O-RANによるオープン化、マルチベンダー接続

株式会社 NTT ドコモ　無線アクセス開発部 担当課長　ウメシュ・アニール

1. はじめに

O-RAN Alliance（以下、O-RAN）は、2018年2月にAT&T、China Mobile、Deutsche Telekom、NTTドコモ、Orangeのオペレータ5社により、5Gをはじめとする無線アクセスネットワークをより拡張性高く、よりオープンでインテリジェントにすることを目的に設立され、2020年10月の総会、ボード会合をもって実活動開始から丸2年を迎えた。

加盟企業は世界の主要オペレータ27社とベンダーを含む230社以上までに増え、技術検討を行う各WG（ワークグループ）・FG（フォーカスグループ）は40件の仕様をリリースしている。さらに、2020年夏にアジア、欧州、北米の各地域で実施されたO-RAN Alliance Plugfestにおいて、新興や既存ベンダー、各国オペレータを含む55社がO-RANのコンセプトや技術仕様に準拠した実装検証や相互接続試験を行うなど、RAN（Radio Access Network）のオープン化、マルチベンダー化を検討する大きな流れができている。

NTTドコモでは、2019年9月に開始した5Gプレサービスから、世界に先駆けてO-RAN仕様を用いたマルチベンダーRANの商用ネットワークにおける運用を開始しており、その後もその拡張と高度化に取り組んでいる。

従来のようにベンダーごとにRAN全体を提供するのではなく、マルチベンダーでRANを構成できるようになるとより多くのベンダーと製品の特徴を生かし、用途・タイミングに応じて最適な組合せを用いることが可能になり、性能、サービス提供タイミング、コストの面でメリットがある。高度化する要件と多様化するサービスの実現を求められる5G時代のRANにとっては有益な手段となる。

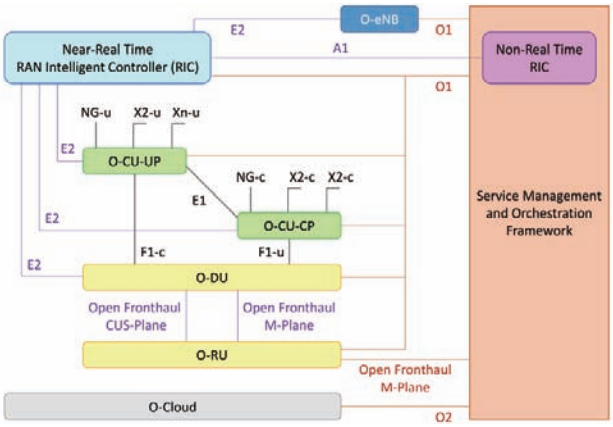
本稿では、O-RANの検討概要、技術仕様及び実装の取組みについて紹介する。

2. O-RANの検討概要

①O-RAN論理アーキテクチャ

O-RANはその技術検討のベースとなる論理アーキテクチャを定義している（図1）。

基地局の無線インタフェースを処理する機能部はO-CU-CP、O-CU-UP、O-DU及びO-RUにマッピングされる。3GPPが



■図1. O-RAN論理アーキテクチャ

規定している5Gの無線インタフェースにおける各プロトコルは、RRCレイヤとPDCPサブレイヤがO-CU-CPに、SDAPとPDCPサブレイヤがO-CU-UPに、RLCとMACサブレイヤ及び物理レイヤの上位処理がO-DUに、物理レイヤの下位処理とRFがO-RUにそれぞれ終端される。O-CU-CP、O-CU-UP及びO-DUの間のインタフェースはE1及びF1が、隣接する基地局のO-CU-CP間及びO-CU-UP間のインタフェースにはX2やXnが用いられる。O-DUとO-RUの間のインタフェースにはオープンフロントホールが用いられる。また、O-CU-CP、O-CU-UP及びO-DUは、O-RANの保守基盤フレームワークであるSMO（Service Management and Orchestration）とO1インタフェースにて接続される。O-RUをSMOに接続する場合、オープンフロントホールまたはO1が用いられる。

O-RANはRANの仮想化も検討しており、仮想化基盤をO-Cloudと定義している。仮想化を適用する場合、O-Cloudがハードウェアと仮想化レイヤを提供し、O-CU-CP、O-CU-CP、O-DUなどはその上で動作するソフトウェア、すなわちVNF（Virtualized Network Function）となる。また、O-CloudはSMOとO2インタフェースにて接続される。

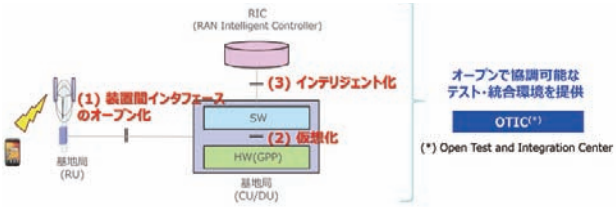
RANのインテリジェント化を担う制御部はRIC（RAN Intelligent Controller）と定義され、SMOに配置されるNon-Real Time RICとRAN側に配置されるNear-Real Time RICを規定している。Non-Real Time RICはデータ分析やAI/MLを活用し、A1インタフェースを介してポリシーベースのガイダンスを提供することで、RANの最適化を秒より

大きい制御周期で提供することをターゲットしており、Near-Real Time RICは、さらにE2インタフェースを介してO-CUやO-DU及びそれらリソースの制御を秒より小さい周期で実現する。

②取組分野、WG/FG構成

O-RANの検討は次の3分野に大別される：①RAN装置間のオープンインタフェース（装置間インタフェースのオープン化）：②RAN装置内のハードウェアとソフトウェアを分離するオープンインタフェース（仮想化）：③RICを活用するためのオープンインタフェース（インテリジェント化）。加えて、異なるベンダーが提供する装置やモジュールを組み合わせて動作させることに対し、PlugfestやOTIC（Open Test and Integration Center）の検討など、テストとインテグレーションにも取り組んでいる。**図2**にそのイメージを示す。

表1にこれら取組みを推進するWG/FGの一覧を示す。



■図2. O-RANの取組分野

■表1. O-RANのWG/FG構成

取組分野	WG/FG		検討スコープ
	WG1	Use Cases and Overall Architecture	全体アーキテクチャ、ユースケース OAM、スライシング、セキュリティ、デモ
インテリジェント化	WG2	Non-real-time RIC and A1 Interface	Non-real-time RIC、A1-IF
	WG3	Near-real-time RIC and E2 Interface	Near-real-time RIC、E2-IF
装置間IFのオープン化	WG4	Open Fronthaul Interfaces	フロントホールインタフェース
	WG5	Open F1/W1/E1/X2/Xn Interface	3GPP RAN-IF (F1、W1、E1、X2、Xn) の相互接続プロファイル
仮想化	WG6	Cloudification and Orchestration	RANのソフトウェアとハードウェアの分離（仮想化） 汎用ハードウェアプラットフォームの参照デザイン
	WG7	White-box Hardware	ホワイトボックスハードウェアの参照デザイン
	WG8	Stack Reference Design	O-CUとO-DUのソフトウェアアーキテクチャ参照デザイン
	OSFG	Open Source	O-RAN Software Community
テスト・統合	TIFG	Test & Integration	O-RAN plugfest、テストとインテグレーション
	WG9	Open X-haul Transport	トランスポート装置 トランスポートNWの物理メディアと制御・保守プロトコル
	SDFG	Standard Development	標準化戦略、他SDOとのインタフェース

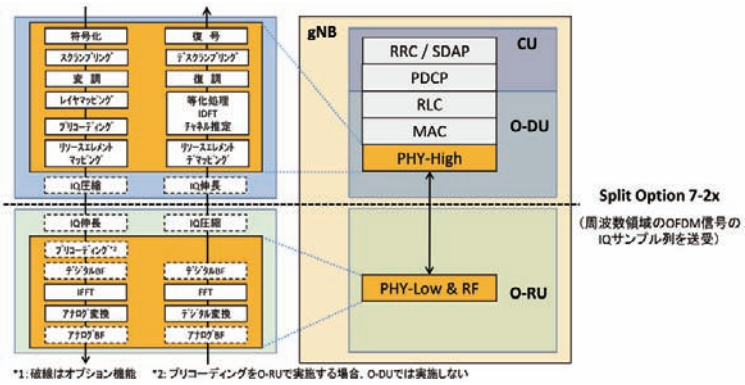
3. 技術仕様

①装置間インタフェースのオープン化

O-RANの取組分野の中では装置間インタフェースのオープン化の検討が最も進んでおり、オープンフロントホール仕様及びCU間のX2/XnインタフェースCUとO-DUの間のF1インタフェースの相互接続用のプロファイル仕様は商用実装できるレベルにある。

2019年3月に初版が公開されたO-DUとO-RUの間のインタフェースを規定したWG4策定のオープンフロントホール仕様は、それまでグローバルにはベンダー独自であったフロントホールインタフェースについて、マルチベンダー相互接続が可能な網羅的かつ詳細な規定を含んでおり、O-RANが注目されるようになった大きな要因である。3GPPでもフロントホールの検討はあったものの、無線インタフェースの低レイヤにベースバンド信号処理部と無線部の機能分担点を置くLLS（Lower Layer Split）オプションの絞り込みが行えず、多くのオペレータが標準仕様を要望したものの、3GPPは規定しないことを決めた。その後、O-RANにおいてLLSとして無線インタフェースの物理レイヤ内に機能分担点を置き、フロントホールで周波数領域のOFDM信号のIQサンプル列を送受信するSplit Option 7-2x（**図3**）について合意し、フロントホールで送受信する各種信号の詳細（ビームの制御情報等を含むC-Plane、圧縮されたIQ信号を送るU-Plane、時刻周波数同期信号を送るS-Plane、O-RUのOAMに必要なメッセージを含むM-Plane）を規定した。そのため、O-RANのオープンフロントホール仕様は3GPPとの重複や矛盾はなく、補完関係にある。

2019年6月に初版が公開されたX2/Xn/F1インタフェースに関するWG5策定のプロファイル仕様についても、マルチベンダー相互接続を可能とする詳細な規定がなされている。X2/Xn/F1のインタフェース仕様自体は3GPPが策定してい



■図3. O-RANフロントホール仕様で採用されたSplit Option 7-2x

るが、想定される運用シナリオやベンダー実装を広くカバーすべく、比較的自由度の高い規定となっている。そのため、ベンダー間で3GPP仕様の解釈が異なることがあり、マルチベンダーでの動作には接続性や性能が低下する課題があった。WG5策定のプロファイル仕様はこの課題を解決すべく、該当インタフェースで送受信する情報要素の詳細定義や、ユースケースに応じたメッセージシーケンスやメッセージ内のオプション情報の設定有無など、マルチベンダー相互接続のための3GPP仕様の共通的な解釈や使い方に関する取決めを3GPP仕様に準拠しつつ補完する形で規定している。

②仮想化とインテリジェント化

仮想化とインテリジェント化の検討も進められており、ユースケースやフレームワークが整理されつつある。詳細仕様も検討中である。

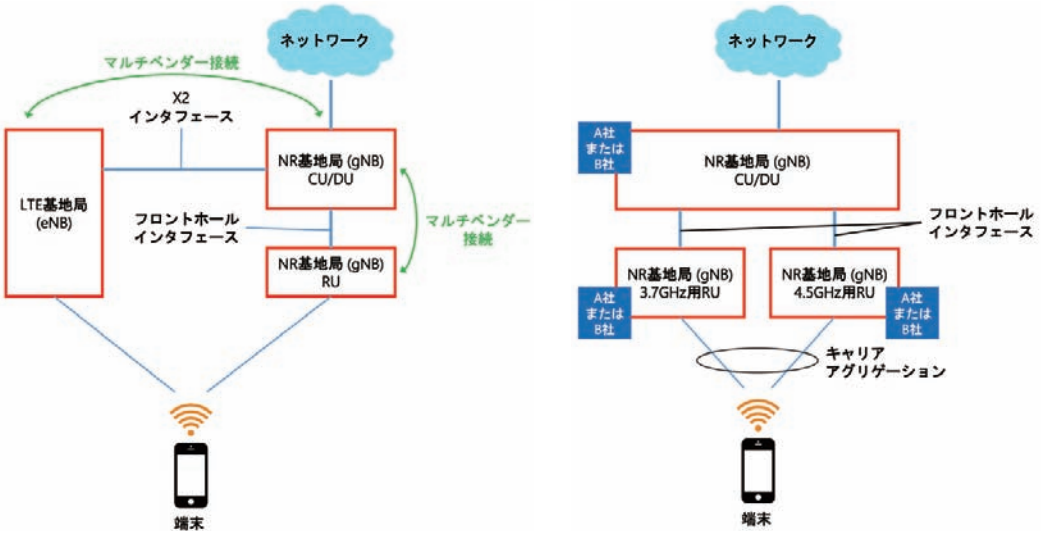
仮想化、すなわちvRANについてはこれまで主にオーケストレーションのユースケースと要求条件、仮想化基盤であるO-Cloudのアーキテクチャと展開シナリオ及び参照デザインが検討され、ドキュメントもリリースされている。汎用ハードウェアと仮想化レイヤからなるO-Cloud上でRANソフトウェアを動作させることを検討されているが、CUはコアネットワーク仮想化の延長で比較的に容易に実現できると想定されている。一方、無線インタフェースの低レイヤを終端し、タイミング要求の厳しいO-DUについては汎用サーバのみでは性能面の課題もあり、FPGAやGPUなどのアクセラレータ（高速化ハードウェア）の併用が必要とされている。今後の技術仕様としては、O-Cloudにアクセラレータを効率的に取り込むためのAPIや、マネジメントオーケストレーションに用いるO-Cloud-SMO間のO2インタフェースの詳細規定が検討されている。なお、RANソフトウェアのオープンソースについても、2019年4月にLinux FoundationにおいてO-RAN Software Communityを立ち上げて検討しており、2019年12月に初版リリースが公開されている。まだ実装可能なものではないが、半年ごとに更新する計画が立てられている。

インテリジェント化についてはこれまで、ユースケースと要求条件、AI/MLモデルのデザインや展開、第三者が提供するアプリ組み込むためのRICアーキテクチャ及びA1とE2インタフェースに関するドキュメントがリリースされている。現在、インテリジェント化に関する各ユースケースに対して、RAN情報の収集、最適化を行うためのRANへのポリシー通知や制御コマンド等の詳細規定の検討がされている。

4. 実装の取組み

①NTTドコモ

NTTドコモでは、2019年9月の5Gプレサービス開始時から商用ネットワークにおいてO-RANのオープンフロントホールとオープンX2の仕様に準拠した装置を用いたマルチベンダー相互接続を実現している（**図4左**）。5Gは現在NSA方式で提供しており、オープンX2により、既設のLTE基地局（eNB）のベンダーに制約されることなくNR基地局（gNB）のCU/DUを接続することができている。また、オープンフロントホールにより、NR基地局のCU/DUとRUにおいてもマルチベンダー相互接続を実現できている。2020年3月に開始した5Gサービスも同じ装置と構成により提供している。



■図4. NTTドコモにおけるO-RAN仕様を用いたマルチベンダー接続
（左：5G NSA提供構成；右：マルチベンダー接続による5Gキャリアアグリゲーション）

さらに、2020年9月には新ベンダーのNR基地局のCU/DU、マクロセル用のNR基地局のRU、FHMなどを、新たにドコモの商用ネットワークで使用しているLTE基地局と既存NR基地局のCU/DU及びRUとのマルチベンダー接続に成功したことを発表した。これらの装置は現在ではすべて商用ネットワーク導入済みである。また、同日に世界で初めて異なるベンダー間のNR基地局のCU/DUとRUを相互接続したマルチベンダーRANによる5G周波数帯のキャリアアグリゲーション（**図4右**）に成功したことも発表した。この構成による下り最大4.2Gbpsのサービスを2020年12月に開始予定である。このように新ベンダーや装置をネットワークに追加しやすく、高度化もしやすいこともオープンインタフェースに対応することのメリットである。

NTTドコモでは5Gサービスを提供するためのネットワークを全てO-RAN準拠のマルチベンダ相互接続が可能な基地局で構築している。

②O-RAN Alliance Plugfest

2020年夏に2回目のO-RAN Alliance Plugfestがアジア、欧州、北米の各地域で開催された。多数のオペレータとベンダーが集まって実装検証や相互接続試験を行うイベントであり、O-RANのコンセプトや仕様に基づくテスト・インテグレーションを推進する目的でO-RAN Allianceがコーディネートしている。初回は2019年12月に日本、中国、アメリカで開催され、2回目はインドとヨーロッパでも開催され、合わせて55社の企業が参加した。**表2**に全体の実施概要を示す。日本ではNTTドコモ、KDDI、ソフトバンクの3オペレータがホストし、オープンフロントホールとオープンX2のマルチベンダー相互接続試験、RICを活用したPoC、vRANのインテグレーション等が実施された。他地域においても、オープンフロントホール関連の検証が多く行われている。地域毎の特徴として、欧州はTIP（Telecom Infra Project）との共同plugfestとして開催し、北米はOSC（O-RAN Software Community）との共同plugfestとしてOSCやONAPで作成したオープンソースの活用含めたOAMやRICインタフェースの検証にフォーカスしている。また、全体的な特徴として、新型コロナウイルスの影響で、各地域での検証活動は複数のラボで分散して行われ、リモート接続も活用された。

5. おわりに

マルチベンダーでRANを構成できるようになると、より多くのベンダーと製品の特徴を生かし、性能、サービス提供タイミング、コストの面でメリットがある。高度化する要件と多様化するサービスの実現を求められる5G時代のRANにとってはこれまで以上に重要となる。それに向け、O-RAN Allianceは装置間インタフェースのオープン化、特にオープンフロントホールやオープンX2等はマルチベンダ接続が可能な詳細仕様をリリースすることで、グローバルに実装や検証活動が行われる流れを引き起こした。NTTドコモでは既に商用ネットワークに導入済みであるが、海外他事業者含めより広く商用導入されるには、マルチベンダ相互接続用のプロファイルの規定やテスト・インテグレーションを継続する必要がある。O-RANの他の取組分野である仮想化とインテリジェント化も重要であり、今後さらにこれらの詳細仕様が出てくることが期待される。

■表2. 2020年夏のO-RAN Alliance Plugfest実施概要

地域		ホスト	実施内容
アジア	日本	NTTドコモ KDDI ソフトバンク	・オープンフロントホールとオープンX2を用いたマルチベンダIOT ・O-DUエミュレータを用いたO-RU製品のオープンフロントホール実装検証 ・RICを用いたE2Eネットワークスライシングの PoC ・コンテナ化されたvRANのインテグレーション 及びオープンフロントホールホールを用いたマルチベンダIOT
	中国	China OTIC	・ARMベースのvRANのインテグレーション 及びオープンフロントホールを用いたマルチベンダIOT
	インド	Bharti Airtel	・オープンフロントホールを用いたマルチベンダIOT ・O-RUエミュレータを用いたO-DU実装のオープンフロントホール動作検証 ・オープンX2を用いたeNB-gNB間のデュアルコネクティビティ制御の検証 ・RICを用いた容量改善、移動制御、ロード分散制御等のPoC
欧州		Deutsche Telekom TIM Telefonica Orange, BT, TIP	※TIPとの共同plugfest ・エミュレータを用いたO-RU/O-DU製品のオープンフロントホール実装検証 ・オープンフロントホールを用いたマルチベンダIOT ・フロントホールのトランスポートオプションの検証
北米		AT&T Verizon	※O-RAN Software Community（OSC）との共同plugfest ・OSCを活用したA1インタフェースのデモ、Information Modelの検討 ・ONAPを活用したO1インタフェースの検討 ・O1インタフェース/オープンフロントホールとSMOを用いたOAM関連のデモ ・Non-real-time RICによるKPI最適化のデモ ・Near-real-time RICにおける3rd partyアプリのインテグレーション