



IOWN 構想における移動固定融合の取り組み

NTT IOWN 総合イノベーションセンター内の IOWN プロダクトデザインセンターは、移動・固定の多様な端末やアクセス形態を意識させないシームレス・高エクスペリエンスなエンド・ツー・エンド通信となる移動固定融合ネットワークの実現に向けた開発・普及戦略を策定・推進しています。さらに、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想のキープロダクトである APN (オールフォトニクス・ネットワーク) のネットワークサービスへの適用、新たな価値創出についても検討を進めています。

キーワード：#移動固定融合, #APN, #MFH

ふかえ せいじ おおやね ひでひこ
 深江 誠司 / 大矢根 秀彦
 つつみ としあき おかざき しゅういち
 堤 敏昭 / 岡崎 秀一

NTT IOWN 総合イノベーションセンター

IOWN 構想における移動固定融合の取り組み

■ IOWN 構想と IOWN 総合イノベーションセンターの取り組み

IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) 構想では、これまでの情報通信システムを変革し、現状の ICT の限界を超えた新たな情報通信基盤の実現をめざしています。IOWN を構成する主要な技術分野は 3 つあります。端末からネットワークまで、すべてにフォトニクス (光) ベースの技術により、エンド・ツー・エンドでの光波長パスを提供する「オールフォトニクス・ネットワーク (APN)」, 実世界とデジタル世界の掛け合わせによる未来予測等を実現する「デジタルツインコンピューティング」, あらゆるものをつなぎ、

その制御を実現する「コグニティブ・ファウンデーション」です。

APN は端末からネットワークまで電気変換することなく、光のまま伝送することで、現在のエレクトロニクス (電子) ベースの技術では困難な圧倒的な低消費電力、高品質・大容量、低遅延の伝送をエンド・ツー・エンドで実現します。デジタルツインコンピューティングは現実の対象物をコンピュータ内にデジタルツインとして再現し、デジタルツインどうしや現実世界との掛け合わせによる未来予測や最適化を実現します。コグニティブ・ファウンデーションはあらゆる ICT リソースを全体最適に調和させて、クラウドやエッジをはじめネットワークや端末まで含めてさまざまな ICT リソースを最適に制御します。これらの技術を用いて、さまざまな価値観を包含した

多くの情報をリアルタイムかつ公平に流通・処理させることで人と人、人と社会の「つながり」の質を高め、より豊かな社会の実現をめざします。

NTT IOWN 総合イノベーションセンターは、6G (第 6 世代移動通信システム) / IOWN 実現に向けた研究開発力強化を目的とし、部品開発、ネットワーク構成、ソフトウェア基盤技術といった各分野で培ってきた技術を結集し統合していくことで、技術の世界でのゲームチェンジと日本の技術力再興をめざしていきます。ICT の普及とともにグローバル化はますます加速しており、ネットワーク・情報処理基盤への重要性はますます高まっています。グローバルベンダとの連携は必要不可欠であると考えており、IOWN Global Forum (IOWN GF) や各ベンダとの共同開発などを積極

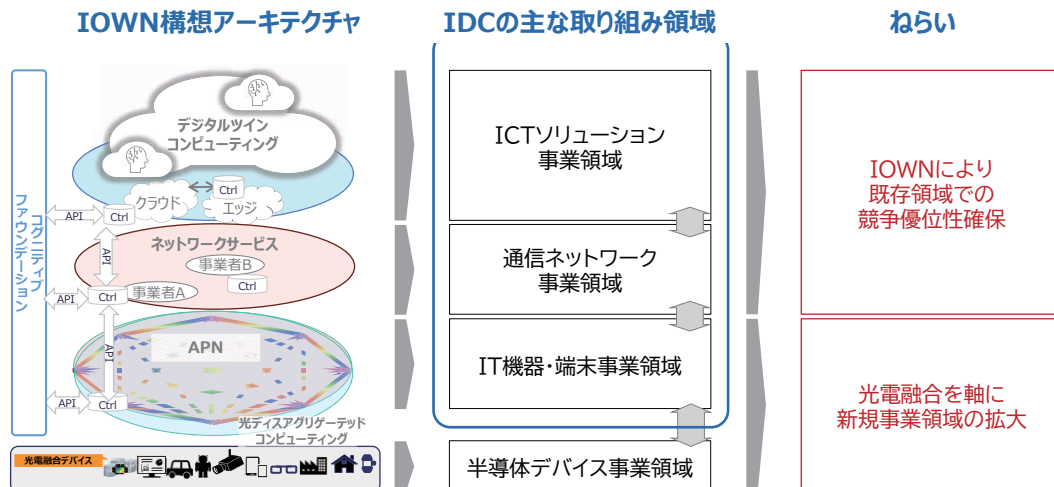


図1 IOWN 構想アーキテクチャと IDC の主な取り組み領域

的に活用して研究開発を加速していきます。NTT IOWN総合イノベーションセンタは、先進技術を結集した研究開発を通して世の中に新しい価値を具体的に提供していくことをめざして活動していきます。

IOWNプロダクトデザインセンタ（IDC）は、市場ニーズや社会の要請からバックキャストした開発・普及戦略を策定するとともに、その戦略に基づいて技術開発から普及活動、導入支援までを一貫して推進することで、IOWN技術の早期普及展開やIOWN技術を活用したサービス・プロダクトの実現に貢献していきます（図1）。

■移動固定融合ネットワークとIOWN APNとの融合の取り組みについて

IOWN構想におけるネットワークサービスは、広帯域・低遅延・低消費電力なコンピューティング・ネットワークリソース上で、移動・固定の多様な端末やアクセス形態を意識させないシームレス・高エクスペリエンスなエンド・ツー・エンド通信となる移動固定融合ネットワークを実現させます。

移動固定融合ネットワークの実現への取り組みとして、IOWN構想のキープロダクトであるAPNのネットワークサービスへの適用具体化を推進しています。具体的には、モバイルオペレータの5G（第5世代移動通信システム）/6G RAN（Radio Access Network）のシステムへAPNを活用することにより、課題解決への貢献や新たな価値創出の検討を進めています。

今後、5G/6G RANでは、ミリ波・サブテラヘルツ波などの高周波数帯の活用が期待されています。高周波数帯では、1つの基地局によるカバーエリアが小さくなるため、これまで以上に基地局の展開が必要になってきます。その際の課題として、基地局の増加に伴うモバイルシステム全体の消費電力増加、基地局のエリア構築期間が課題になってきます。そこに、IOWN APNを活用することで、モバイルシステムの低消費電力化や基地局構築期間の短縮などに貢献していきます。

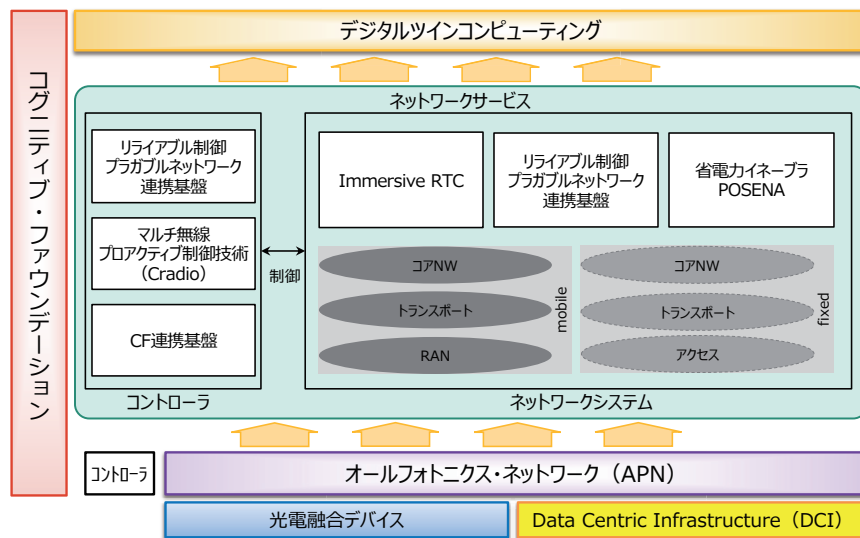


図2 IOWN移動固定融合のプロダクト

■移動固定融合ネットワークの実現に向けた研究・開発の推進

6G/IOWN時代に市場の拡大が想定されるメタバース、MaaS（Mobility as a Service）、MEC（Multi-access Edge Computing）/vRAN（virtualized RAN）といったユースケースにおいて、必要とされるネットワークへの要件を策定し、その実現に向けて技術の研究・開発を推進しています。

メタバースのユースケースにおいては、音声・映像をベースにしたコミュニケーションサービスの提供やデジタルツインコンピューティングの仮想空間内でユーザー本人らしくしゃべるNPC（Non Player Character）を実現する個性を再現する技術の提供、加えて仮想空間内で仮想通貨を扱う経済活動が行える仕組み・セキュリティなどの実現に向けて技術の研究・開発を推進しています。

MaaSのユースケースに向けては、限定エリア・速度の遅い機器で無線が安定通信できること、市街地やバスなどの移動車で映像が乱れないレベルでの安定通信を実現し、最終的には、高速に移動している車（機器）における高精細映像の送受信の実現を移動固定融合ネットワークサービスとして

めざします。

MEC/vRANのユースケースにおいては、移動・固定それぞれのアクセス網を組み合わせ合わせたマルチアクセス閉域ネットワークの提供や、オーケストレータによる移動・固定のアクセスネットワークだけでなく、トランスポートネットワークやコアネットワークも含めたサービス要件に応じたエンドエンドでのネットワークサービスの提供の実現をめざします。

■IOWN移動固定融合ネットワークのプロダクト

IOWN移動固定融合ネットワークサービスを実現させるために、ネットワークそのものの高度化や付加価値を提供するネットワークシステム、およびサービス要求に応じたネットワークシステムを制御するコントローラで構成します（図2）。

具体的なプロダクトとしては、ユーザとクラウドを安全・高品質に接続するリライアブル制御プラガブルネットワーク連携基盤技術、移動網・固定網を問わないメタバースを支える新たなコミュニケーション基盤であるImmersive RTC（Real Time Communication）基盤技術、汎用サーバで高い性能要件を満たしながら、省電力化を実現する開発者向けのソフトウェア実装

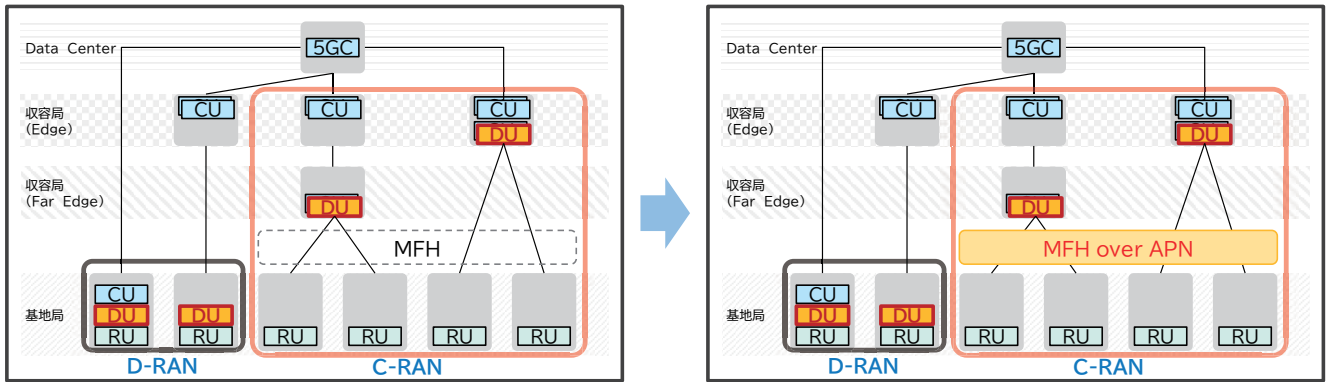


図3 5G RAN構成とAPN適用

技術である省電力エナブラ POSENA (Power Saving ENabler) などネットワークシステムのプロダクトがあります。また、コントローラ関連プロダクトとして、無線ネットワークを意識させないナチュラルな通信環境の創造をめざしたマルチ無線プロアクティブ制御技術 (Cradio[®])、トラフィック量に応じた基地局の自動スリープ制御などを行うコグニティブ・ファウンデーション連携基盤があります。

今後も、6G/IOWNの特徴的なユースケースを創出し、移動・固定網の融合に必要な研究・開発、さらに、NTN (Non-Terrestrial Network) 等宇宙通信の研究・開発や、コグニティブ・ファウンデーションの実現に必要な研究・開発、およびプロダクト化を推進していきます。

MFHへのIOWN APN適用

■5G RANの構成

現在、5G RANは、CU (Central Unit)、DU (Distributed Unit)、RU (Radio Unit) で構成されています。DUとRU間の接続はMFH (Mobile Front Haul) と呼ばれており、MFHの構築手法として、C-RAN (Centralized RAN) と D-RAN (Distributed RAN) という方法があります。

C-RANは、CU/DUを収容局などで集中制御し、RUのみを基地局に配備する構成となります。D-RANはCU/DUまたはDUを基地局に配備する構成となります。C-RAN構成では、RAN装置の統計多重効

果、無線方式の高度化 (キャリアアグリゲーションによるセル間の高度な連携・周波数利用効率向上、アドオンセルによる大容量化・通信の安定性) に加え、仮想化との親和性が高く、CU/DUの仮想化によるコスト削減やスケーラビリティなどの効果が期待できます。ただし、MFHには、O-RAN ALLIANCE における標準仕様 Split Option 7-2xで規定されているとおり、大容量・低遅延の厳しい技術要件があるため、C-RANの普及に向けては、光ファイバの展開が重要となります。光ファイバの敷設は、日本や韓国では進んでいます。海外では、今後、光ネットワークの普及や強化が期待される状況であり、効率的な光ファイバの活用が望まれています。

■期待される3つの効果

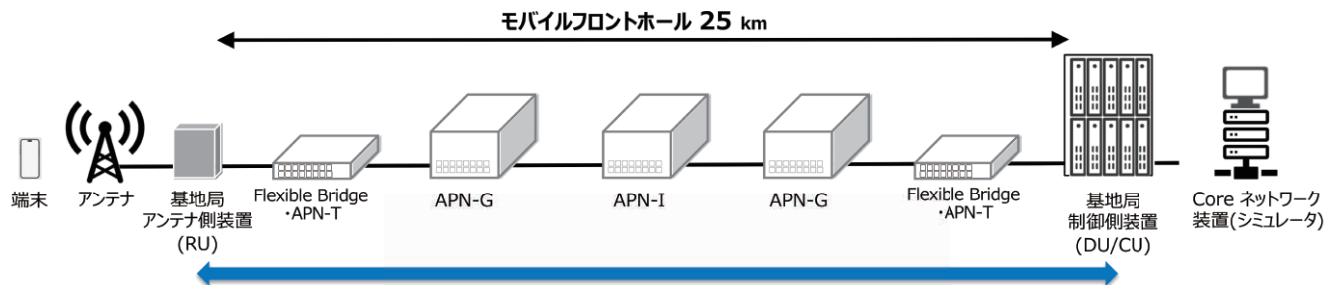
C-RAN構成のMFHに対し、大容量・低遅延、光ファイバの有効活用を実現する手段として、APNの適用を検討しています (図3)。具体的には、MFHのC-RAN構成において、DUとRUの間をAPNで接続します。大容量・低遅延を実現するAPNを適用することで、次の3つの効果が期待できます。1番目は、波長多重方式による光ファイバの有効活用です。波長多重方式によって複数の通信を1つの光ファイバに束ねることができるAPNを利用することで、1本の光ファイバに複数のRUとDUの間の通信を重畳することができ、C-RAN構成において効率的にMFHを構築することができます。2番目は、基地局構築 (増設) リードタイムの最短化です。前述のとおり、

APNは波長多重方式により、1本の光ファイバに複数のRUとDUの間の通信を重畳することができます。これにより、RU増設時、RU収容部に波長の追加設定を行うことで構築が完了し*1、あらたに光ファイバを敷設する必要はなく、回線調達リードタイムの最短化が可能となります。3番目は、基地局数の増大に対する消費電力の低減化です。5G RANの拡大に伴い、基地局の数も増えていくと予想され、RANを構成する機器の消費電力の増加が課題となっています。そこで、例えば、時間帯に応じて、トラフィックの少ないエリアのDU/RUの起動・停止と連動して、APNの波長パスを動的に接続・切断することで、RANを構成するネットワーク全体の消費電力低減が可能になると考えています。

■MFHへのIOWN APN適用の実証結果

MFHへのAPN適用に関しては、実証実験も進められています。2024年1月に、NTTとNokiaの共同により、IOWN APNによって動的に経路の変更が可能なMFHの実証に成功しました⁽¹⁾。実証実験では、5GのRUとDU間をIOWN APNによって接続し、長距離伝送においても5GのRUとDUがデータ転送を含めて正常に動作することを検証しました。検証においては、IOWN APN機器構成や伝送方式など、IOWN GFのIOWN for mobile networkのProof of Concept (PoC) Reference⁽²⁾

*1 1本の光ファイバに多重可能な波長数の範囲である場合。



実証結果

基地局動作：正常、通信品質：影響なし、遅延時間：133 μ s

図4 実証検証における構成と結果

に準備のうえ実施しました。また、さまざまなAPN機器の導入形態を想定し、長距離伝送を行うAPN機器区間（APN-TとAPN-Gの間、APN-GとAPN-Iの間など）の距離を変えた検証も行いました。実証実験の結果、さまざまなIOWN APN機器の導入形態において、伝送距離25 kmの環境でRUとDUが正常に動作し、データ転送時の速度やロス率などの通信の品質にも影響がないこと^{*2}、遅延時間が133 μ sであることを確認しました（図4）。また、遅延時間が133 μ sであることから、最大距離約30 km^{*3}まで長距離伝送が可能であることも机上にて確認しました。

■MFH over APNのユースケース (Elastic Load Balancing)

APNのユースケースについても、IOWN GFを中心に検討が進められています。現在、IOWN GF IMN-TFでは、ユースケースの1つとして、Elastic Load Balancing機能によるモバイルネットワークの省電力化が検討されています。モバイルネットワークの利用人口について、ビジネス地区の人口は、昼間は非常に高く、夜間は非常に低くなります。一方、住宅地区の人口は、昼間は低く、夜間は高くなりま

す。現在、日本のRANシステムは、人口密度の高い都市地域の半径10 km以内で運用されているケースが多いです。このRANシステムの伝送路にAPNを適用することで、カバレッジを強化し、より広いエリアをカバーすることが可能となります。RANシステムのエリアが拡大することで、昼間の人口が多いエリアと少ないエリアとの間で人口バランスを考慮した最適な数の基地局で運用することができます。さらに、APNの波長パス切替技術（Elastic Load Balancing機能）により、効率的にRUとDUの間のサイトの切り替えを実施することができます。これらの運用と技術により、最適なパフォーマンスとエネルギー効率を得ることができ、低消費電力を実現します。

■MFH over APNの今後の取り組み

今後の取り組みとして、将来の6G時代に向けたAPNプロダクトの検討も始めています。6Gでは大容量化等に向けてミリ波、サブテラヘルツ帯等の高周波数帯の活用が期待されています。高周波数帯は、周波数の特性上、ミッドバンドより減衰が大きく電波が遠くまで届かないため、これまでより多くの基地局設置が必要となります。そこで、RUとアンテナ間に、アナログRoF (Radio over Fiber) の技術⁽³⁾を活用し、さらに当該伝送区間にAPN適用することによる光ファイバの有効活用、新たな価値創出の検討を行っています。

また、現在は、モバイルオペレータごとにRAN設備を構築していますが、前述のとおり、6G時代では多くの基地局が必要となり、RAN設備にかかわるコストが課

題となってきます。そこで、アンテナやAPNの伝送路を複数のモバイルオペレータなどでシェアリングすることにより、オペレータのネットワークコストを低減するなど、6Gの早期普及に向けて検討を進めています。

■参考文献

- (1) <https://group.ntt.jp/newsrelease/2024/01/18/240118a.html>
- (2) https://iowngf.org/wp-content/uploads/formidable/21/IOWN-GF-RD-MFH_over_APN_PoC_Reference_1.0.pdf
- (3) <https://journal.ntt.co.jp/article/1248>



(左から) 岡崎 秀一 / 深江 誠司
大矢根 秀彦 / 堤 敏昭

IOWNプロダクトデザインセンタは、移動・固定の多様な端末やアクセス形態を意識させないシームレスな移動固定融合ネットワークの開発・普及戦略を策定・推進しています。さらに、IOWN構想のキープロダクトの適用や新たな価値創出も検討しています。

◆問い合わせ先

NTT IOWN総合イノベーションセンタ
IOWNプロダクトデザインセンタ
TEL 03-6810-1197
E-mail syuichi.okazaki@ntt.com

*2 従来の形態であるRUとDUの間を光ファイバで直接1対1接続したときのデータとAPNの形態であるデータを比較し同じ値であることを確認しています。

*3 実証実験時の遅延時間が133 μ sとなり、規定遅延時間160 μ sに対し27 μ s、光ファイバの距離にして5 km延伸可能なため合計として約30 kmまで接続可能であると算出しています（光ファイバの遅延時間は5 μ s/km）。