Standardization

RAN　フロントホール　オープン化

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フロントホール仕様概要

無線アクセス開発部　ウメシュ アニール　矢島（やじま） 辰朗（たつろう）
内野（うちの） 徹（とおる）　奥山（おくやま） 卓（すぐる）

次世代の無線アクセスネットワークにおけるフロントホールインタフェースの標準仕様が2018年4月にxRAN Forumよりリリースされた．そして，2019年3月，xRAN ForumのO-RAN Allianceへの統合に伴い，O-RANフロントホール仕様として引き継がれた．本稿では，異なるベンダ間の相互接続を可能とする，初の標準として期待されるO-RANフロントホール仕様について解説する．

1. まえがき

各国オペレータの商用LTE網ですでに採用されている無線アクセスネットワーク（RAN：Radio Access Network）*1のアーキテクチャとして，集約設置した基地局装置のベースバンド処理部から複数の無線部を張り出し，その間はフロントホール*2を介して接続するC-RAN（Centralised RAN）*3がある（**図1**）．C-RANには，制御部の集約により可能となるセル間や周波数間の連携などによる性能面，および装置設置の集約により可能となるリソースプーリング，設置スペース削減などによるコスト面でのメリットがある［1］．

一方，従来C-RANで用いられてきたCPRI（Common Public Radio Interface）*4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．そのため，異なるベンダのベースバンド処理部と無線部の

©2019 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます．

＊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　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．
＊3　C-RAN：基地局装置を制御するベースバンド処理部を集約し，そこから光ファイバで接続された無線部を制御する構成を用いる無線アクセスネットワーク．
＊4　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．

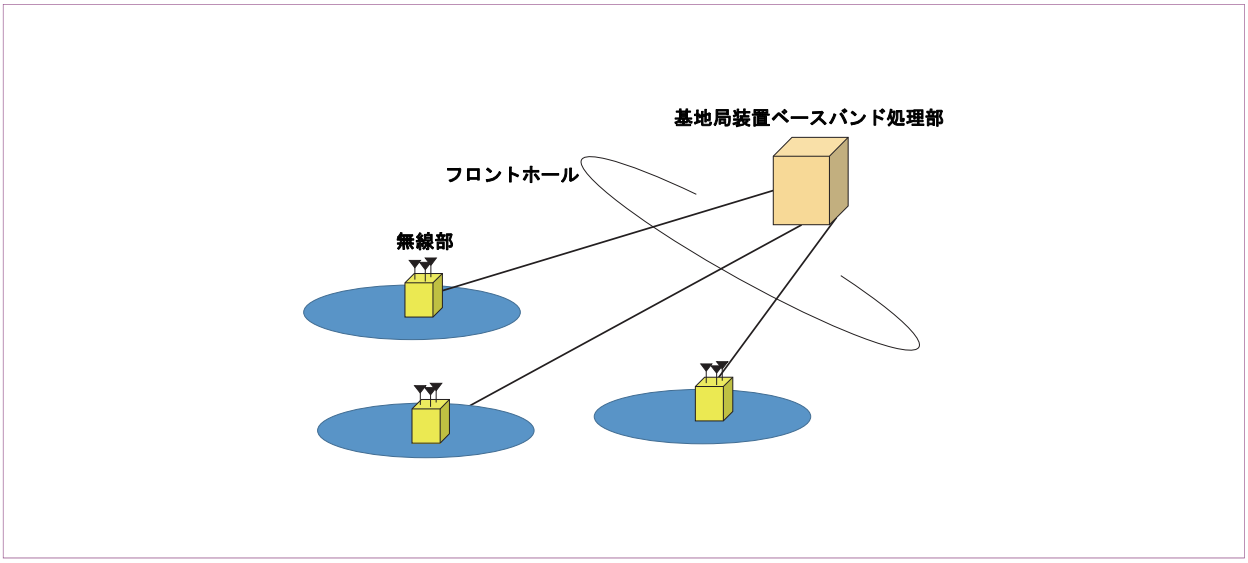

図1　C-RAN構成

相互接続（以下，マルチベンダRAN）の実現が困難である．加えて，5G時代における，周波数帯域幅の増大やMassive MIMO（Massive Multiple Input Multiple Output）*5によるアンテナ数の増大によって，フロントホールの所要帯域が大きくなりすぎる点が課題であると多方面から指摘されていた［2］．

O-RAN（Open RAN）フロントホール仕様はこのような背景を受けて策定されたものであり，5G時代のマルチベンダRANの実現を推進するものとして期待される．

また，O-RANフロントホール仕様では，所要帯域の課題をかんがみ，従来ベースバンド処理部にあったレイヤ1*6機能の一部を無線部に配置する新たな機能分担の規定としてSplit Option 7-2xが採用されている．また，eCPRI*7のフレームワークに準拠しつつ，eCPRI仕様では規定されていないマルチベンダRANの実現に必要な信号フォーマットと装置動作の詳細を規定したC/U/S-Plane（Control, User and Synchronization Plane）*8仕様と，M-Plane（Management Plane）*9仕様が策定されている．RAT（Radio Access Technology）*10としてはNRとLTEの両方がサポートされている．本稿では，Split Option 7-2xについて紹介した後に，C/U/S-Plane仕様とM-Plane仕様で規定された内容ついて解説する．

2. Split Option 7-2x

Split Option 7-2xは，O-RANフロントホール仕様で採用された，O-DU（O-RAN Distributed Unit）とO-RU（O-RAN Radio Unit）の機能分担に関する規定である．その概要を**図2**に示す．

下りリンク（DL：Down Link）の処理フローでは，MAC（Medium Access Control）レイヤ*11から受信するユーザビット列に対して符号化やスクランブリング*12が実施され，変調，レイヤマッピングを実施した後，プリコーディング*13処理とリソースエレメントマッピング*14が実施されて周波数領

*5　Massive MIMO：超多素子のアンテナを利用する大規模MIMOのこと．高い周波数帯ではアンテナ素子サイズを小さくすることができるため，5Gでの実用化が期待されている．
*6　レイヤ1：OSI参照モデルの第1層（物理層）．
*7　eCPRI：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．
*8　C/U/S-Plane：C-Planeは制御信号を転送するためのプロトコルで，U-Planeはユーザデータを転送するためのプロトコルである．また，S-Planeは装置間の同期（Synchronization）を実現するためのプロトコル．
*9　M-Plane：保守監視信号を扱うマネージメントプレーンのこと．
*10　RAT：NR，LTE，3G，GSM，Wi-Fiなどの無線アクセス技術のこと．
*11　MACレイヤ：レイヤ2におけるサブレイヤの1つで，無線リソース割当て，データマッピング，再送制御などを行うプロトコル．
*12　スクランブリング：送信するデータブロックに対して，ユーザやセルの識別子などによって決まる特定のビット列でマスキングする処理．

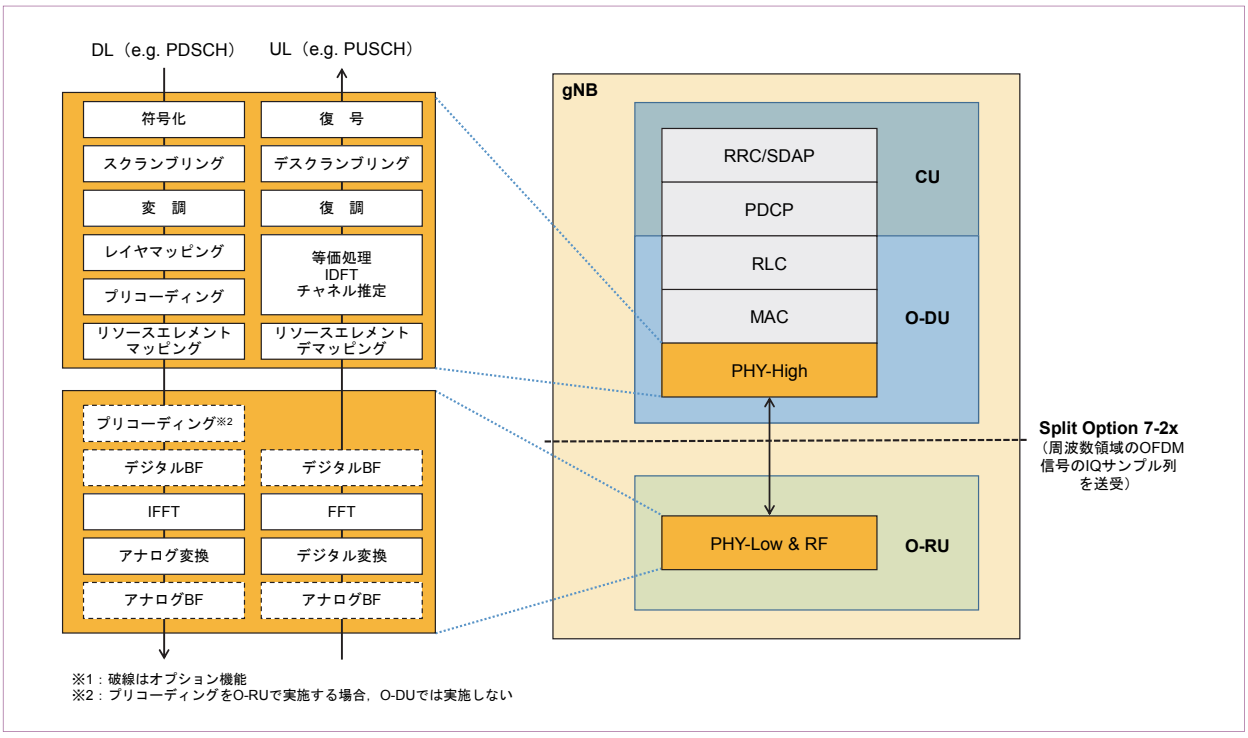

図2　O-RANフロントホール仕様で採用されたSplit Option 7-2x

域*15のOFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）*16信号のIQサンプル列*17が生成される．さらにIFFT（Inverse Fast Fourier Transform）*18処理によって時間領域*19のOFDM信号に変換され，その後アナログ信号へ変換される．BF（Beam Forming）*20処理は，デジタルBFの場合にはIFFT処理の前，アナログBFの場合にはアナログ信号変換後に実施される．

Split Option 7-2xでは，リソースエレメントマッピングまでの機能がO-DUに実装され，O-RUは，デジタルBF以下の機能を実装するO-RU（Category A O-RU）と，プリコーディングも合わせて実施するO-RU（Category B O-RU）の両方がサポートされている．5G導入当初では実装が簡易なCategory A O-RUが主流になると想定される．フロントホールでは周波数領域のOFDM信号のIQサンプル列が，MIMO空間ストリームごと（Category A O-RU），もしくはMIMOレイヤごと（Category B O-RU）に伝送される．また，無線インタフェースのDLにおいて信号を送信しない周波数リソースについては，フロントホールでも該当するIQサンプル列を伝送する必要がない．

上りリンク（UL：Up Link）の処理フローでは，O-RUで受信し，デジタル信号に変換された時間領域のOFDM信号に対してFFT処理がされて周波数領域のOFDM信号のIQサンプル列が生成される．リソースエレメントデマッピング*21後に等化処理，IDFT（Inverse Discrete Fourier Transform）*22やチャネル推定が実施され，復調，デスクランブリング*23，復号処理後のユーザビット列*24がMACレイ

*13 プリコーディング：MIMOにおいて，送信する前の信号に無線伝搬路に応じた重みをあらかじめ乗算することで，受信品質を向上させる処理．

*14 リソースエレメントマッピング：LTEおよびLTE-AdvancedやNRにおいて，IQ信号系列を時間・周波数リソースにマッピングする処理．

*15 周波数領域：信号などの解析において，その信号が各周波数においてどのくらいの成分を持っているかを示すのに用いられる．周波数領域の信号を逆フーリエ変換することで時間領域の信号に変換することができる．

*16 OFDM：デジタル変調方式の1つで，情報を複数の直交する搬送波に分割して並列伝送する方式．高い周波数利用効率での伝送が可能．

*17 IQサンプル列：複素デジタル信号の同相（In-phase）および直交（Quadrature）成分のサンプリング系列．

*18 IFFT：逆高速フーリエ変換のことで，入力された周波数成分（離散データ）に対する時間信号系列を効率的に計算する方法．

ヤへ送出される．BF処理は，デジタルBFの場合にはFFT処理の後，アナログBFの場合にはデジタル信号変換前に実施される．

Split Option 7-2xでは，リソースエレメントデマッピングからの機能がO-DUに実装され，O-RUはデジタルBF以下の機能を実装する．フロントホールでは周波数領域のOFDM信号のIQサンプル列がMIMO空間ストリームごとに伝送される．また，無線インタフェースのULにおいて信号を受信しない周波数リソースについては，フロントホールでも該当するIQサンプル列を伝送する必要がない．

機能分担は**図3**にあるように，O-DUで機能をもつ場合，O-RUで機能をもつ場合のトレードオフがある．一般的に，より多くの機能をO-RUにもたせた方がフロントホールの所要帯域がより小さくすむ．例えば，フロントホールの所要帯域は，O-RUでRF機能部のみを担うCPRIに比較して，IFFT/FFT処理をO-RUに配置すると時間領域のOFDM信号に適用されるオーバーサンプリングによる増加を回避でき，DLのプリコーディング処理をO-RUに配置するとMIMO空間ストリーム数がMIMOレイヤ数より多いことによる増加を回避できる．

さらに，O-RUでレイヤ1機能部すべてを担う場合にはフロントホールの所要帯域はベースバンド＊25のビットレート程度となる．一方，より多くの機能をO-RUにもたせる場合，分散設置されるO-RUで必要な処理やメモリの量が増大し，また，機能修正や拡張を行う際はO-DUのみでなくO-RUへの修正も伴う場合が多くなる．

また，リソースエレメントマッピング・デマッ

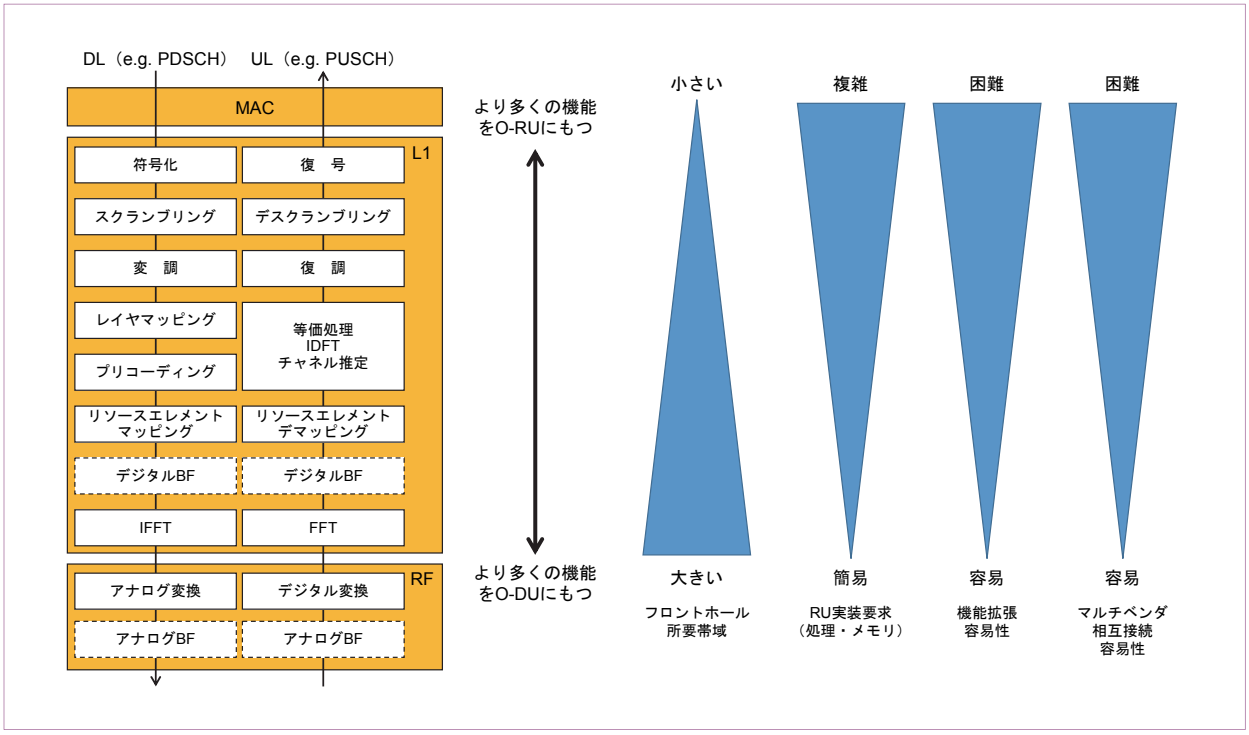

図3　O-DUとO-RUの機能分担におけるトレードオフ

＊19 **時間領域**：信号などの解析において，その信号が各時間でどのくらいの成分をもっているかを示すのに用いられる．時間領域の信号をフーリエ変換することで周波数領域の信号に変換することができる．

＊20 BF：複数のアンテナの振幅および位相の制御によってアンテナに指向性パターンを形成し，特定方向に対するアンテナ利得を増加／減少させる技術．

＊21 リソースエレメントデマッピング：LTEおよびLTE-AdvancedやNRにおいて，時間・周波数リソースにマッピングされたIQ信号からIQ信号系列を抽出する処理．

＊22 IDFT：離散逆フーリエ変換．周波数領域の離散データを時間領域の離散データに変換する．

＊23 デスクランブリング：受信したデータブロックに対して，ユーザやセルの識別子などによって決まる特定のビット列でマスキングする処理．

＊24 ユーザビット列：ユーザデータのベースバンドビット列．

＊25 ベースバンド：デジタル信号処理を行う回路またはその機能ブロック．

ピング処理をO-DU側で行う場合，フロントホールではユーザ多重後のデータが伝送されるため，フロントホールにおける制御信号を簡易化することができ，マルチベンダRANの実現がよりし易くなる．Split Option 7-2xはこれらトレードオフをかんがみて採用された．

3. フロントホールインタフェース概要

3.1 プロトコルスタック

O-RANフロントホール仕様で規定されているプロトコルスタック[*26]を**図4**に示す．

C/U-Planeでは，eCPRIもしくはRoE（Radio over Ethernet）[*27]で用いられる信号を直接Ethernetで伝送するプロトコルスタックと，オプショナルでUDP（User Datagram Protocol）[*28]/IPを介して伝送するプロトコルスタックがサポートされている．

S-Planeでは，PTP（Precision Time Protocol）[*29]およびSyncE[*30]で用いられる信号をEthernetで伝送するプロトコルスタックがサポートされている．

M-Planeでは，NETCONF（NETwork CONFiguration protocol）で用いられる信号をEthernet/IP/TCP（Transmission Control Protocol）[*31]/SSH（Secure SHell）[*32]で伝送するプロトコルスタックがサポートされている．

NETCONFはIETF（Internet Engineering Task Force）[*33]においてRFC6241として策定されており，ネットワーク機器の管理で汎用的に用いられるプロトコルである．O-RANフロントホール仕様では，NETCONF上実装マターとされている，NETCONFでの操作対象となるデータモデルの部分について主に規定されている．

3.2 C/U-Plane

(1)U-Plane

U-Planeメッセージのフレームフォーマットを**図5**に示す．eCPRIヘッダでは，メッセージ種別（ecpriMessage）やeCPRIペイロード[*34]のサイズ

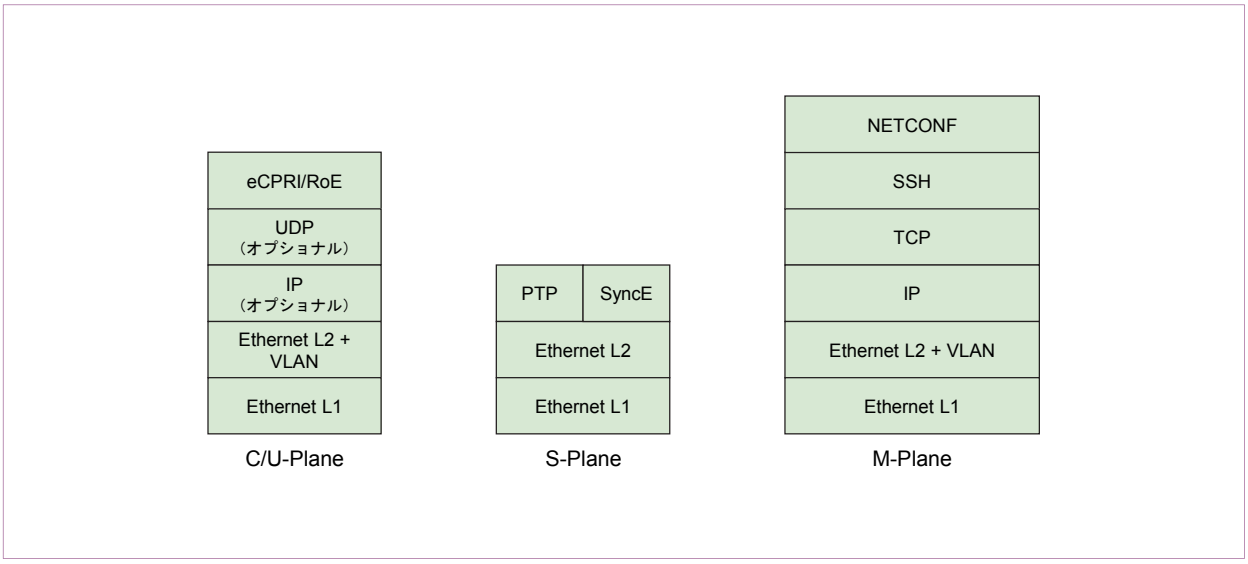

図4　各Planeのプロトコルスタック

＊26 プロトコルスタック：プロトコル階層．
＊27 RoE：無線基地局の内部インタフェース仕様．IEEEによって規定されている．
＊28 UDP：トランスポート層のプロトコルの1つで，送達確認や輻輳制御などを行わないため処理が軽く，途中でデータが抜け落ちても問題が少ない通信に用いられる．
＊29 PTP：ネットワークに接続された装置間で高精度な時刻同期をするためのプロトコル．
＊30 SyncE：Ethernet上でクロック信号を伝送する方式．
＊31 TCP：インターネットで標準的に利用されるIPの上位プロトコル．接続相手やデータ到着の確認・フロー制御・データの重複や抜けの検出などを行うことでIPの補完の役割を果たし，信頼性の高い通信を実現する．
＊32 SSH：セキュアなリモートログインやネットワークサービスのためのプロトコル．
＊33 IETF：インターネット技術標準の開発，推進を行っている標準化組織．ここで策定された技術仕様はRFC（Request For Comment）として公開される．
＊34 ペイロード：通信データのうち，ヘッダなどを除いた本来通信したいデータ本体．

（ecpriPayload），メッセージの送信元先の識別子（ecpriPcid），メッセージのシーケンス番号（ecpriSeqid）などが通知される．O-RANフロントホール仕様では，メッセージの送受信元の識別子としてeAxC（extended Antenna-Carrier）を規定しており，**図6**のようにO-DUのポート識別子（DU_Port_ID），バンドセクタの識別子（BandSector_ID），コンポーネントキャリア（CC：Component Carrier）*35の識別子（CC_ID），O-RUのポート識別子（RU_Port_ID）から構成される．RU_Port_IDにより特定のMIMO

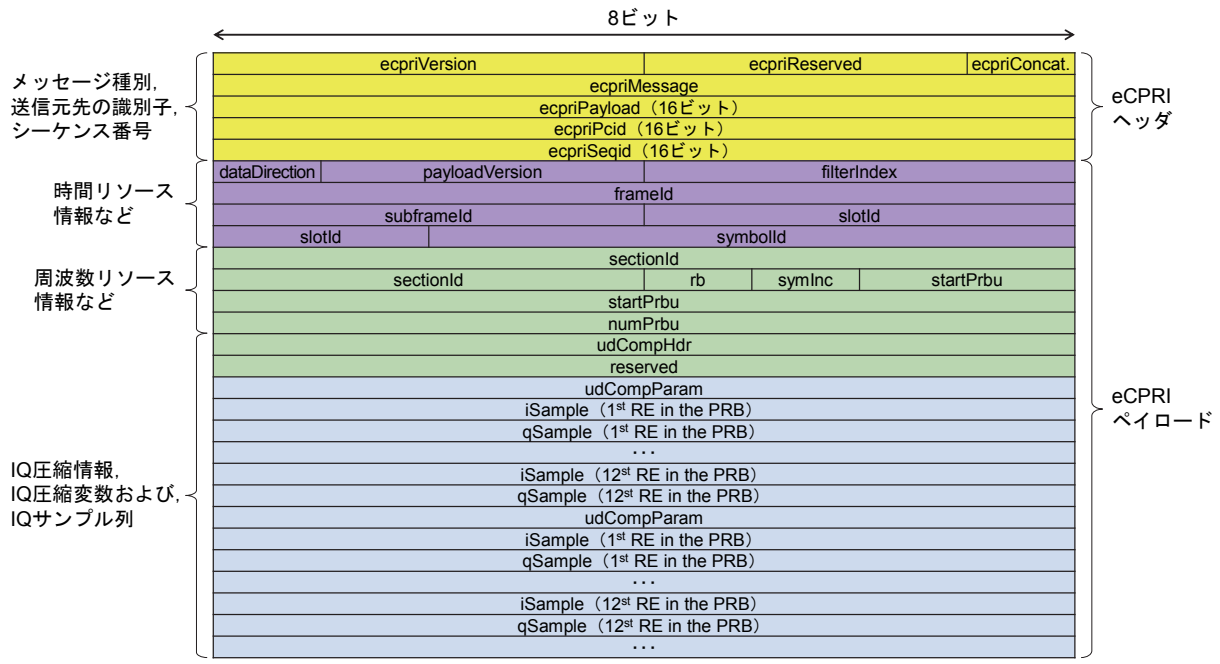

図5　U-Planeメッセージのフレームフォーマット

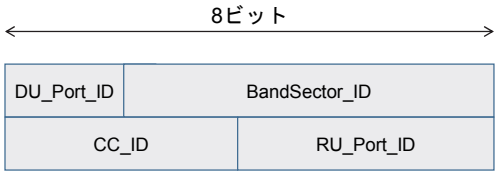

図6　eAxCの例

*35 コンポーネントキャリア（CC）：CAにおいて束ねられるキャリアを表す用語．

空間ストリームやMIMOレイヤが識別される．

U-Planeメッセージのe CPRIペイロードでは，IQ圧縮を適用した周波数領域のOFDM信号のIQサンプル（iSample/qSample）列とIQ圧縮情報（udCompHdr）を伝送できる．さらに，IQサンプル列の無線インタフェースでの送受信に適用すべき時間・周波数リソース情報などが一緒に通知される．これらeCPRIペイロードの詳細はeCPRIでは規定されておらず，O-RANフロントホール仕様で規定している．時間リソース情報としては無線フレーム＊36，サブフレーム＊37，スロット＊38，OFDMシンボル＊39の識別情報が通知され，周波数リソース情報としてはPRB（Physical Resource Block）＊40の開始位置とPRB数（startPRBu，numPRBu）が通知される．IQ圧縮情報では適用される圧縮方式と圧縮後のIQサンプルのビット数が通知される．IQ圧縮は，1PRB（12 IQサンプル）ごとに共通のIQ圧縮変数（udCompParam）を用いて実施される．例えば，圧縮方式としてblock floating point＊41を適用する場合，IQ圧縮変数とIQサンプル列はそれぞれ浮動小数点における指数と仮数を表す．

なお，U-Planeメッセージのフレームフォーマットは O-DUからO-RUに送信する方向と，O-RUからO-DUに送信する方向で共通のものが用いられる．

⑵C-Plane

C-Planeメッセージのフレームフォーマットを**図7**に示す．C-Planeメッセージにおけるe CPRIヘッダはU-Planeメッセージと同様である．C-Planeメッセージの送信元先の識別子はU-Planeメッセージの場合のecpriPcidとは異なりecpriRtcidとなっているが，O-RANフロントホール仕様ではC-Planeメッセージの場合もeAxC（extended Antenna-Carrier）として規定している．

C-PlaneメッセージのeCPRIペイロードでは，U-

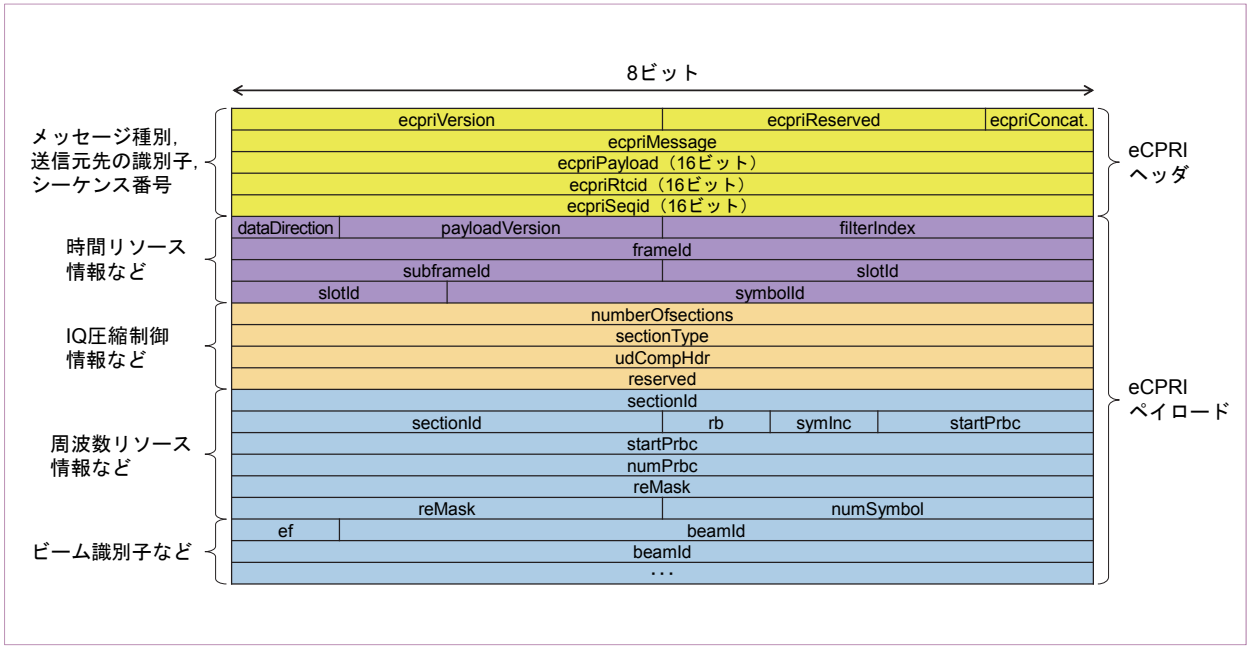

図7　C-Planeメッセージのフレームフォーマット（ビーム識別子）

＊36 無線フレーム：信号処理（符号化・復号化）を行う最小単位．1個の無線フレームは，時間軸上で複数のスロット（またはサブフレーム）によって構成され，各スロットは時間軸上で複数のシンボルによって構成される．

＊37 サブフレーム：時間領域の無線リソースの単位であり，複数のスロットから構成される．

＊38 スロット：データのスケジューリング単位．複数のOFDMシンボルから構成される．

＊39 OFDMシンボル：伝送するデータの単位であり，OFDMの場合は複数のサブキャリアから構成される．各シンボルの先頭にはCPが挿入される．

＊40 PRB：無線リソースの割当て単位であり，12サブキャリアから構成される．

＊41 block floating point：浮動小数点で表現する場合に，個々のデータごとに指数部分を算出するのではなく，データブロックごとに共通の指数部分を算出する方法．

Planeメッセージに含まれるIQサンプル列を無線インタフェースでの送受信する際に適用するBFウェイトを特定する情報とそれが適用される時間リソース情報（U-Planeメッセージと同様），周波数リソース情報（startPRBc，numPRBc）がO-DUからO-RUに通知される．O-RUはこの情報を基に無線インタフェースの送受信に適用するビームを生成する．BFウェイトを特定する情報には複数のオプションが規定されているが，O-RANフロントホール仕様では図7のビーム識別子（beamId）を用いるものへの対応を必須化している．なお，ビーム識別子を用いるオプションはデジタルBF，アナログBF，およびそれらを組み合わせたハイブリッドBFのいずれにも適用できる．

⑶遅延管理

無線インタフェースの物理レイヤ内にO-DUとO-RUの機能分担点をおくSplit Option 7-2xでは，無線インタフェースにおける送受信タイミング，HARQ（Hybrid Automatic Repeat reQuest）*42の再送タイミングに合わせてフロントホールでのC/U-Planeメッセージを伝送する必要があり，遅延管理を行う．遅延管理にはeCPRIのフレームワークに基づいて受信ウインドウと送信ウインドウを採用している．

O-DUからO-RUへの送信方向の遅延管理を**図8**に示す．O-RUはフロントホールで受信した周波数領域のOFDM信号のIQサンプル列を，指定された時間リソース（無線フレーム，サブフレーム，スロット，OFDMシンボル）での無線インタフェースへの送信に間に合うように処理（IFFT，アナログ変換，BFなど）を完了する必要がある．そのため，O-RU受信ウインドウの位置は，無線インタフェースへの送信タイミングからO-RUの処理遅延を加味した分の時間，手前に設定される．O-DUはC/U-PlaneメッセージをO-RU受信ウインドウ内に届くよ

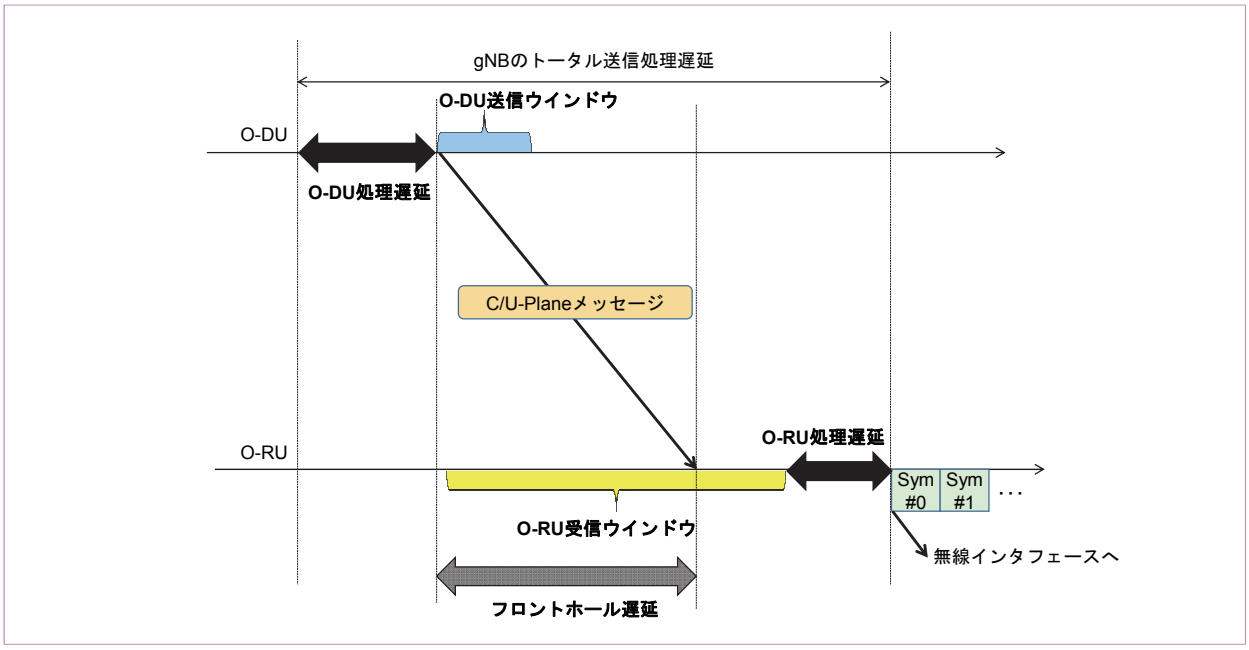

図8　遅延管理（O-DUからO-RUへの送信方向）

＊42 HARQ：誤り訂正符号と再送を併用して，受信した信号の誤りを補償する技術．

うにフロントホールに送出する必要がある．そのため，O-DU送信ウインドウの位置は，無線インタフェースへの送信タイミングからO-RUの処理遅延とフロントホール遅延を加味した分の時間，手前に設定される．フロントホール遅延にはその距離やスイッチの処理遅延などによる変動要素がある．O-RU受信ウインドウのサイズは，このフロントホール遅延の変動，およびO-DU送信ウインドウのサイズを吸収できる長さに設定される．O-DU送信ウインドウのサイズは，O-DUがフロントホールにC/U-Planeメッセージの送出処理に要する時間を加味して設定される．

O-RUからO-DUへの送信方向にも同様なウインドウを用いる遅延管理が適用される．また，図8では省略しているが，フロントホール仕様ではC-PlaneとU-Planeでそれぞれ別のウインドウを定義している．

3.3 S-Plane

C-RAN構成においては，TDD（Time Division Duplex）＊43，複数のO-RUを用いたCA（Carrier Aggregation）＊44，MIMOなどO-RU間同期を前提とした連携制御を実現するためにO-DUとO-RU間で高い同期精度が必要とされる．O-RANフロントホール仕様ではS-Planeとして，高性能なO-DU側とのクロックと同期することによるO-RU側での高い同期精度を実現するためのプロトコルであるPTPやSyncEをサポートしている．

3.4 M-Plane

前述までのC/U-PlaneおよびS-Planeに必要となるO-RU側へのパラメータ設定，O-RUのソフトウェア（SW）管理や故障管理などのO-RUに対する種々の管理機能をM-Planeでは提供する．O-RANフロントホール仕様では，上記を実現する種々のパラメータをデータモデルとして規定していることから，各O-RUベンダの実装に依存することなく，マルチベンダRANが実現可能となっている．

M-Planeでサポートされる機能は**表1**の通りである．

(1)M-Planeアーキテクチャ

M-Planeでは，O-DUやNMS（Network Management System）＊45がO-RUを管理するネットワーク機器として規定されている．なお，NETCONF上ではこれらO-RUを管理するネットワーク機器がNETCONFクライアントに該当し，管理対象となるO-RUがNETCONFサーバに該当する．

アーキテクチャとして以下の2種のモデルをサ

表1　M-Plane機能概要

機能名	概　要
“Start up” installation	M-Plane確立手順
SW management	O-RUのSW管理
Configuration management	O-RUのパラメータの設定・取得
Performance management	O-RUでの測定項目管理
Fault Management	O-RUの故障管理
File Management	O-RUとの間のデータファイル送受信

＊43 TDD：アップリンクとダウンリンクで，同じキャリア周波数，周波数帯域を用いて，時間スロットで分割して信号伝送を行う方式．

＊44 CA：複数のキャリアを用いて同時に送受信することにより広帯域化を行い，高速伝送を実現する技術．

＊45 NMS：ネットワークにおける管理を行うシステム／機能の総称．

ポートする（**図9**）.

(a)Hierarchical model：O-RUが1台または複数のO-DUによって管理される構成である．O-DUが配下のO-RUの監視制御を終端することで，すべてのO-RUの監視制御をNWSで実施する必要がなくなり，その処理負荷を低減することが可能となる．また，既設のNMSがNETCONFに未対応であった場合においてもO-DUが本M-Planeに対応することで既設のシステムに影響なくネットワーク構築が可能であることが特徴として挙げられる．

(b)Hybrid model：O-RUがO-DUに加え，1台または複数のNMSによって管理される構成である．他のネットワーク機器の監視制御を含め，NWSでO-RUの監視制御を行う事が可能となるため，各装置の保守監視および制御を一元的に処理することが可能となることが特徴として挙げられる．

いずれのアーキテクチャにおいてもO-RUを管理するNETCONFクライアントごとに管理可能な機能を限定することができ，例えばSW management を行うNETCONFクライアントとFault Management を行うNETCONFクライアントを分けて運用するなど，柔軟なオペレーションが可能となっている．

(2)M-Plane機能

(a)“Start up” installation

“Start up” installationは，O-RUとO-DUやNMSなどのNETCONFクライアント間でのM-Plane接続確立を規定したものである．M-Plane接続確立のためには，互いのTransport Layer address*46などを明らかにする必要がある．

O-RANフロントホール仕様では，以下3つのオプションが規定されている．

・手動でのTransport Layer addressなどの設定
・DHCP（Dynamic Host Configuration Protocol）*47サーバによるTransport Layer addressの割当て
・SLAAC（Stateless Address Auto-Configuration）*48によるTransport Layer addressの割当て（IPv6対応の場合）

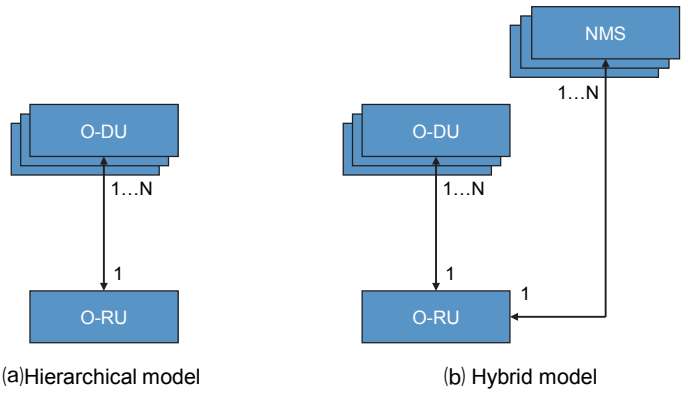

図9　M-Planeのサポートするアーキテクチャ

*46 Transport Layer address：Transport層接続確立のために必要なIP addressなどの情報．
*47 DHCP：ネットワークに接続したコンピュータに，IPアドレスなどの情報を自動的に割り当てるプロトコル．
*48 SLAAC：IPv6において，ネットワークに接続したコンピュータに，IPv6アドレスなどの情報を自動的に割り当てるプロトコル．

あらかじめ保守作業者がTransport Layer addressなどを設定するオプション以外にも，DHCPサーバやSLAACを用いて，プラグアンドプレイでアドレス解決を行う方法がサポートされている．

(b)SW management

O-DU/NMSなどNETCONFクライアントからM-Planeを介して，O-RUのSW管理が実施される．マルチベンダRANでは，ベンダの実装に大きく依存するO-RUのSWファイルの管理を異なるベンダのNETCONFクライアントが行う必要があり，O-RU実装やベンダに依存しないSW管理の仕組みが重要となる．

主な手順は以下の通りとなる．

①SWインベントリー
②SWダウンロード
③SWインストール
④SWアクティベーション

まず，NETCONFクライアントはO-RUベンダから提供されるO-RUのSWパッケージを保持しておく必要がある．そのパッケージには，実際O-RUが動作するために必要なSWファイルに加え，各O-RUにどのSWファイルをインストールすべきかを示すマニフェストファイルが含まれており，このマニフェストファイルがマルチベンダRAN実現の要となる．

一連の動作を**図10**に示す．SWインベントリーにて，NETCONFクライアントは現在O-RUにどのようなファイルが格納されているか情報を取得する．取得したインベントリー情報とマニフェストファイルのビルド名／バージョンおよびファイル名／バージョンを比較し，NETCONFクライアントはO-RUへのダウン

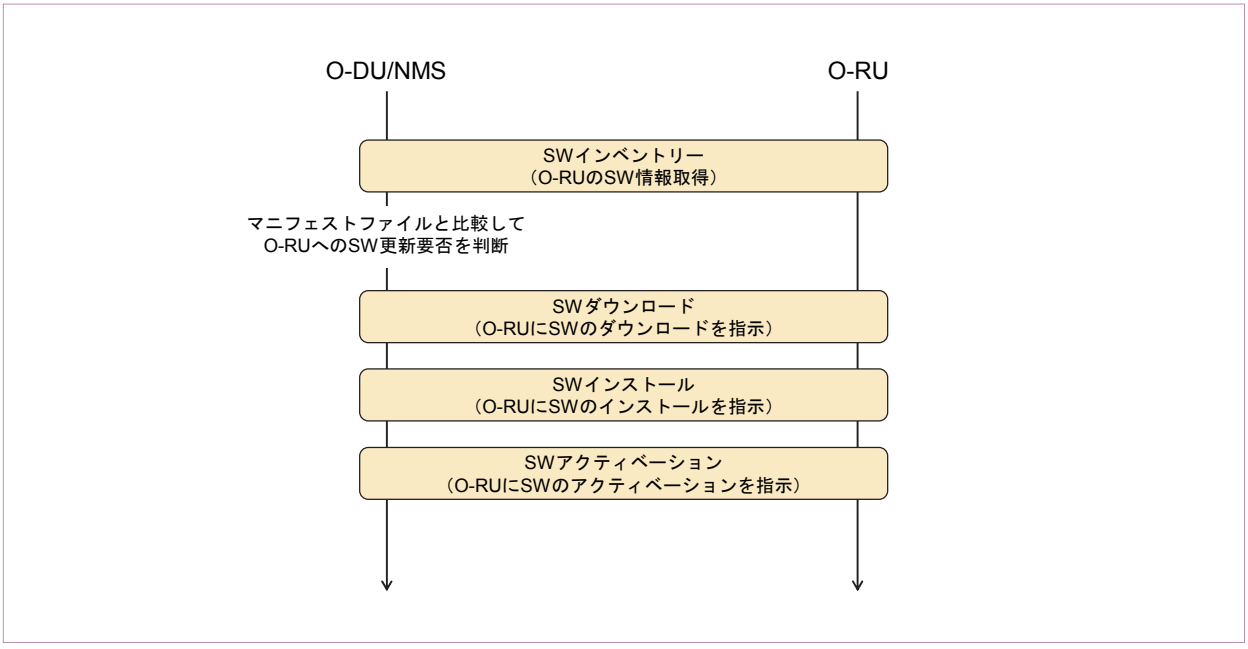

図10　SW management

ロード要否およびどのファイルのダウンロードを指示すべきか判断する．O-RANフロントホール仕様で規定されたマニフェストファイルのフォーマットにより，NETCONFクライアントはビルド名／バージョンおよびファイル名／バージョンのみを比較すればよく，O-RU実装に依存するSWファイル自身を比較する必要は無いため，異なるベンダのNETCONFクライアントによるSW管理が可能となる．続いて，必要なSWファイルのダウンロードをO-RUへ指示し，ダウンロード完了後SWファイルのインストールを指示する．インストール完了後，次回起動時に使用するSWファイルをアクティベーションにて指示する．

(c)Configuration Management

O-DU/NMSなどのNETCONFクライアントからM-Planeを介して，C/U-PlaneおよびS-Planeに必要となるO-RU側へのパラメータ設定や装置の状態取得が実施される．本機能はNETCONFに規定される標準のメッセージを使用して実現されている．必要となるパラメータのセットはYANGモジュールという形で規定されており，以下のように実現する．

NETCONFではセッション[*49]確立時に，〈Hello〉メッセージのやり取りを実施する．このメッセージには，自装置が対応しているNETCONF上の機能や，対応しているYANGモジュールの情報が含まれており，O-DU/NMSなどNETCONFクライアントはM-Plane確立時に，O-RUが対応しているYANGモジュールを認識することが可能となる．また，NETCONFでは標準メッセージとして，パラメータの設定を行う〈edit-config〉，パラメータ値の取得を行う〈get-config〉が規定されており，これらのメッセージをO-RUに指示することで，各種パラメータ設定やO-RUの保持するパラメータおよび状態の取得を実施する．

(d)Fault management

NETCONFクライアントはM-Planeを介して，O-RUの故障管理を行う．本機能はNETCONFで標準メッセージとして規定されている〈notification〉を用いて，O-RUからO-DU/NMSなどのNETCONFクライアントに対して通知される．故障などO-RU側で何らかの問題が発生した場合，O-RUは以下の詳細内容を含めてNETCONFクライアントに対して故障の通知を行う．

・ID
・故障発生箇所
・影響を受ける箇所
・故障の深刻度
・新たに発生した故障なのか／すでに発生していた故障が解消したのか

3.5 フロントホールのネットワーク構成

O-DU，O-RU間の物理的な回線数の制約などから，フロントホールのネットワーク構成としてはPoint-to-Point（**図11**(a)）の他，レイヤ2スイッチ[*50]が必要となるケースなども想定される．上述のCUS-Plane，M-Planeはそのようなネットワーク構成にも対応しており，以下にその例を示す（図11(b)）．

例えば，図11(b)ケース①のように，区間ごとにフロントホールの本数を変更できる．これにより，O-DU，O-RUそれぞれは1ポート当りの能力を増やすことなく，従来と同様の能力のポートを増やすだけでフロントホール伝送能力を向上可能である．また，途中のスイッチ間は数を一本とすることができ，回線コストを抑えることも可能となる．

図11(b)ケース②のように，O-DU，O-RU間でフ

＊49 セッション：クライアントとサーバ間でやり取りされる一連の通信のこと．

＊50 レイヤ2スイッチ：パケットに含まれるMACアドレスを判断しパケットの中継を行うネットワーク機器．

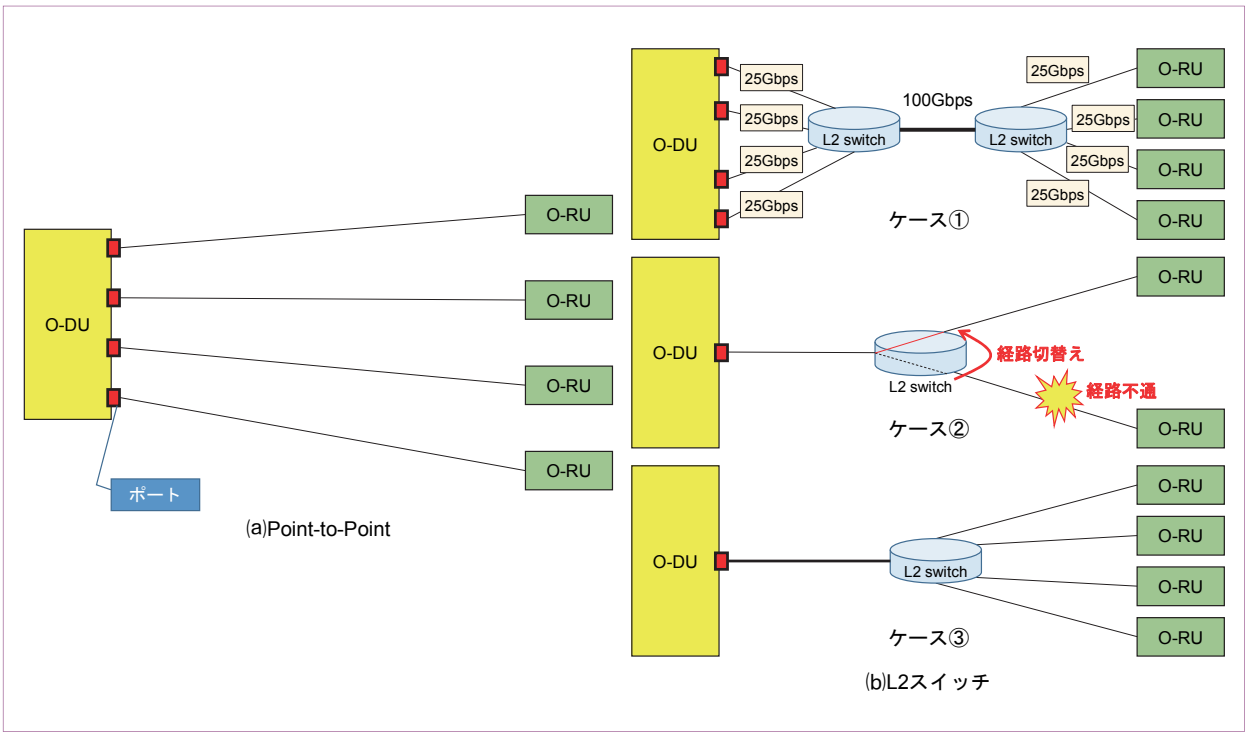

図11　フロントホールトポロジーの例

ロントホール経路に冗長性をもたせることも可能であり，いずれかの経路が不通になった場合でも他の経路を使っている装置でサービスを継続することも可能である．

図11(b)ケース③のように，O-DUが実装する物理的なポート数が限定されている場合であっても，スイッチをハブとして用いることで，より多くのO-RUと同時に接続することが可能となる．

4. あとがき

本稿では，O-RANフロントホール仕様で採用されたSplit Option 7-2xについて紹介し，O-RANフロントホール仕様で規定されたC/U/S-PlaneとM-Planeについて解説した．O-RAN Allianceでは継続して，O-RANフロントホール仕様を用いた実際のマルチベンダRANの促進，および，O-RANフロントホール仕様そのものの拡張に向けた取組みを実施している．ドコモもマルチベンダRANの実現に向けたプロファイル（マルチベンダによる相互接続を実施する際のフロントホールの構成やパラメータ設定をとりまとめたもの）の策定など，今後も継続してO-RAN Allianceにおける活動を推進する．

文　献

[1]　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.

[2]　ウメシュ，ほか：“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.