

# 5G/Beyond 5Gにおける 固定無線トランスポート技術

小川 貴稔 園部 悟史

## 要旨

5G/Beyond 5Gでは、トランスポートネットワークにおいても更なる大容量化が求められています。海外のトランスポートネットワーク市場では、設置容易性やTCO削減の観点でモバイルバックホールに固定無線システムが多く使用されてきましたが、クロスホール (xHaul) の標準仕様が策定されたことで、さまざまな5G/Beyond 5Gのシチュエーションの展開に合わせて、xHaulへの固定無線システムの適用拡大が期待されています。

本稿では5G/Beyond 5Gにおける固定無線トランスポートの概要と、それを支える技術及び製品について紹介します。



固定無線トランスポート／固定マイクロ／マイクロ波帯／ミリ波帯／サブテラヘルツ帯／xHaul／  
チャンネル・アグリゲーション／マルチバンド・アグリゲーション／ETH-BN

## 1. はじめに

5G/Beyond 5Gでは、大容量のデータ伝送が必要なアプリケーションの増加により、トランスポートネットワークの更なる大容量化が求められています。また、多くのトランスポートネットワーク市場では、低コスト、迅速、容易に設置できる固定無線システムが数多く使用されています。更に、Open RAN (O-RAN) ALLIANCEのxHaul要件に固定無線トランスポートの標準仕様が策定されたことで、日本のトランスポートネットワーク市場のように固定無線システムが一般的ではない地域でもxHaulへの固定無線システムの適用が期待されています。

本稿では、固定無線トランスポートの概要と、それを支える技術及び製品について紹介します。

## 2. 固定無線トランスポートの概要

固定無線トランスポートは、固定無線システムを用いてトランスポートネットワークを構築するもので、光ファイバーなどを活用した有線トランスポートと比較して低コストかつ短期間で容易に設置できる利点があり、トランスポート市場において多用されてきました。また、グローバル市場に

おいては、ケーブル敷設に制約がある国や地域があり、今後も固定無線トランスポートの活用が期待されます(表)。

トランスポートネットワークはモバイルネットワークの進化に合わせて、新しい技術が適用されています。4GではトランスポートネットワークにEthernet化が浸透し、5Gではリアルタイム性のあるさまざまなアプリケーションに向けてネットワークの大容量化とTSN (Time-Sensitive Networking) を実現するための低遅延伝送や高精度時刻同期技術の適用が進んでいます。Beyond 5Gではネットワークの更なる高度化やオープン化が進むことが想定されています。

表 有線及び固定無線トランスポートの特徴

	有線トランスポート	固定無線トランスポート
主な好適領域	コア・アグリゲーション	アグリゲーション・エッジ
伝送速度	~400Gbps	マイクロ波：~10Gbps程度 ミリ波：~25Gbps程度
最大伝送距離	80km以下	マイクロ波：50km程度 ミリ波：3km程度
耐障害性 (リスク)	施工コストとトレードオフ (ケーブルカット)	やや高い (降雨・干渉等による回線品質劣化)
将来拡張性	やや難 (ケーブル交換・波長多重)	比較的容易 (無線チャンネル増設)
施工コスト	高い	低い
施工時間	数カ月	数日~数週
認可・ライセンス	敷設認可	無線免許
運用コスト	ケーブル敷設の地代	電波使用料

固定無線トランスポートにおいてもトランスポートネットワーク技術の高度化に合わせて、より一層の大容量化や可用性の向上が求められています。

### 3. 固定無線トランスポート製品の紹介

NECは長年にわたって、マイクロ波やミリ波を活用した固定無線トランスポート製品 (iPASOLINKシリーズ) をグローバル市場に提供しています。IDU (Indoor Unit: 屋内設置向けパケット処理・変復調ユニット) 及びODU (Outdoor Unit: 屋外設置向け無線送受信ユニット) から構成されるSplit型製品や、IDU/ODUの各機能を屋外設置用に一体化したAOR (All Outdoor Radio) 型製品をラインアップとして保有しています (図1)。iPASOLINK VRはマイクロ波帯 (6~38GHz) の主力製品で、柔軟に無線チャンネルを組み合わせて最大10Gbpsの無線伝送が可能です。iPASOLINK EX Advancedはミリ波帯 (E帯: 80GHz) の主力製品で、偏波多重技術により1装置で最大20Gbpsの無線伝送を実現、更に複数の固定無線伝送装置と組み合わせることで最大25Gbpsの無線伝送を実現します。

### 4. 固定無線トランスポートを支える技術

#### 4.1 無線チャンネルの広帯域化

5G/Beyond 5Gは4Gまでに比べ大容量化の必要性が高まり、無線チャンネルの広帯域化がより一層進んでいます。マイクロ波帯では帯域幅56MHz以下を使用した500Mbps程度の無線伝送が中心でしたが、無線伝送の大容量化を実現すべく、224MHzまで拡張する検討が活発化しています。これにより、無線チャンネル当たりの大容量化を図ることが可能となります。また、マイクロ波帯で

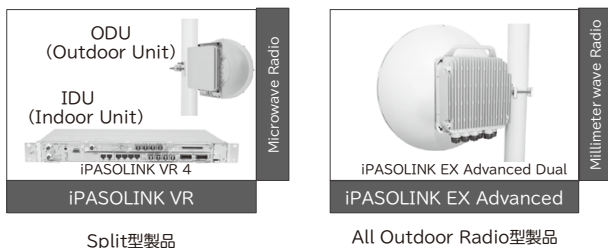


図1 iPASOLINKシリーズ製品

は実現が困難な大容量伝送が必要になる領域では、より広い帯域幅を確保できるミリ波帯で250M~2GHzの帯域幅を活用することで大容量伝送を実現しています。この帯域幅の拡張に関する検討が活発となっており、5G/Beyond 5Gに向けた各国の標準化や法規制の議論とともに無線チャンネルの広帯域化が急激に進むものと予測されています。

#### 4.2 固定無線伝送装置の高集積化によるTCO改善

前述のように5G以降の急激な伝送容量需要の伸びに伴い、無線伝送容量を大幅に向上する必要性が高まっています。そのために、複数の無線チャンネルを束ねて1つの装置で伝送するマルチチャンネル化技術が提案されています。従来システムでは、マルチチャンネル化を実現するためには、使用する無線チャンネル数と同数の装置を用いて構成する必要がありました。しかし、初期投資コストが掛かることに加え、運用コスト (実装スペース、タワーロードや消費電力など) が悪化するため、装置の小型化や集積化の要求が高まっています。NECでは、1つの無線送受信ユニット (ODU) に2チャンネル分の送受信機能 (チャンネル・アグリゲーション機能) を備えた製品を提供しています (図2)。これにより装置の構成簡素化を実現し、TCO削減に寄与しています。

#### 4.3 マルチバンドによる大容量化技術

従来の固定無線トランスポートでは同一周波数帯で複数の無線チャンネルを束ねて論理チャンネル化し、大容量化を実現していました。しかし、各国の電波法規制により同一周波数帯における使用可能な無線チャンネルが限られるため、異なる周波数帯を組み合わせたマルチバンド構成の需要が高まっています (図3)。そこで、マイクロ波帯の2つの異なる周波数や、マイクロ波帯とミリ波帯などを組み合

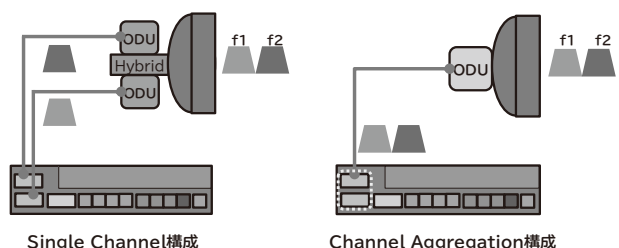


図2 チャンネル・アグリゲーション構成

わけて1つの論理チャンネルを実現するマルチバンド・アグリゲーション技術が実用化されています。更に前述したチャンネル・アグリゲーション機能に対応したマイクロ波帯の装置と組み合わせることにより、マルチバンドをより簡素な構成で実現することができます。

しかし、ミリ波帯はマイクロ波帯に比べて広い帯域幅を確保でき大容量伝送が可能ですが、降雨などによる電波減衰の影響を受けて伝送容量が変動しやすい特性があります。そのため、NECではITU-T G.8013/Y.1731にて規定されているETH-BN (Ethernet Bandwidth Notification) 技術を使用して、無線チャンネルの伝送容量情報をリアルタイムに把握し、伝送容量に応じて論理チャンネルを構成する各無線チャンネルへの効率的なデータ振り分け処理を行うことで、マルチバンド・アグリゲーション構成において可用性の向上を実現しています (図4)。

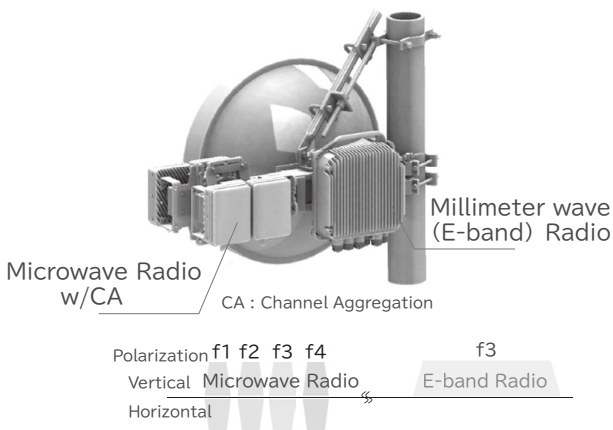


図3 マルチバンド構成

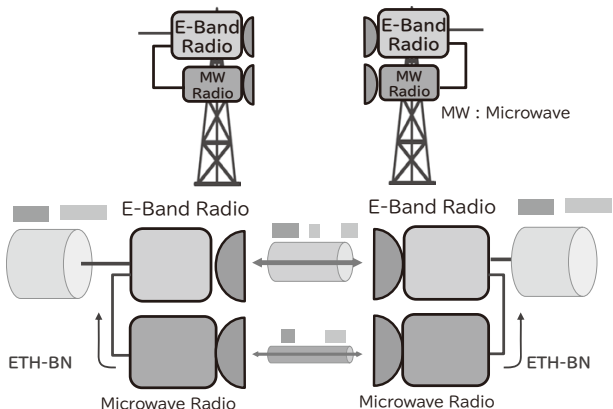


図4 マルチバンド・アグリゲーションの構成例

## 5. Beyond 5Gで注目される技術

今後の更なる無線チャンネルの大容量化に向けては、ミリ波帯の活用促進に加え、サブテラヘルツ帯 (100~300GHz) の活用が注目されています。特に、国際的に固定無線通信用に割り当てられているD帯 (130~174.8GHz)、W帯 (92~114.25GHz) の利用が期待されています。図5に示す通り、これらの周波数帯はマイクロ波帯 (15GHz) に比べ、広い帯域幅を利用可能なことが特長ですが、周波数がE帯に対してW帯では1.3倍、D帯では2倍となり、製品化には高周波デバイスの高度な技術開発が必要です。

NECでは、帯域幅が大きく確保できるD帯を用いた固定無線伝送装置の実現に向けて150GHz帯で動作する高周波デバイスと世界最高レベルの出力電力となる10mWのパワーアンプを開発しました。これらの技術開発をもとに、更なる大容量化に向けたOAM (Orbital Angular Momentum: 軌道角運動量) モード多重技術開発を推進するなど、先進的な無線技術開発を通じて5G/Beyond 5Gに向けた大容量無線伝送を実現していきます。

## 6. おわりに

トランスポートネットワークの大容量化に対する要求が強まるなかで、xHaulへの固定無線システムの適用拡大が期待されています。

これらの要求に対してNECではiPASOLINKシリーズに加え、W帯やD帯といった高周波数帯の活用やOAMモード多重技術と偏波多重技術などの先進的な技術開発や標準化推進により、無線チャンネルの更なる大容量化、高

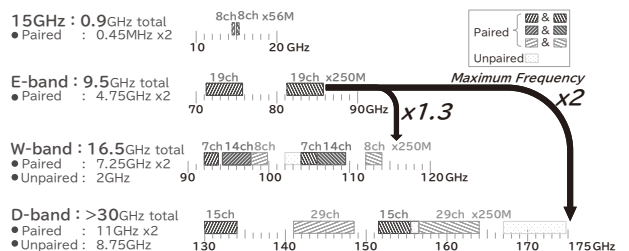


図5 マイクロ波帯 (15GHz) /E帯/W帯/D帯の周波数関係

効率伝送の普及に寄与します。また、進みゆく固定無線伝送装置のマルチチャネル化などの動向に対しては、設置容易性の向上や省電力化を図り、5G/Beyond 5Gの市場拡大に向けたより設置や運用性の高い製品を提供していきます。

## 7. 謝辞

本稿は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託事業「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業」(JPNP20017) によって実施した成果の一部を含みます。

- \* O-RAN ALLIANCEは、O-RAN ALLIANCE e.V.の商標または登録商標です。
- \* その他記述された社名、製品名などは、該当する各社の商標または登録商標です。

## 執筆者プロフィール

### 小川 貴稔

ワイヤレスアクセス開発統括部  
プロフェッショナル

### 園部 悟史

ワイヤレスアクセス開発統括部  
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シ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