

Standardization

RAN

オープン化

O-RAN

無線アクセスネットワークのオープン化・インテリジェント化に向けた標準化動向

O-RAN Alliance標準化動向

無線アクセス開発部 あべ た さだゆき 安部田 貞行 かわはら としろう 河原 敏朗

ウメシュ アニール

まつかわ りゅうすけ 松川 隆介

O-RAN Allianceは、5G時代における無線アクセスネットワークのオープン化とインテリジェント化の推進を目的に、2018年2月、ドコモと海外の主要オペレータにより設立された。今日では多くのオペレータとベンダが加盟している。本稿では、O-RAN Allianceの設立経緯、および、そのビジョンと参照アーキテクチャさらに各ワークグループの取組みについて解説する。

1. まえがき

ソーシャルネットワークサービス、ビデオストリーミング、オンラインゲームなどのモバイルサービスの利用拡大に伴い、移動通信におけるデータトラフィック量も増え続けており、今後も増加の一途をたどることが想定される。一方、あらゆるモノがインターネットにつながるIoT (Internet of Things) を実現し、他の産業との連携による新たな産業の創出や、社会的課題の解決への貢献をしていくことへの期待も高まっている。これらの実現のためには、

モバイルネットワークの高速化、大容量化の観点だけでなく、低消費電力、カバレッジ、低価格化、低遅延、信頼性などの観点も重要であり、多数のデバイスが同時に接続する通信も求められる。

移動通信の国際標準化団体である3GPP (3rd Generation Partnership Project) で策定された5G [1] は上記要求条件に応えるものであり、早期の商用化が期待されている。

ドコモでも、5Gについて2019年9月にプレサービス実施、2020年春に商用サービス開始を予定している。しかしながら従来の携帯電話、スマートフォンに向

けたサービスに加え、産業をまたいだコラボレーションによる新産業の創出や、新たな付加価値を加えたサービスを実現するには、さまざまな装置やモジュールを組合せて活用できるオープンな無線アクセスネットワーク（RAN：Radio Access Network）^{*1}の構築を必要とする。さらに、さまざまなサービスを効率的に提供するためにはネットワークのインテリジェント化が重要である。そこで、他のオペレータと連携し、RANのオープン化、インテリジェント化を目的とした団体であるO-RAN（Open RAN）Allianceを2018年2月に設立した。

本稿では、O-RAN Allianceの設立経緯について述べ、次にそのビジョンと参照アーキテクチャ、さらには技術検討を行う各ワークグループの取組みについて解説する。

2. O-RAN Allianceの設立経緯

O-RAN Allianceは、2018年2月にAT&T、China Mobile、Deutsche Telekom、ドコモ、Orangeのオペレータ5社により、主に米国系のxRAN Forum^{*2}

と主に中国系のC-RAN Alliance^{*3}の統合を見据えて設立された（図1）。xRAN Forumは、米国系企業を中心の団体であったが、ドコモや日韓欧企業も加入しており、一方のC-RAN Alliance同様にRANにおける相互接続可能なオープンインタフェース、ビッグデータを活用したインテリジェントな制御、仮想化などに関心をもっていた。したがって、両団体が統合することにより、多くのメリットが見込まれた。

その後、6月に初のボード会合を、9月には初のワークグループ会合の開催を経て、2019年3月現在では19社のOperatorメンバーと、ビッグベンダやベンチャーも含めた55社のContributorメンバーが加盟しており（図2）、活動が本格化している。

3. O-RAN Allianceのビジョンと参照アーキテクチャ

モバイルトラフィックの増加に伴い、モバイルネットワークとそれを構成する装置に関しては、ソフトウェアによる機能の実現、仮想化、柔軟性、

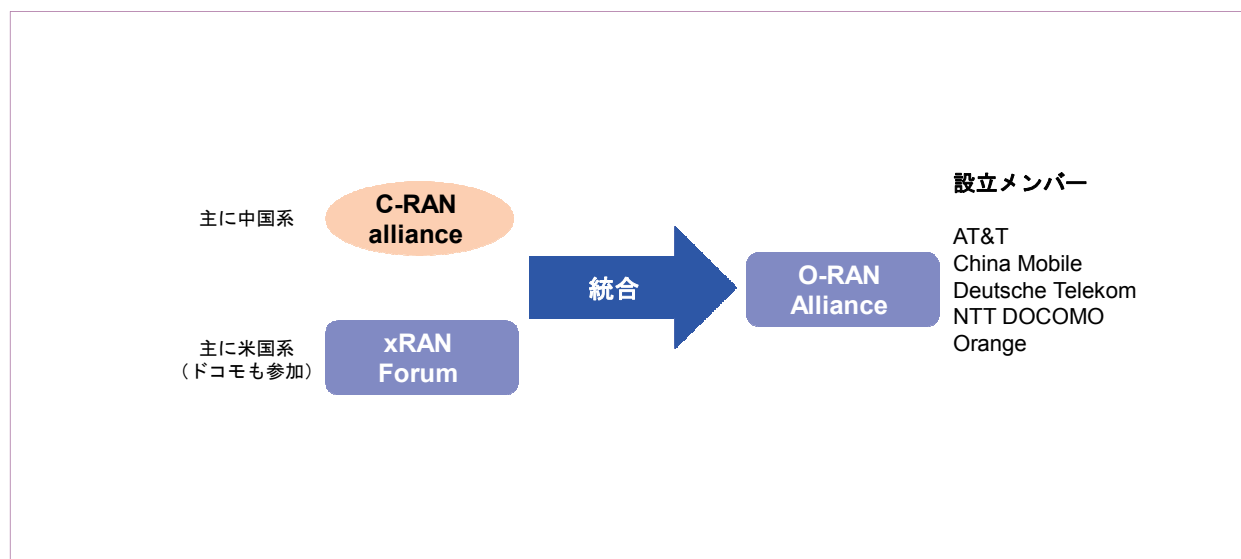


図1 O-RAN Allianceの設立

^{*1} 無線アクセスネットワーク（RAN）：コアネットワーク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。

^{*2} xRAN Forum：拡張性の高い無線アクセスネットワークの推進を目的に活動していた業界団体。現在ではO-RAN Allianceに統合されている。

^{*3} C-RAN Alliance：C-RANの推進を目的に活動していた業界団体。現在ではO-RAN Allianceに統合されている。

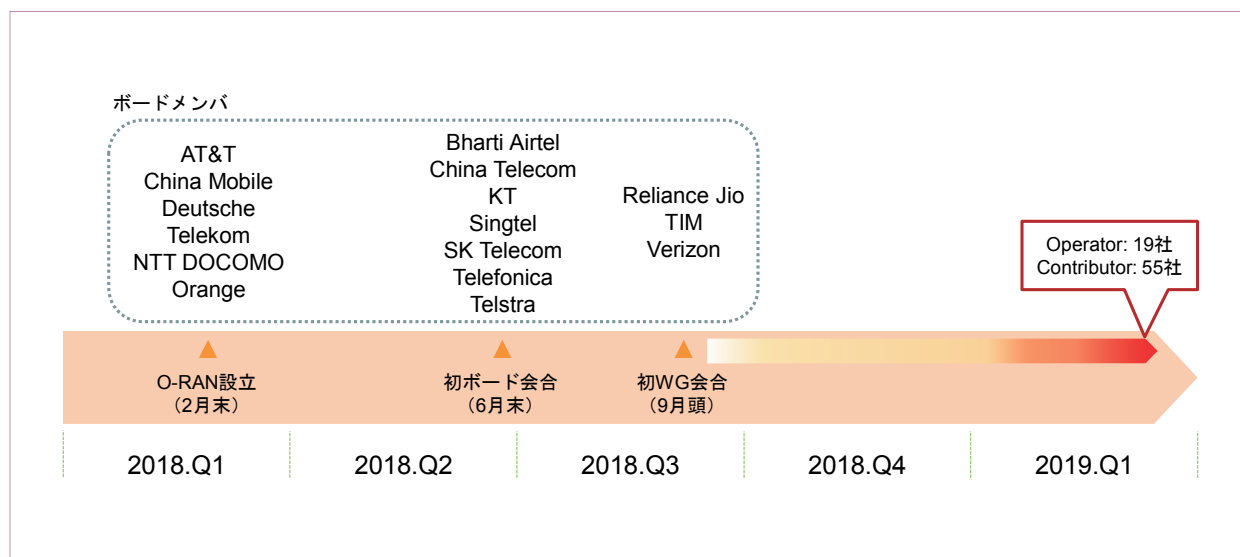


図2 O-RAN Allianceの設立後の状況

インテリジェント、省エネルギーなどの要素がより強く求められてきており、O-RAN AllianceはRANをよりオープンでスマートなものに進化させることでこれらを実現しようと考えている。具体的には、オープンで標準化されたインタフェースを用いた仮想化ネットワークの構成要素からなる、O-RAN Allianceのリファレンスデザインを規定する。また、この構成要素では、リアルタイムな情報収集と機械学習^{*4}やAI技術を活用することで、ネットワークをよりインテリジェントなものとする。以下、O-RAN Allianceのビジョンと参照アーキテクチャについて解説する。

3.1 ビジョン

(1) オープン

O-RAN Allianceでは、よりコスト効率的で柔軟な機能拡張を実現するためにはさまざまな装置やモジュールを組み合わせて活用できるオープンなRANの構築が必要と捉えている。オープンなインタフェースを規定することで、構成要素単位での機能拡張による独自サービスの短時間での構築や、特

定の要求条件を満たすカスタマイズが可能となり、また複数ベンダの装置を用いたネットワークが実現でき、より活気のあるエコシステム^{*5}の構築をめざせる。同様に、オープンソースソフトウェアやハードウェアのリファレンスデザインもイノベーションの活性化、高速化に有効と考えている。

(2) インテリジェント

O-RAN Allianceでは、5G時代のネットワークは多種多様なアプリケーションへの対応が求められ、複雑化が進むと想定しており、オペレーションやネットワークの最適化を従来のように人手で対応することが困難になることが予想される。その解決策としては学習機能を利用したより自律的かつ自動化された対応が必須であり、それを実現するために、O-RAN Allianceでは、進化を遂げてきている深層学習^{*6}の活用などにより、RANのインテリジェント化、ネットワーク全体での最適化の実現をめざす。また、O-RANのオープンなインタフェースと組み合わせたAIで最適化された自動化は、ネットワークオペレーションの新しい時代を切り開くことができると期待している。

^{*4} 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。

^{*5} 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。

^{*6} 深層学習：多層構造のニューラルネットワークを用いた機械学習。

3.2 参照アーキテクチャ

O-RAN Allianceは活動を開始するにあたり、今後の活動のベースとなる参照アーキテクチャを作成した。O-RAN Allianceの参照アーキテクチャを図3に示す。以下、本アーキテクチャの構成要素について概説する。

(1) RIC (RAN Intelligent Controller)^{*7}

non-Real Time (ノンリアルタイムRIC)

O-RAN AllianceではRANのインテリジェント化を担う制御部をRICと定義し、それをノンリアルタイム(>1s)なものと同リアルタイム(<1s)のものに分けている。ノンリアルタイムRICはポリシー

管理、RANの分析とAIベースの機能管理を行う。

インタフェースとしては、ノンリアルタイムRICを含むオーケストレーションや自動化をつかさどるネットワーク保守基盤と、リアルタイムRICを含むeNB (evolved NodeB)^{*8}/gNB^{*9}との間のインタフェースとしてA1インタフェースを定義する。

(2) RIC near-Real Time (リアルタイムRIC)

リアルタイムRICはRRM (Radio Resource Management)^{*10}機能のインテリジェント化を提供するレイヤであり、UE (User Equipment) ごとのロードバランシング^{*11}、RB (Resource Block)^{*12}マネージメントなど旧来のRRM機能の提供に加え、

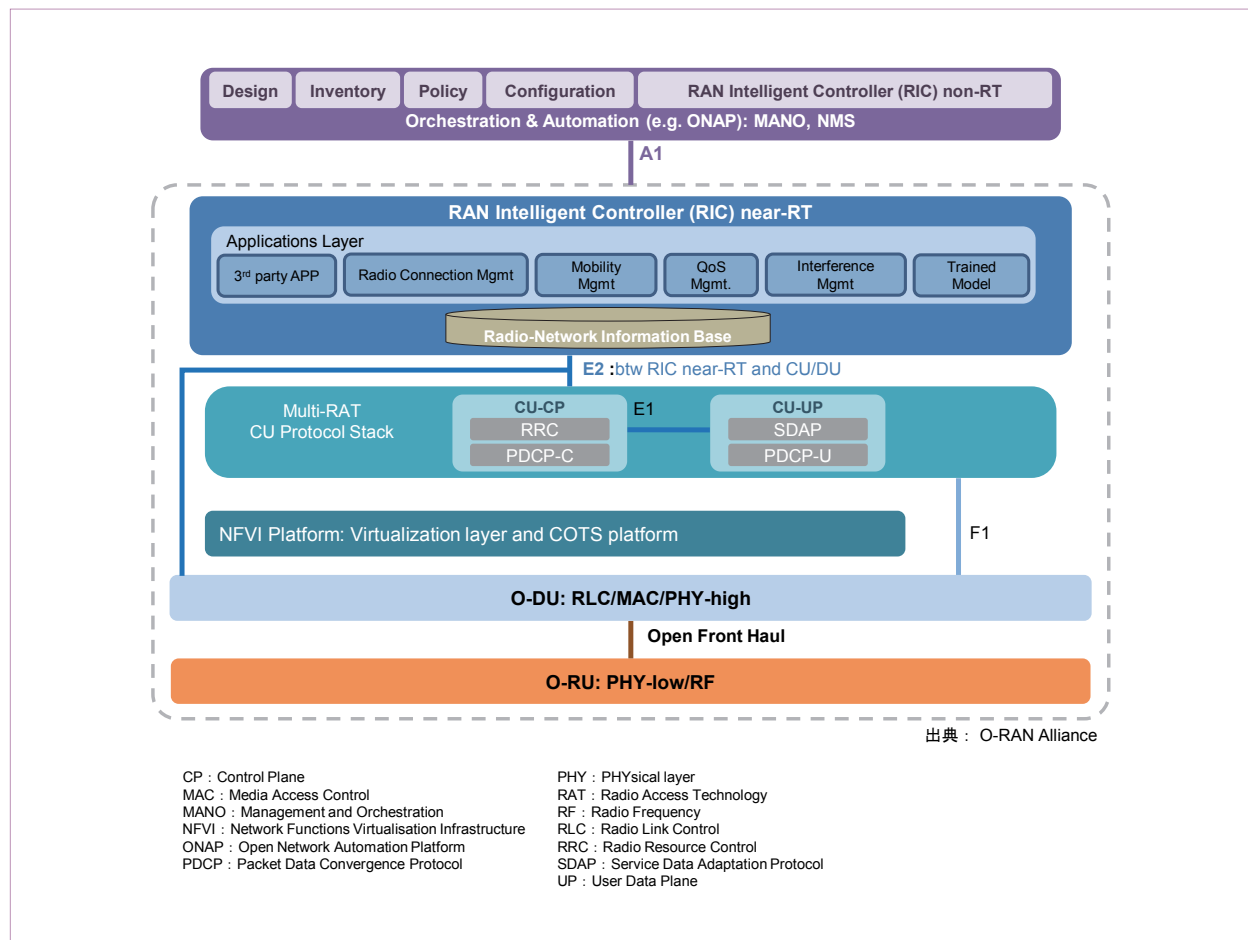


図3 O-RAN Allianceの参照アーキテクチャ

^{*7} RIC : RANのインテリジェント化を担う制御部。

^{*8} eNB : LTE無線を提供する無線基地局。

^{*9} gNB : NR無線を提供する無線基地局。

^{*10} RRM : 有限である無線リソースの適切な管理や、端末・基地局間のスムーズな接続を実現するために実施する制御の総称。

^{*11} ロードバランシング : 周波数間、あるいはセル間での負荷(ロード)の分散

^{*12} RB : 無線リソースを割り当てるスケジューリングを行う際の周波数の割当て単位。

QoS (Quality of Service)^{*13}管理やシームレスハンドオーバー^{*14}制御などの新機能の提供も想定している。インタフェースとしては、上記ノンリアルタイムRICとの間のA1インタフェースに加え、リアルタイムRICとCU (Central Unit)^{*15}/O-DU (O-RAN Distributed Unit)^{*16}とのインタフェースであるE2インタフェースを規定する。

(3)Multi-RAT CU protocol stack

4Gおよび5Gの複数無線アクセスを含む各種プロトコル階層をサポートする機能レイヤである。仮想化に対応し、ノンリアルタイムRICからのコマンドを実行する機能からなる。インタフェースとしては、3GPPで規定されたF1/W1/E1/X2/Xnインタフェースをサポートする。

(4)O-DU and O-RU (O-RAN Radio Unit)^{*17}

O-DUおよびO-RU機能はリアルタイムのL2 (Layer 2)^{*18}機能、ベースバンド信号^{*19}処理、および無線信号処理を行う機能群である。O-DUとO-RU間のインタフェースとしてオープンなフロントホール^{*20}インタフェースを新たに規定する。

4. O-RAN Allianceの各ワークグループの取組み

O-RAN Allianceではそのビジョン達成に向けた技術的な検討を、分野に応じた8つのWG (WorkGroup) において実施しており、それらをTSC (Technical Steering Committee) が全体統括している (表1)。8つのWGは、大きく分けると、ユースケースや

表1 O-RAN Allianceの技術検討グループ

技術検討グループ		フォーカス分野
TSC		全体統括
WG1	Use Cases and Overall Architecture	ユースケース、および、全体アーキテクチャ
WG2	Non-real-time RIC and A1 Interface	オーケストレーションや自動化をサポートするMANOやNMSなどの保守プラットフォームよりRANにおける無線上位レイヤ手順やRANポリシーなどの最適化をサポートするリアルタイムRANインテリジェント制御部 (non-RT RIC : non-Real-Time RAN Intelligent Controller)、および、Non-RT RIC - RAN間のA1インタフェース
WG3	Near-real-time RIC and E2 Interface	ビッグデータやマシンラーニングを駆使した無線接続管理、移動管理、QoS管理、干渉管理などの最適化をサポートするリアルタイムRANインテリジェント制御部 (near-RT RIC : near-Real-Time RAN Intelligent Controller)、および、near-RT RIC - 各RANコンポーネント間のE2インタフェース
WG4 [*]	Open Fronthaul Interface	異なるベンダ間のベースバンド処理部と無線部の相互接続を実現するオープンなフロントホールインタフェース
WG5 [*]	Open F1/W1/E1/X2/Xn Interface	3GPPにおいて規定されているNW装置間のインタフェース (F1, W1, E1, X2, Xn) を対象した、異なるベンダ間の相互接続を実現するインタフェースのオープン化
WG6	Cloudification and Orchestration	RANのソフトウェアとハードウェアプラットフォームの分離 (仮想化)、および、汎用ハードウェアプラットフォームの活用を可能とする参照デザイン
WG7	White-box Hardware	汎用コンポーネントの組合せによるハードウェアプラットフォーム、および、それを可能とする参照デザイン
WG8	Open Source	RANソフトウェアのオープンソースによる提供

※ドコモが共同議長

^{*13} QoS：サービスごとに設定されるネットワーク上の品質。使用帯域の制御により遅延量や廃棄率などの制御が行われる。

^{*14} ハンドオーバー：通信中の端末が移動に伴いセルをまたがる際、通信を継続させながら基地局を切り替える技術。

^{*15} CU：無線基地局のノンリアルタイムのL2機能、RRC機能などを実装する集約ノード。

^{*16} O-DU：無線基地局のリアルタイムなL2制御などを行う機能部。

^{*17} O-RU：O-RANにて規定されている、無線基地局の無線部。

^{*18} L2：OSI参照モデルの第2層（データリンク層）。

^{*19} ベースバンド信号：無線周波数に変換する前のデジタル信号。

^{*20} フロントホール：基地局装置のベースバンド処理部と無線装置間の回線であり、光ファイバなどが用いられる。

全体アーキテクチャを検討するWG1, RANの無線リソース制御^{*21}最適化・自動化（インテリジェント化）を目的としたWG2とWG3, 異なるベンダ間のRAN装置の相互接続（インタフェースのオープン化）を目的としたWG4とWG5, RANのソフトウェアとハードウェアプラットフォームの汎用化（仮想化・モジュール化）を目的としたWG6, WG7とWG8となっている。

各WGの議長は、それぞれオペレータ2社とベンダ1-2社から選出される3-4名の共同議長の形態をとっているが、ドコモはインタフェースのオープン化を目的としているWG4とWG5の共同議長を務めている。以下、WG4とWG5の活動について紹介する。

(1)WG4 (Open Fronthaul Interface WG)

ベースバンド処理部を集約ノードに配置し、そこからフロントホールインタフェースを介して無線部^{*22}が配置される複数の分散ノードを張り出すC-RAN構成は、性能面やコスト面のメリットがあり、LTE時代から各国のネットワークで導入され、ドコモも同様にLTEネットワークにて採用している [2]。一方、LTEの商用C-RANで広く用いられているCPRI (Common Public Radio Interface)^{*23}仕様では、フロントホールインタフェースに関する標準規定が不十分で各ベンダが独自規定している領域が多くあることから、世界的にはベースバンド処理部と無線部は同一ベンダでしか接続できていなかった [3]。

WG4ではこの課題を解決すべく、相互接続を可能とするO-RANフロントホール仕様（詳細は文献 [4] を参照）をすでに公開しており、そのインタフェースを用いたマルチベンダの相互接続を推進している。実際には、O-RANに統合される前のxRAN Forumで作成・公開したxRANフロントホール仕様をO-RANフロントホール仕様として引き継いでいる。ドコモは、LTEネットワークにおいてパートナーベンダと協力して、独自にフロントホールを介した

マルチベンダでの相互接続を実現してきた経験を基に、このフロントホール仕様の策定に大きく寄与している。

(2)WG5 (Open 3GPP Interface WG)

WG5では、3GPPにて規定されているNW装置インタフェース（基地局内の装置インタフェースであるF1やE1（図3参照）や、eNBとgNB間のインタフェースであるX2, gNB間のインタフェースであるXnなど）を対象に、マルチベンダでの相互接続の実現とパフォーマンスの向上を目的として活動を進めている。これらのインタフェースは、考え得る運用シナリオや装置実装を可能な限りカバーすべく比較的自由度の高い設計となっている。これにより、オペレータやベンダは独自の運用／実装を実現することができる一方で、マルチベンダオペレーションを実施しようとした場合の接続性やパフォーマンスの低下（例えば、データの瞬断や、ユーザスループットの低下など）が課題となっていた。

マルチベンダオペレーションにおける課題例を図4に示す。図4(a)は、3GPPインタフェースのあるパラメータ（X）を、ベンダAの装置、ベンダBの装置がそれぞれ異なる解釈で実装していた場合の例を示している。この場合、両装置の動作が異なるため、接続性やパフォーマンスの低下につながる問題の発生が懸念される。一方で図4(b)は、ベンダA、ベンダBがパラメータXを同じ解釈で実装していた場合の例を示している。この場合、本パラメータに関する両装置の動作は一致するため、マルチベンダにおいても接続性やパフォーマンスを担保することが可能となる。

このようにWG5では、3GPPで規定されているパラメータの解釈や装置へ期待する動作などを明確化することにより、あらゆるベンダ装置の組合せによるマルチベンダオペレーションの実現をめざしている。

^{*21} 無線リソース制御：有限である無線リソースの適切な管理や、端末・基地局間のスムーズな接続を実現するために実施する制御の総称。

^{*22} 無線部：フロントホールを介してベースバンド処理部と接続される無線装置。

^{*23} CPRI：無線基地局の内部インタフェース仕様。産業団体でもあるCPRIによって規定されている。

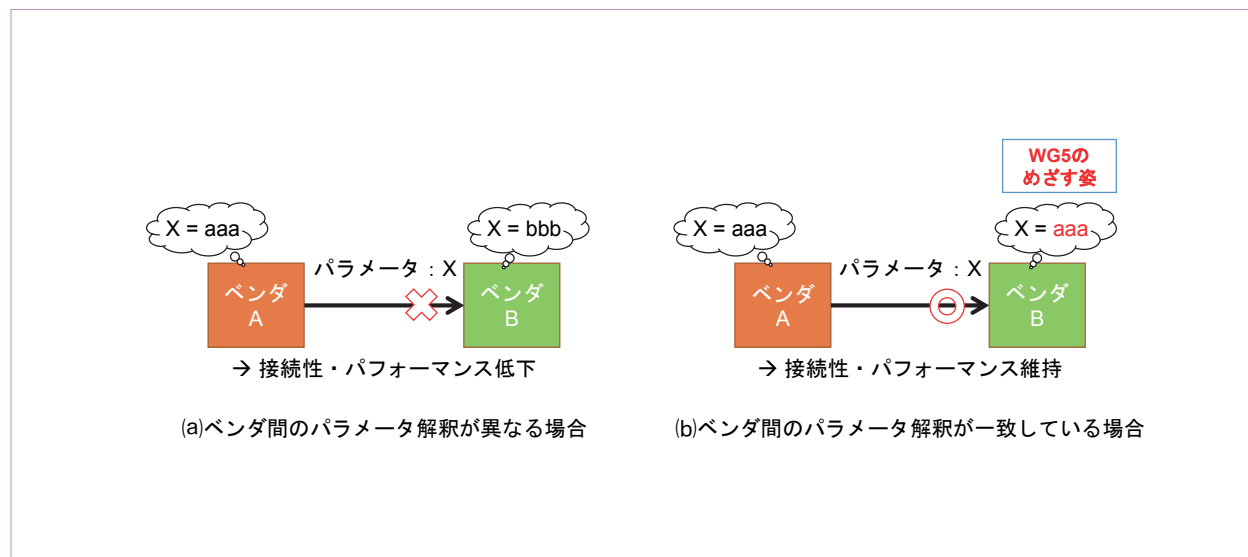


図4 マルチベンダオペレーションにおける課題

5. あとがき

本稿では、O-RAN Allianceの設立経緯、ビジョンと参照アーキテクチャ、さらに各ワークグループの取組みについて解説した。O-RAN Allianceに対する注目と期待は高く、現段階で多くのグローバルなオペレータとベンダが加盟している。そのビジョンである、「RANにおけるオープンとインテリジェントの実現」は、5G時代における無線アクセスネットワークの発展とエコシステムの拡大に寄与するものであり、それに向けてドコモは今後も継続してO-RANにおける活動を推進していく。

文 献

- [1] 永田, ほか: “3GPP Release 15標準化技術概要,” 本誌, Vol.26, No.3, pp.37-46, Nov. 2018.
- [2] 安部田, ほか: “さらなるLTEの進化, スマートライフをサポートするLTE-Advancedの開発,” 本誌, Vol.23, No.2, pp.6-10, Jul. 2015.
- [3] ウメシユ, ほか: “5G無線アクセスネットワーク標準化動向,” 本誌, Vol.25, No.3, pp.33-43, Oct. 2017.
- [4] ウメシユ, ほか: “O-RANフロントホール仕様概要,” 本誌, Vol.27, No.1, pp.43-55, Apr. 2019.