

## 7 APN を支える光アクセスシステム技術

# 低遅延をロバストに実現する 光アクセスシステム技術

NTT 研究所はネットワーク（以下、NW）のエンド-エンドにおける遅延の極小化、消費電力の削減といった課題の克服に取り組んでいる。そのために必要となる光アクセス領域のシステム、伝送方式、制御方式の研究開発を行う NTT アクセスサービスシステム研究所（以下、AS 研）光アクセス基盤プロジェクト（以下、A 基 P）から、IOWN 時代の超低遅延をよりロバストかつ柔軟に提供可能とする技術を中心に紹介する。

### 低遅延 FDN の進展状況

IOWN 構想の実現に向けさまざまな企業が議論を行う IOWN Global Forum（以下、IOWN GF）では、大量のカメラやセンサから得られるデータをリアルタイムに収集し、自律制御を行うサイバーフィジカルシステムや、労働人口減少への対応という観点からも期待が高い遠

隔操作や XR ナビゲーションなど、没入感を高め人の認知を拡張するユースケースが例示されている。特に、APN（All-Photonics Network）の大容量・低遅延性と、AI 等の計算機による援用を活かした、高精度かつ安全なリモート操作・制御への期待が年々高まっている。

A 基 P では、低遅延 FDN（Functional Dedicated Network）という NW 構成技術を提案し、



NTT アクセスサービスシステム研究所  
光アクセス基盤プロジェクト  
主席研究員 吉田 智暁 氏

「NW・サービスに生じる変化に即応する機能」、「エッジ処理用の計算資源の高速な割り当てや入れ替えを行う機能」により、光区間、エッジ処理を含め、遠隔操作システム全体でロバストな低遅延・低ジッタの NW を提供するデモンストレーションを行った。今年度はこの低遅延 FDN に無線要素やオートメーション要素を加えることで、効率的な DX の実現と同時に、ミッションクリティカルな要件を満たすことが可能であることをデモンストレーションする。具体的には、無線利用状況を把握し外部システムへの通知を行う Cradio® と低遅延 FDN を拡張連携 IF（eCTI）を介して連動させる

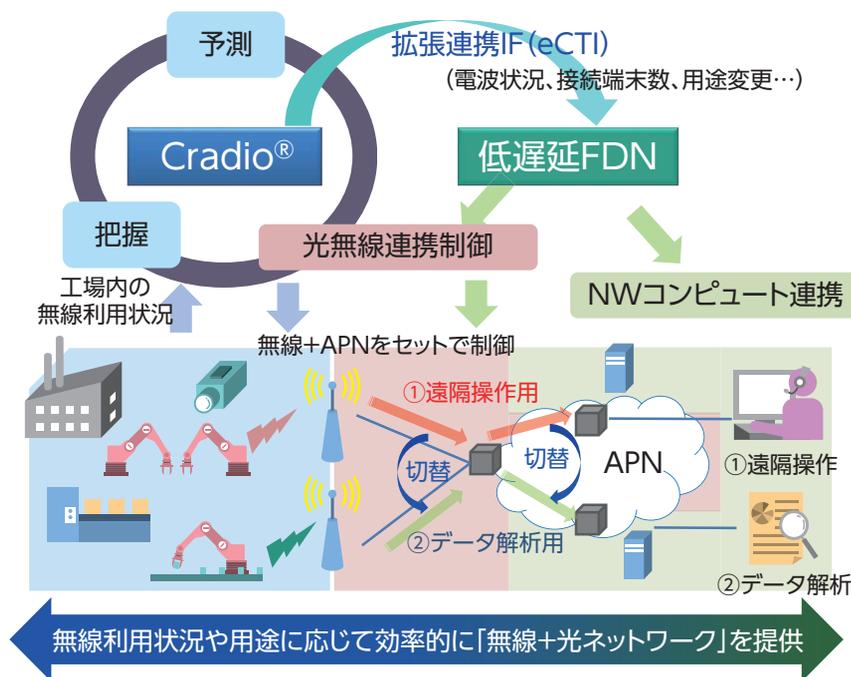


図1 Cradio® ×低遅延 FDN

ことで、無線+光区間のロバストなリアルタイム制御を実現する光無線連携技術や、共用網や多数のアプリケーションを多重伝送した場合にもフレームの遅延揺らぎを極小化できるディレイ・ジッタ技術、産業用NWプロトコルのSDN化による新たなユースケースを展示する予定である。

### APNに資するPh-GWや伝送技術の動向

A基Pでは従来より、端末をフルメッシュかつEnd-to-Endで接続し、中継に電気処理を極力用いない光パスによる大容量、低遅延の伝送を可能にするAPNにおいて、ユーザが通信プロトコルを意識せずにEnd-to-Endの主信号の開通・停止を提供するPhotonic Gateway（以下、Ph-GW）を提唱・研究開発している。IOWN GFでは、これらの提唱が反映した新しい文書、Open APN Functional Architecture Release 2が2023年10月にリリー

スされた。Release 2では、従来のDWDM信号の多重だけでなく、ファイバセンシングや量子暗号通信といった、DWDM多重を用いない伝送方式、プロトコルを収容可能とするファイバクロスコネクタ層が定義され、収容するリモート端末（APN-T）を遠隔からインチャネルで監視制御する方式が新たに提案された。

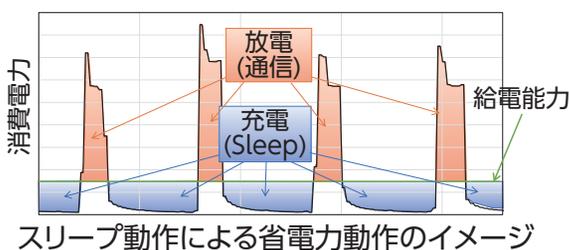
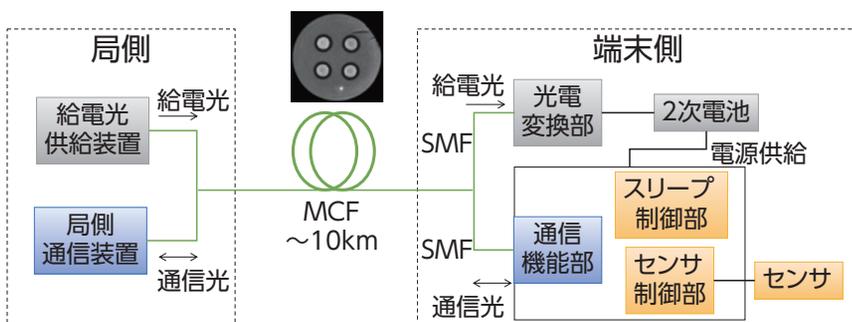
またファイバクロスコネクタ層は、APNの更なる経済化に向けて、デジタルコヒーレント伝送よりも構成が簡易で安価な強度変調直接検波（IM-DD）伝送方式の適用が可能になるという利点も挙げられる。しかしIM-DD方式の高速化においては、波長分散によって信号品質が激しく劣化するため、伝送距離が制限される。A基Pでは、波長分散が発生しない光ファイバの零分散波長に発振波長を合わせるために、送受信器を用いて伝送区間の零分散波長を推定する技術を開発中である。

以上のようにA基Pでは、多様

な伝送方式を収容するためのAPNに適用可能な新たな知見、新たな機能構成を提案している。今後もPh-GWや伝送技術の提案を通じ、より実用的なAPNの発展に向けた研究開発を行っていく予定である。

### 光給電IoTアクセスの新たな展開

これまでA基Pでは、山岳や海などでの観測、またダムなどの設備の監視といった、ルーラルエリア、無人環境でのデータ収集をIoTが担うというユースケースを想定し、光ファイバによる通信の光エネルギーを利用してIoT通信を可能にする『光給電IoTアクセス』の研究開発に取り組んできた。光ファイバを用いた電力供給は、光ファイバの入力パワー制限や安全基準により給電電力が制限され、安定した通信環境提供のために通信端末の低電力化が必要である。特にシングルモードファイバは、長距離伝送は可能であるものの、そのファイバ1芯に安全に入力可能な電力は限られ、結果受信端末から取り出せる電力は現状数十mW程度となっている。今回は昨年に引き続き端末の超低消費電力化・スリープ機能の実装により、給電能力の少ない環境での通信端末動作をデモンストレーションする。さらに、A設Pと連携しマルチコアファイバを活用した光給電により1芯あたりの供給電力を増加させ、給電光と通信光の伝送コアを分離させることで、シングルモードファイバよりも多くの電力を供給しつつ、1芯のファイバで通信と電力供給を同時に提供可能であることを示す。



スリープ動作による省電力動作のイメージ

図2 光給電IoTアクセス技術の構成とスリープ動作イメージ