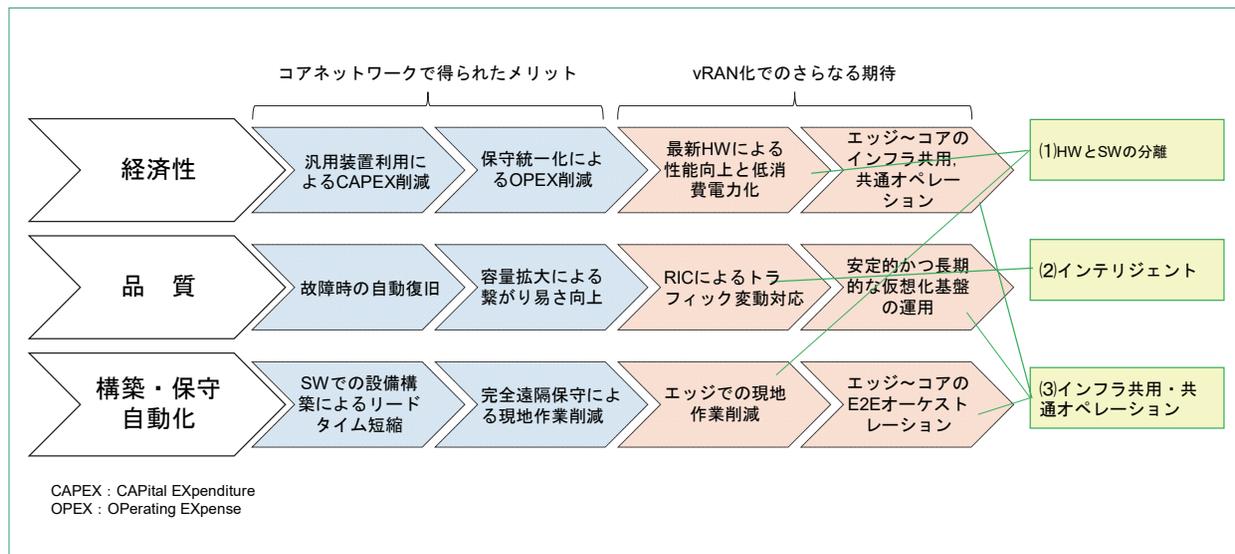


図1 期待されるvRANの導入効果

*9 NFV：ネットワーク仮想化。通信キャリアのネットワークを仮想化技術により汎用HW上で実現すること。
*10 輻輳：通信の要求が短期間に集中してネットワークの処理能力を超え、通信に支障が発生した状態。
*11 ベースバンド：無線通信の送信側および受信側において、無線周波数帯に変換する前／後の情報信号の帯域のこと。普通は低い周波数帯であり、デジタル信号処理にて実現されている。

*12 リソースプール：計算機の予備などを束ねて、計算機のCPUやメモリを束ねて仮想的なコンピュータとして管理する仕組み。
*13 デプロイメント：アプリケーションをそれらの実行環境に配置して展開し、使用可能な状態にすること。
*14 RIC：RANのインテリジェント化を担う制御部。

ラフィック変動対応

(3)エッジからコアネットワークでのインフラ共有化・共通オペレーションの実現 (図2)

- ・RANのアプリケーションを中心に、エッジからコアネットワークに加えて、5G時代の新しいネットワーク設備に向けた共通基盤化と共通なオペレーションの実現
- ・安定的かつ長期的な仮想化基盤の運用
- ・E2E (End to End) でのオーケストレーションの提供

コアネットワークに加えてRANが仮想化される特長も活かすことで、MEC (Multi-access Edge Computing)*15などのお客様により近い位置に設置を求められるサービス基盤をエッジサイトに設置することも容易となる。こういったさらなる付加価値の実現についても期待されている。

2.3 vRAN要件に対するネットワーク仮想化技術の課題

上記vRANのメリットを享受するためには、従来のコアネットワークの仮想化の技術課題に加え、RAN特有の要件も考慮した上での技術課題に取り組む必要がある。

(1)課題①：HWとSW分離による最適なソリューションの組合せの実現に向けた課題

(a)汎用HW・SWによる高性能処理とリアルタイム性のサポート

従来の基地局装置では、計算量が膨大でリアルタイム性が求められる無線レイヤの処理を、最適化されたFPGA (Field Programmable Gate Array)*16・ASIC (Application Specific Integrated Circuit)*17に代表される専用のHWと、専用のSWで実現してきた。これらHWとSWが密結合している従来の基地局装置のアーキテクチャを、vRANでは汎用HWとその汎用HW上

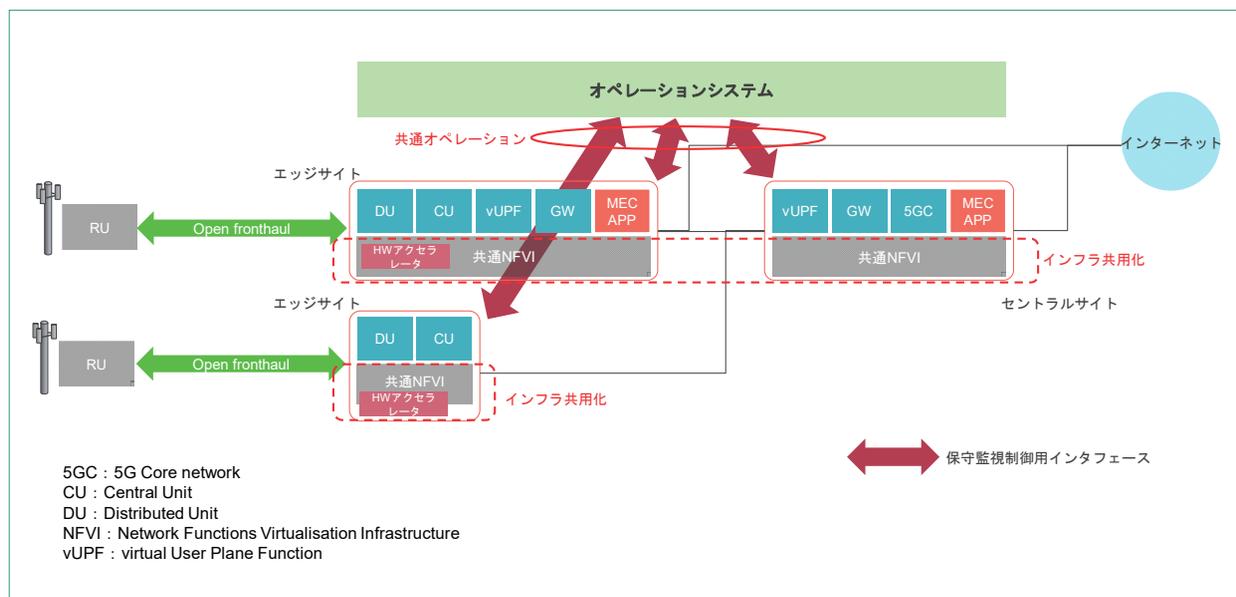


図2 エッジからコアネットワークでのインフラ共有化・共通オペレーション

*15 MEC：移動通信網において、お客様により近い位置にサーバやストレージを配備する仕組み。低遅延によりリアルタイム性の高いサービス提供が可能となる。

*16 FPGA：アレー状に並んだセルと配線用素子で構成されている書換え可能で、論理回路を自由に設計することができる大規模集積回路。

*17 ASIC：特定用途向けに設計し、製造された集積回路。

で動作するSWで実現することが求められる。特に基地局装置の性能に影響を与える無線レイヤの処理タイミングの揺らぎの低減や低遅延化が必要であり、そのためにも、最適な汎用HWの選択やSW実装の工夫、実行環境としての仮想化基盤環境の対応が必要になる。加えて、特に処理要件が厳しい箇所については、さらなるSW処理の最適化を進めるか、もしくは、無線レイヤの処理の一部をHWアクセラレータへオフロードすることを検討し、HWとSWの密結合を解決した上で、高性能処理と高いリアルタイム性を実現する必要がある。

- (b)基地局装置の設置環境に対応できる仕組みの構築
コアネットワークの仮想化ではサーバの設置に適した拠点（データセンタ）に設備を集約して設置することができたが、RANではデータセンタへ集中配備するだけでなく、ビルの一室や屋外へ小規模かつ分散的に設置される基地局サイトも多くある。このため各設置場所により、要求される性能、設置スペース、電力の制限も異なる。さらに、防塵性能や、極端な温度への適応など、より厳しい環境に対応した汎用HWも求められる。SWとHWを分離しつつ、このようなさまざまな設置環境の条件下でスケラブルかつフレキシブルな設置形態へ柔軟に対応できる仕組みが求められる。

(2)課題②：仮想化・自動化によるシンプルかつインテリジェントなRANの保守の実現に向けた課題

(a)RANアプリケーションに提供する仮想リソースの関係性管理

従来の基地局装置では、基地局の機能が特定のHWにくくり付いているため、HWとSWをセットで管理することができ、これにより基地局の保守を実現することができていた。vRAN

では、複数のHWから実現される仮想的なリソースに対して、RANアプリケーションの管理システムが動的に必要な仮想リソースを要求し、その仮想リソース上でRANのアプリケーションを動作させる。この手法では、SWと仮想リソースは分離して管理されるため、SW、仮想リソース（論理）、HW（物理）を関連付けして、基地局機能の保守を実現することが求められる。さらに、前述のHWアクセラレータなどの新規HWも、他の仮想リソースと統一的に扱いRANアプリケーションに提供することも求められる。

(b)保守運用ユースケースの対応

従来の基地局装置では、ベンダごとにHWの構成、構築、保守などの運用方法が異なっていた。仮想化に際し、これらの運用方法を変更せず単純に実現する場合、ベンダごとに異なる運用方法のすべてをサポートしようとするとならば開発規模の増大や検証量の増加が想定される。そのため、自動化の促進や、また複数ベンダから提供されるアプリケーションの利用も考慮し、vRANを実現する各システムにおける機能分担の明確化や保守運用方法の共通化に向けてユースケースの標準化が求められる。

(c)現地作業や手作業の削減

全国に分散する基地局装置や仮想化基盤の構築から故障対応までの自動化を実現するために、全体のワークフローを設計する必要がある。特に、vRAN化に伴ってSW制御できる範囲を広げることで、現地作業を最小化し自動化の範囲を拡大することが重要である。そのため、汎用機器のキットリング*18を含めた構築業務や予備部材の共通化や、作業遠隔化のための各種接続インタフェース (IF) の整備も必須である。

*18 キットリング：サーバなどの機器に対してアプリケーションのインストールや各種設定・登録などを行い、即座に使える状態にする作業。

(3)課題③：エッジからコアネットワークまでのインフラ共用・共通オペレーションへの課題

(a)さまざまなアプリケーション実装の取容

将来の新たなネットワークの配備に対応すべく、vRANの仮想化基盤には、基地局装置機能、コアネットワーク機能、またより上位のサービスを収容できることが求められている。また、サポートする実行環境にも、ネットワーク仮想化で用いられた仮想マシン環境に加えて、近年利用が増えているコンテナ*19環境も求められる。さらに、運用効率化のため、各ネットワークドメインのアプリケーション要件をサポート可能な仮想化基盤が求められる。

(b)全国に分散された仮想化基盤の長期運用の課題

vRANが商用化された場合、全国に小規模な仮想化基盤が多数分散することが想定され、これらの維持管理も重要な課題である。新しい汎用HWやHWアクセラレータの導入、セキュリティのための更新、アプリケーションの進化などを踏まえると、一定期間で仮想化基盤の更改や保守などを行う必要があり、加えて、すべての仮想化基盤のバージョンアップ作業は、通信サービスを継続したまま実施することが求められる。また、最近のコンテナ基盤の開発トレンドを想定すると、基盤を含めて短期間で更改が求められるが、オペレータが大規模な更改開発や工事作業を実施し続けることは現実的ではない。そのため、長期間安定的に基盤運用を行うための仕組みが望まれる。

3. 課題解決に向けたアプローチ

ドコモでは、これまでのコアネットワークの仮想化・運用と無線基地局の開発・運用で得られた知見

やノウハウを融合し、これにより上記の課題を解決するとともにvRANの実現を目指す。特にO-RAN (Open RAN) ALLIANCE*20やETSI NFVにおけるvRANを実現するための標準化の推進と、ORECによるマルチベンダ環境における相互接続検証の2つのアプローチを進める。

RAN仮想化の技術課題である「HWとSW分離による最適なソリューションの組合せの実現」の課題①に対しては、RANアプリケーションベンダと汎用HWベンダが連携した技術検討と実装、性能向上のための最適化が必要になるため、ORECを活用し推進している。ORECでの取組みについては後述する。

「仮想化・自動化によるシンプルかつインテリジェントなRANの保守実現」に向けた課題②と「インフラ共用・共通オペレーション」への課題③に対しては、過去のコアネットワーク仮想化の開発の経験を踏まえ、vRAN自体とそれに関連するシステム間のIF・情報モデル*21の策定とオペレーションの共通化が最重要であるとの認識のもと、標準化を推進している。また、標準化を行うことで、複数ベンダから提供される各種プロダクトを組み合わせることが可能となり、かつ、1つの構成部品がサポート期間終了した場合でも、標準化に準拠した別の製品が販売されれば、それを利用することで、周辺の構成部品や周辺システムへの影響を最小限に抑えることが可能になる。さらに、業界におけるネットワーク仮想化の標準仕様において、同様の目的のものが複数規定されることの防止と、ドコモがこれまで積極的に標準化を進めた仮想化の仕様を最大限活用するために、標準化団体間での調整を推進する。

vRANに関する標準化についてはO-RAN WG (Work Group) 6にて取組みが進められており、最新の標準化状況を後述する。ここでは、O-RANでの全体アーキテクチャ (図3) をベースに、ドコモ

*19 コンテナ：コンピュータ仮想化技術の一種で、1つのホストOSの上にコンテナと呼ばれる専用領域を作り、その中で必要なアプリケーションソフトを動かす方式のこと。

*20 O-RAN ALLIANCE：5G時代におけるRANのオープン化、インテリジェント化の推進を目的に、2018年2月にドコモと海外の主要なオペレータにより設立された団体。

*21 情報モデル：システムが有するHWリソースなどを外部装置などから扱いやすくするためにモデル化すること。

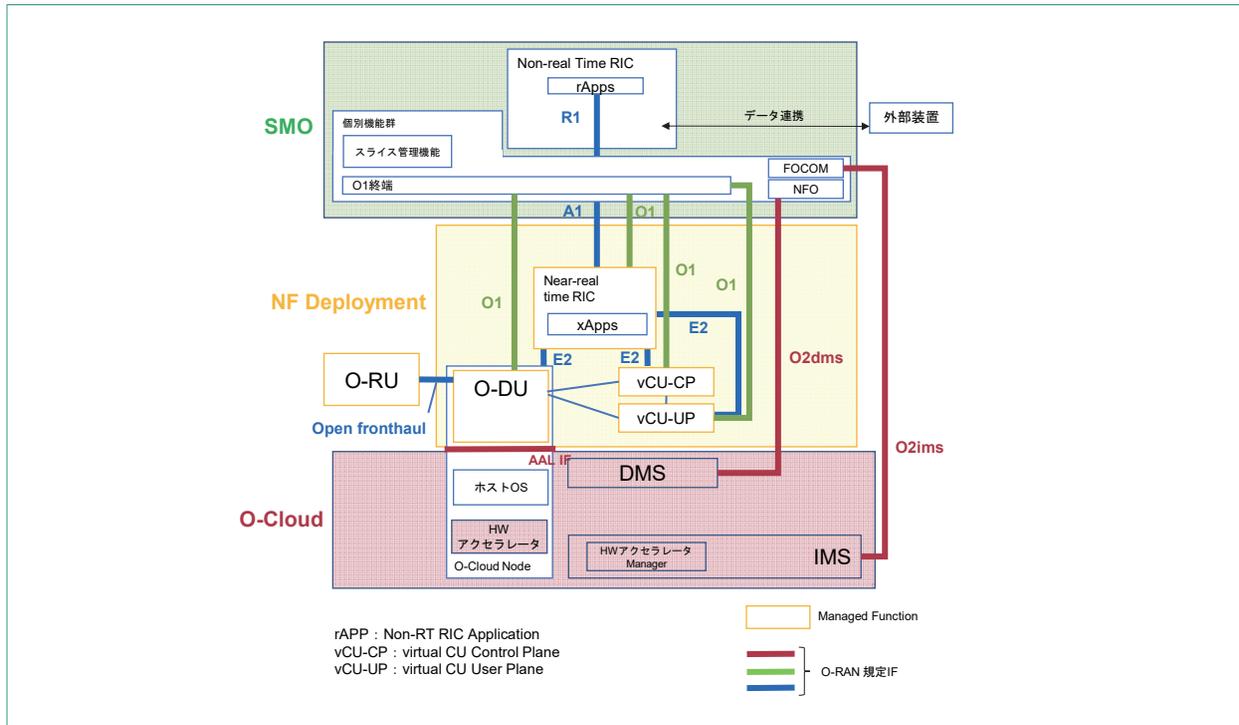


図3 O-RANの全体アーキテクチャ

が標準化でアプローチすべき点を以下にまとめる。
 なお、図に記載される各コンポーネントの詳細については4、5章や本誌過去記事を参考にされたい [4].

- ・ SMO (Service Management and Orchestration) とマルチベンダの vCU-CP/vCU-UP/Near-real time RIC/O-DUの機能を有するvRANアプリケーションのIF (図3 O1)
- ・ SMOとDMS (Deployment Management Services) /IMS (Infrastructure Management Services) の機能を有するマルチベンダ仮想化基盤の収容を可能とするIF (図3 O2dms/O2ims)
- ・ SMOおよび、複数の仮想化基盤による、統一的なオペレーション (インスタンス化*22, スケーリング*23, ヒーリング*24, ターミネーション*25).

- ・ 運用自動化に向けた、SMOで管理するvRANアプリケーションや仮想化基盤の情報モデルの統一化、パッケージの統一化
- ・ vRANを含めたコアネットワーク機能やMECの収容が可能な共通仮想化基盤
- ・ 既存のオペレーションシステムと連携する関連システムへの後方互換性を維持した安定的なIFとシステム間の情報流通方法
- ・ オペレータの既存資産を最大限活用した拡張性の高い機能分担やIF仕様

4. O-RAN WG6標準化最新状況

O-RANでの、仮想化とオーケストレーションについての標準化の議論は、主にWG6 (Cloudification

*22 インスタンス化：仮想マシンを生成することを意味する。物理マシンへの仮想マシンのインストール、仮想ネットワーク設定、仮想マシン起動、その他各種設定の投入を経てSWが起動され、利用できる状態にする一連の動作を指す。

*23 スケーリング：HWや仮想マシンの負荷状況に応じて通信SWとしての処理能力が不足、あるいは余剰になった際に、通信SWを構成する仮想マシンを増減することにより処理能力を最適化すること。

*24 ヒーリング：HW障害や仮想マシン障害が発生した際に、正常なHW上に仮想マシンを移動、または再生成することで通信

SWとして正常な状態に復旧する手続き。

*25 ターミネーション：仮想マシンが終了すること。

& Orchestration WG) にて行われている。

O-RAN WG6の仕様は、全体コンセプトであるGAP (General Aspects and Principles)、システム間を連携するユースケース仕様書、そしてデータモデルやプロトコルを規定するIF仕様書から構成されている。

各仕様の詳細を以下に示す。

①GAP

WG6においてO-Cloudを中心とした機能名の定義や関係性が記述されたもので、O2IFとAAL (Acceleration Abstraction Layer)^{*26}の2種類のGAPが規定されている。

②ユースケース仕様書

O-Cloud/NF (Network Function)^{*27}/xApp (Near-RT RIC Application)^{*28}のProvisioning^{*29}, Fault Management^{*30}, Performance Management^{*31}の代表的なユースケースが規定されている。

③IF仕様書

O2ims, AAL FEC (Forward Error Correction)^{*32}, AAL High-PHY^{*33}のサービスおよびプロトコルが規定されている。また、現在O2dmsのプロトコルも規定中である。

vRANを実現する構成要素には、vRANアプリケーションの仮想リソースを規定するNF Deployment, NF Deploymentに仮想リソースを提供する仮想化基盤であるO-Cloud, そしてNF DeploymentとO-Cloudを管理制御するSMOがある (図3)。O-RAN WG6では主に、SMOとO-Cloudのリファレンスポイント^{*34}であるO2と、NF DeploymentにO-CloudがHWアクセラレータを提供するリファレンスポイントであるAALの仕様策定を進めている。

4.1 SMO

SMOは、NF DeploymentとO-Cloudを制御するためにFOCOM (Federated O-Cloud Orchestration and Management) とNFO (Network Function Orchestration) の論理機能をもつ。FOCOMはO-CloudのInventory管理^{*35}・Alarm管理^{*36}・Performance管理^{*37}を行う。NFOはO-Cloudと連携してNF Deploymentのライフサイクル管理・Alarm管理・Performance管理を行う。

4.2 O-Cloud

O-Cloudは、NF Deploymentに仮想リソースを提供するO-Cloud Node, NF Deploymentを管理するDMS, O-Cloud NodeとDMSを管理するIMS, そしてHWアクセラレータを管理するHWアクセラレータManagerから構成される。O-Cloud NodeはComputeリソース, Networkリソース, Storageリソースから構成され、ComputeリソースにはAALを実現するための機能が含まれる (後述)。DMSはKubernetes^{*38}やOpenStack^{*39}のような仮想化基盤が想定され、SMOとはO2dmsで接続される。IMSは主にO-Cloud NodeのInventory管理・Alarm管理・Performance管理, DMS自体のデプロイメントを担い、SMOにO2ims IFを介して接続される。

4.3 HWアクセラレータ

ETSI-NFVでは、vRANで必要となるHWアクセラレータに関する規定が存在しておらず、O-RANにて議論が進められている。AALには、物理装置としてのHWアクセラレータと、これを利用してvRANのさまざまな処理を実現するAAL Profile, および、AAL ProfileとvRANのIFであるAALI (AAL Interface) が含まれる。AAL ProfileはHWアクセラレータManagerから制御され、HWアクセ

*26 AAL : O-Cloudに搭載されるHWアクセラレータでのHWとSWを分離するレイヤであり、HWアクセラレータの使用形態やIFを規定することにより、異なるベンダ間でのHWアクセラレータとSWとを組合せできることを目的としてO-RANで規定が進められている。

*27 NF : システムを構成する基地局、交換局および中継装置などの個々のネットワーク機能を識別する論理的な単位。

*28 xApp : Near-Real Time RICのプラットフォーム上で動作するアプリケーション。

*29 Provisioning : サービスを提供するために必要となるネット

ワークなどのリソースを稼働させるためのHWおよびSWの各種設定・試験業務を指す。

*30 Fault Management : 管理オブジェクトのアラーム一覧取得、アラーム通知、削除などの故障管理のこと。

*31 Performance Management : 管理オブジェクトの性能測定情報の登録、取得、通知などの測定項目管理のこと。

*32 FEC : 送信側にて冗長な情報を付加し、受信側ではこれを用いて、データの伝送中に生じる誤りを訂正する方式。

*33 High-PHY : 無線の物理レイヤ (Physical layer) の上位側の処理で、DUに実装される機能。

ラレータ ManagerはNF Deploymentを制御するDMSやIMSと連携しながら、O-Cloud上のAAL Profileを管理しNF Deploymentと接続する。

HWアクセラレータにおける無線処理のオフロード実現方法は、大きく分けてLook-aside型とInline型と呼ばれる2つの方法が提案されている。前者は無線レイヤ1の一部、特に暗号化・復号化といった処理負荷が高い部分を、後者は無線レイヤ1すべてをオフロードする形態となっている。いずれの形態であっても、仮想化・オーケストレーションが実現できるように規定が進められている。

今後O-RAN WG6では、O2dmsのIF仕様書、AALのユースケース仕様書、vRANアプリケーションのPackage、そしてオペレータにとっても最

も大切な機能分担と機能定義された仕様書が規定される予定である。

5. 標準化でのドコモの取組み

ドコモは、これまで積極的にETSI-NFVにてコアネットワーク仮想化の標準化を進めてきた。その仮想化の仕様を最大限活用し、かつ、業界におけるネットワーク仮想化の標準仕様と同様の目的のものが複数規定されることを防止するため、上記仕様に対して、**図4**のとおりO-RAN仕様とETSI-NFV仕様を対比しながら検討を進めている。具体的には、O-RAN WG6においてO2dmsのIF仕様の策定を行いつつ、ETSI-NFVにおいては、ETSI GR NFV-IFA 046 [5]

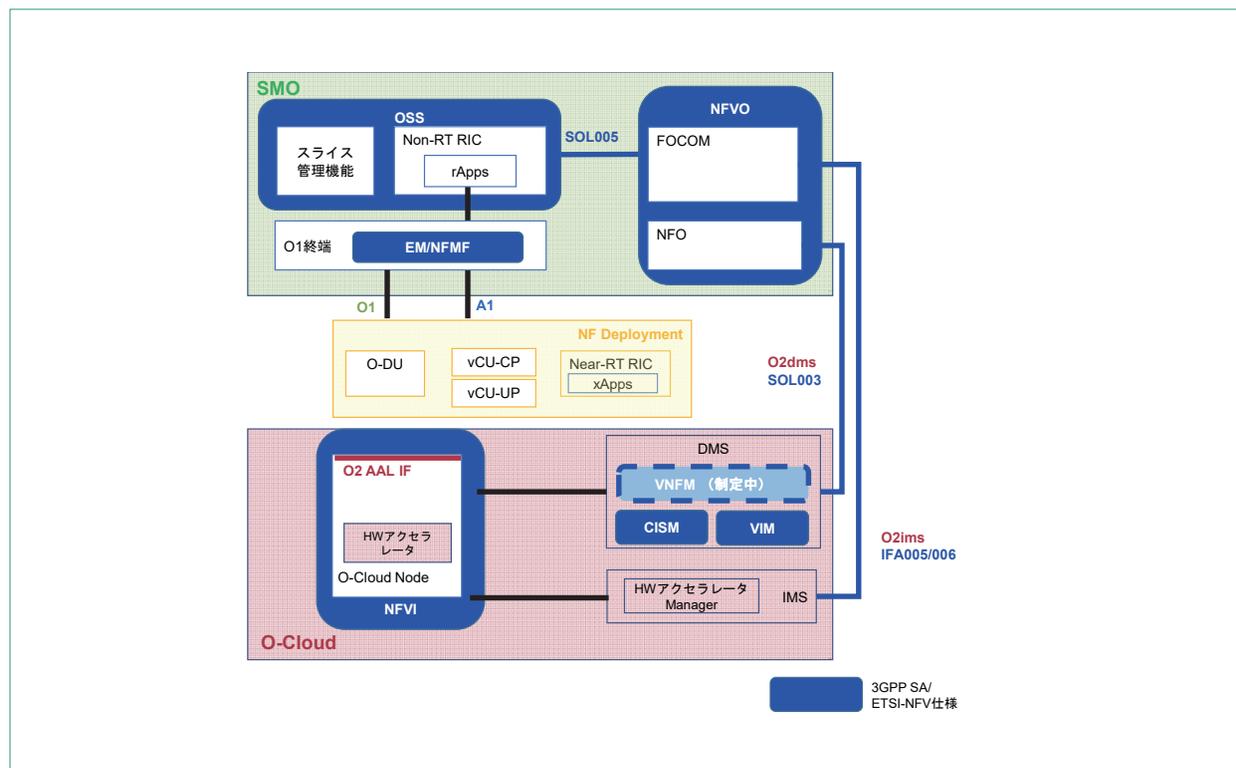


図4 O-RANとETSI-NFV仕様の関係

- *34 リファレンスポイント：標準化においてコンポーネント間のIF仕様などの規定点のこと。
- *35 Inventory管理：物理装置や仮想化されたネットワーク装置などのリソースの状態や使用状況を管理すること。
- *36 Alarm管理：物理装置や仮想化されたネットワーク装置などの障害（Alarm）を管理すること。
- *37 Performance管理：物理装置や仮想化されたネットワーク装置などのトラフィックやCPUやメモリなどのリソースの使用率を管理すること。
- *38 Kubernetes：複数サーバで構成される大規模環境向けのコンテ

- ナ管理を目的としたコンテナオーケストレーションツール。
- *39 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SW。オープンソースSWとして提供されている。

によるO-RAN仕様とNFV仕様のギャップ分析に取り組んでいる。

将来的には、図5のようなRANからコアネットワークまでの統合NFV Platformを目指し、標準化を推進していく。なお基地局の分散的な設置は、基地局とRU (Radio Unit)^{*40}間のフロントホール長の制限などのように、各機能部固有の制約や特徴が必要となり、それら制約や特徴を考慮した最適な提供形態を継続して検討していく。O-RANとETSI NFVの標準化を進めていく上でドコモが重要と考えているポイントを以下に示す。

5.1 SMOにおけるETSI NFVのNFVOのポジショニング

O-RAN仕様上のSMOは、3GPP-SA (Service & Systems Aspects)^{*41}仕様のOSS (Operations Support System)^{*42}とEM (Element Manager)^{*43}/NFMF (Network Function Management Function)^{*44}、ETSI-NFV仕様のNFVO (NFV Orchestrator)^{*45}を含む非常に巨大な機能部となっている (図4)。マルチベンダに対応したSMOの実現に向けては、標準化上のアーキテクチャをより小さな機能群に分割することが必須であると考えている。特にOSS機能部はオペレータごとに既存設備、運用フロー、接続す

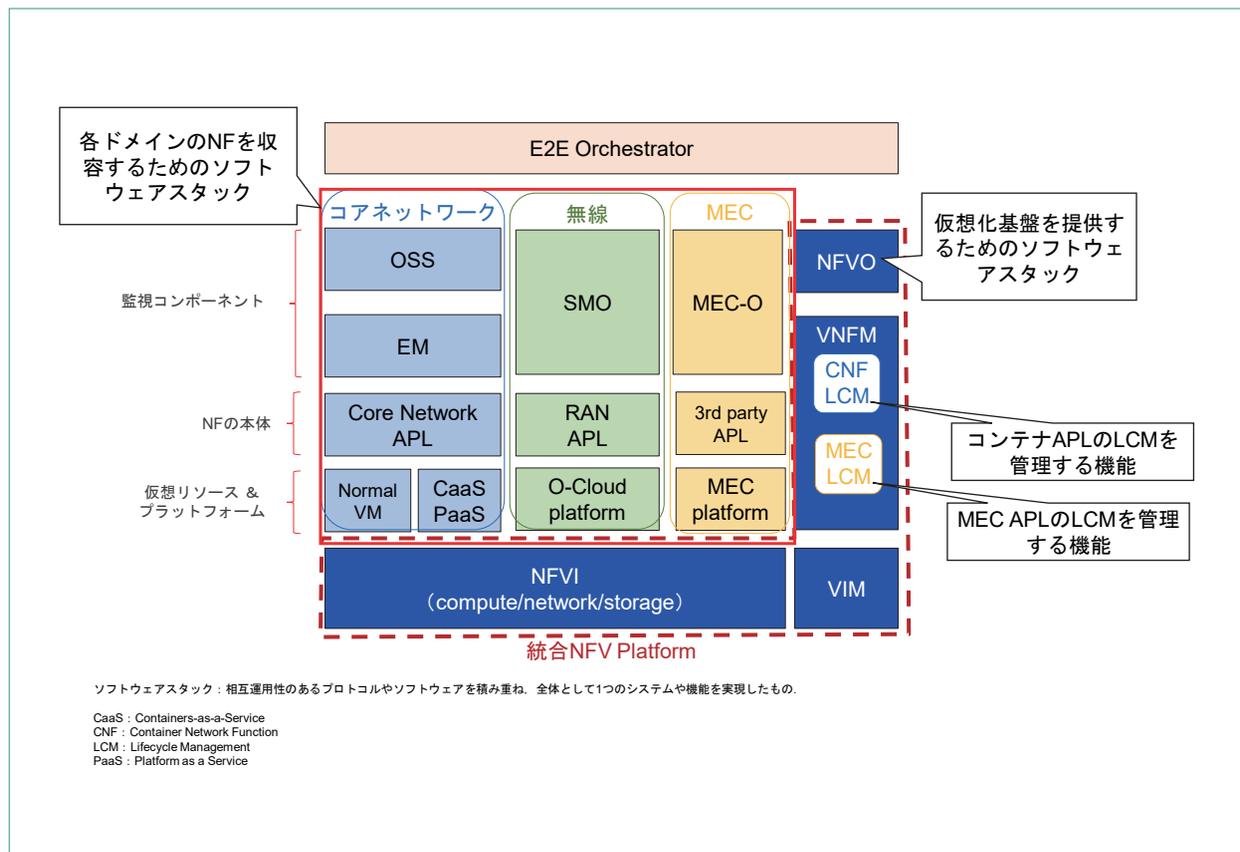


図5 RANからコアネットワークの統合NFV Platform

^{*40} RU: 基地局を構成する装置の1つで、送受信するデジタル信号を無線周波数に変換し、送信電力の増幅やアンテナ素子での送受信などを行う装置。Massive MIMOにおけるビーム生成に必要な処理についても行う。

^{*41} 3GPP-SA: 3GPPにおいて、サービス要求条件、アーキテクチャ、セキュリティ、コーデック、ネットワーク管理に関する仕様化を行っているグループ。

^{*42} OSS: 移動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利用するために、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。

^{*43} EM: 個々のネットワーク装置に対する障害 (Fault)・設定 (Configuration)・課金 (Accounting)・性能 (Performance)・セキュリティ (Security) (通例FCAPSと呼ばれる) の管理・監視を担う機能ブロック。

^{*44} NFMF: 1つ以上のNFに対して、マネジメントサービスを提供する機能部。

^{*45} NFVO: 複数のVIMを跨る仮想リソースの統合的な管理システム。

るOSS機能部外の装置が異なるため、現在議論されているSMOだけではすべてを担うことは難しく、OSS機能部はSMOの装置に含まれなくなる可能性があると考えている。また、O1の終端点は現状3GPP-SA5で定義されているEM/NFMFが想定されているが、これまでのようなNFとEMが1セットでベンダから提供される導入形態よりも、より汎用性のあるEM (Generic EM) の導入によるシンプル化が望まれている。その結果、SMOは仮想化観点ではO1を終端するGeneric EM機能部とO2を終端するNFVO機能部を担う必要があると考えている。

5.2 O-CloudとETSI NFVのCISM/VIMとの関係性

現在O2dmsのIFはO-RANにて規定中であり今後詳細仕様が決定される見込みであるが、DMSと関連が深いETSI-NFVの仕様として、CIS (Container Infrastructure Service)^{*46}とCISM (CIS Manager)^{*47}といったコンテナ基盤、VIM (Virtual Infrastructure Manager)^{*48}とNFVI (Network Functions Virtualisation Infrastructure)^{*49}といったVM (Virtual Machine)^{*50}基盤の2種類の基盤が規定されており、これらがDMSに該当すると考えている (図4)。現在O2dmsは、ETSI-NFV仕様のCISM向けIFであるETSI GS NFV-SOL 018 [6] とVIM向けIFであるETSI GS NFV-SOL 014 [7] と、それらの制御を抽象化したVNFM (Virtual Network Function Manager)^{*51}向けIFであるETSI GS NFV-SOL 003 [8] の利用を検討している。これによって、VNFMがSMOに属するか、O-Cloudに属するかが決まる。IMSはETSI-NFVの仕様に該当する機能部が無いため、ETSI GR NFV-IFA 046 [5] のギャップ分析後にIMSやその関連機能をNFVがサポートできるようにETSI-NFV仕様が拡張されると考えられる。

*46 CIS : ETSI-NFVで規定されたコンテナSWを実行するためのコンテナの実行環境とコンピュータリソースやネットワークリソースをコンテナに提供する基盤であり、KubernetesのWorker Nodeに相当する。

*47 CISM : ETSI-NFVで規定されたCISのリソースや設定を管理するシステム。

*48 VIM : 仮想化基盤の物理コンピュータ、物理ストレージ、物理ネットワークの各リソースを管理するシステム。

*49 NFVI : VMを実行するための物理リソースであり、クラウド基盤を構成する汎用サーバ、ストレージ、NW機器、およびそれ

6. ORECでの取組み

標準化にて規定されない実装依存の要素やオプションとなっている機能も多くあり、商用運用レベルの5Gサービスを提供するvRANを開発するためには、各種プロダクトを組み合わせるために使用するオプションやIFの合わせや検証も併せて進めていく必要があると考えている。そのためドコモは、O-RANおよびETSI-NFVの標準化推進に加えて、ORECにおいて以下の点を重点的に進めている。

(1)vRANソリューション提供に向けた、運用方法やネットワーク設計のガイドライン作成

vRANアプリケーションベンダ、HWアクセラレータベンダ、O-Cloudベンダによるさまざまなプロダクトの組合せにおいても相互接続を担保できるvRANソリューション提供に向け、各種運用方法やネットワーク設計のガイドラインの作成を行っている。また、クラウド環境においてはネットワークや管理ノードの冗長構成は必須だが、基地局サイトでは設置環境により十分な冗長構成がとれない可能性もあり、ネットワーク切断や管理ノードのみダウンするケースも多々ある。これらを踏まえたさまざまなオペレーションなどが必要となるため、その観点でも設計方針の検討を進めている。ドコモが目指す具体的なオープン化の姿を図6に示す。VNFMを中心に、各IFをオープン化することでETSI-NFV仕様を最大限活用し、マルチベンダでのvRANアプリケーションや仮想化基盤の相互接続の実現を目指す取組みを進めている。

(2)ソリューションの検証環境の提供とE2Eでの機能・性能検証

vRANにおいては各種技術を新規に使用するため、機能面・保守面の動作検証が必須となる。また、HWアクセラレータを新規に利用するため性能面で

らを仮想化する仮想化層のソフトウェアの総称。

*50 VM : SWによってコンピュータ内に仮想的に構築されたコンピュータ (仮想マシン)。

*51 VNFM : 仮想化された通信機能や通信システム (VNF) のライフサイクル制御として起動や停止などVNFの制御を担うシステム。

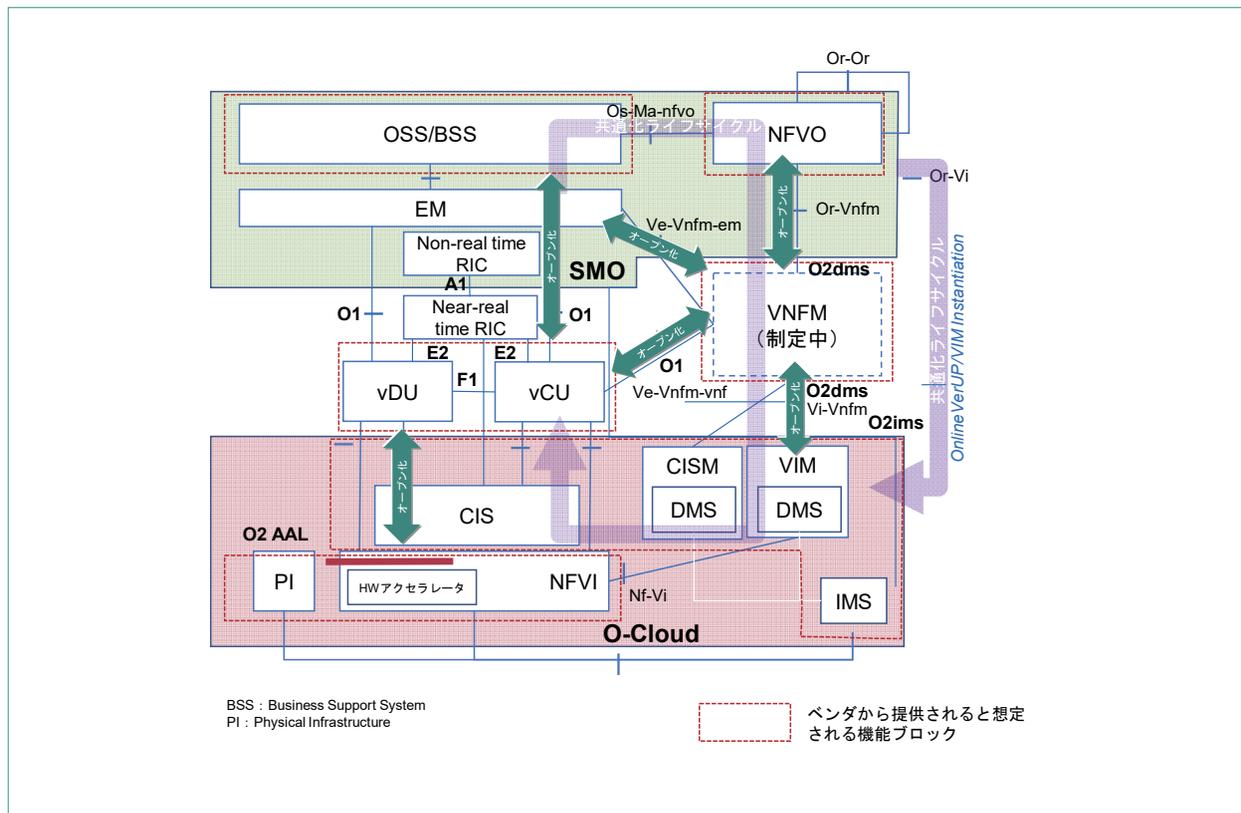


図6 ドコモが目指すオープン化

の検証も必要となる。加えて省スペースな基地局サイトに最適なHWでの検証も必要となる。これらの検証環境を提供し、上位装置から端末までのE2Eでの検証を進めている。

現状、ORECラボでの検証では、vRANアプリケーション、仮想化基盤、汎用サーバ、HWアクセラレータについて数パターンで検証を進めている（図7）。先行して商用化が進められているLook-aside型のHWアクセラレータに加えて、Inline型のHWアクセラレータについても5G SA（Stand Alone）構成での通信の疎通確認も完了しており、今後、本特集冒頭記事に記載する性能目標 [1] を目指しつつ商用品質に到達するように、さらに検証

を加速していく。

7. あとがき

本稿では、まず、ネットワーク仮想化の概要を述べ、RANへ仮想化を導入した場合の効果や、導入にあたっての課題、また課題解決に向けたアプローチについて解説した。そしてO-RANでの標準化最新状況について説明し、ドコモの標準化での取組みを述べ、最後にORECでの取組みについて解説した。

ドコモは、コアネットワークで効果をあげたネットワーク仮想化を、vRAN要件に対応しながら基地局に適応させるために、標準化とORECの2つのア



図7 vRAN検証環境

プローチでvRAN実現に取り組んでいる。現状では、標準仕様もORECも発展途上であり、今後の各種要求に適した最適な組合せを実現できる世界を目指して、パートナーとvRAN開発や、ORECラボでの検証を進めている。また、引き続きオペレータにとって重要な機能を安定的に提供し続けられるように、ユースケースの拡張やIF策定による標準仕様にも貢献していく。

文 献

- [1] 平塚, ほか: “RANオープン化 (Open RAN) に向けた取組み,” 本誌, Vol.30, No.1, pp.6-13, Apr. 2022.
- [2] 田村, ほか: “ネットワーク仮想化基盤におけるETSI NFV stage3仕様に準拠したマルチベンダ対応MANOへの移行,” 本誌, Vol.29, No.4, pp.65-75, Jan. 2022.
- [3] 鎌田, ほか: “ドコモネットワークにおける仮想化基盤システムの実用化,” 本誌, Vol.24, No.1, pp.20-27, Apr. 2016.
- [4] 安部田, ほか: “O-RAN Alliance標準化動向,” 本誌, Vol.27, No.1, pp.36-42, Apr. 2019.
- [5] ETSI GR NFV-IFA 046: “Report on NFV support for virtualization of RAN,” Jul. 2021.
- [6] ETSI GS NFV-SOL 018: “Profiling specification of protocol and data model solutions for OS Container management and orchestration.”
- [7] ETSI GS NFV-SOL 014: “YAML data model specification for descriptor-based virtualised resource management,” May 2021.
- [8] ETSI GS NFV-SOL 003: “RESTful protocols specification for the Or-Vnm Reference Point,” Jul. 2021.