

## 4 光トランスポートシステムプロジェクト

# IOWN APN加速に向けた、光トランスポートシステムに関する研究開発の取り組み

光トランスポートシステムプロジェクトでは、IOWN (Innovative Optical and Wireless Network) におけるオールフォトリックネットワーク (All Photonics Network; APN) の実現加速に向けた技術開発に取り組んでいる。本稿では、APN 高度化・普及拡大に向けた、光伝送ネットワーク、ホワイトボックス NOS、並びに APN コントローラの技術開発について紹介する。

### APN 高度化に向けた、光伝送ネットワークの技術開発

IOWN の基盤となる APN は、フォトニクススペースの技術を導入することにより、情報処理基盤のポテンシャルを大幅に向上させようというものである。2022 年度にネットワーク間光化を実現する APN1.0 が導入されたが、APN のさらなる高度化と普及拡大に向け、光伝送ネットワークの高速化・大容量化、他の光伝送システムや光送受信装置を光のまま APN 網に接続する光インタフェースのオープン化、光ネットワークの付加価値向上などに取り組んでいる。

光伝送ネットワークの高速化・大

容量化の実現に向けては、世界最先端の光通信デバイスや最新技術・ノウハウを活用することで既存の 100Gbit/s ベースの光伝送ネットワークに

比べて、伝送容量を 10 倍以上に拡大する大容量化を進める一方で、ROADM (Re-configurable Optical Add/Drop Multiplexer) 機能部と光送受信機をオープンな光インタフェースで分離して、光送受信機の効率的な調達と光・電気変換削減による設備コスト削減ならびにシステ



日本電信電話株式会社  
ネットワークイノベーションセンター  
光トランスポートシステムプロジェクト  
(左から) 担当課長 小谷川 喬氏 担当課長 須田 祥生氏  
担当課長 土屋 英雄氏 担当課長 船津 玄太郎氏

ム消費電力削減を進める。さらに、APN が提供する付加価値の 1 つとして、光伝送ネットワークの低遅延化技術と高セキュア伝送技術の開発を進める。

図 1 に目指している APN 光伝送ネットワークの高度化を示す。高密度波長多重技術 (DWDM : Dense Wavelength Division Multiplexing) およびデジタルコヒーレント技術をベースとした光伝送ネットワークでありつつ、複数波長バンド (C バンド + L バンド) にまたがって、1 波長当たり 1Tbit/s 超の超高速な光信号を多重することで、伝送容量の大幅な拡大を図る。光伝送ネットワークの高速・大容量化に向けた技術開発の取り組みとして、光信号の変調レート的高速化と変調多値度の向上を図ることで実現した 1 波長当たり

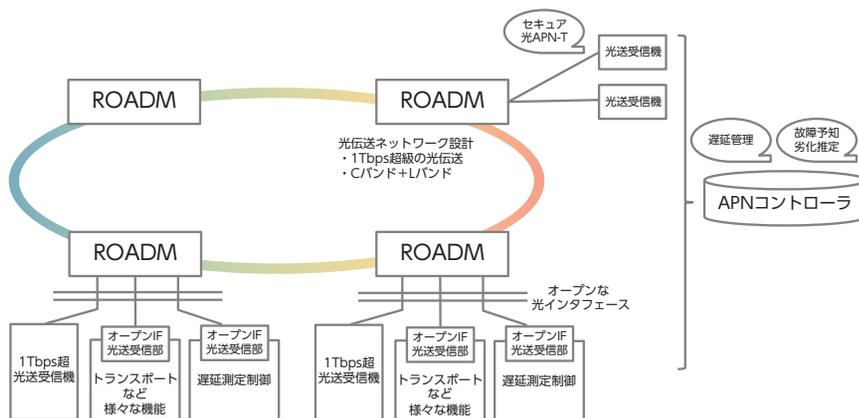


図 1 APN 光伝送ネットワークの高度化

1.2Tbit/sの光信号を用いて、敷設済み商用光ファイバでの世界最長336kmの伝送実験を成功させた<sup>\*1</sup>。本実験で得た技術やノウハウを活用して、1Tbit/s/λを大幅に超える超高速大容量APN伝送システムの技術開発を推進していく。

光伝送システムのオープン化に向けては、各機能部間をマルチベンダで接続して相互運用するためのインタフェースを定義したOpenROADM MSA (Multi-Source Agreement) やOpenZR+ MSAなどのオープン化に向けた動きが活発化していることを踏まえ、マルチベンダ接続時の伝送可能距離の評価やマルチベンダシステムの統合的な監視・運用制御などの課題に対する検討を進めている。具体的には、マルチベンダ光接続を考慮した光伝送ネットワーク設計手法や、光信号の特性変化を故障の予兆としてとらえることでプロアクティブな保守を実現する劣化推定技術などの確立に向けて技術開発を進めている。

さらに、APNの付加価値機能として、2022年度に開発したAPNの低遅延性を最大限生かすエンドツーエンド(E2E)通信パスを提供するための遅延マネジメント伝送システムに加え、ユーザにとってより身近な信号フォーマットを扱うことができるHDMIやUSBなどの信号を低遅延に転送する技術開発を進める。また、セキュアな通信が特に求められる金融・医療等のユースケースに対応するセキュアな光トランポート技術の開発も進める。

## APN トランシーバ普及に向けたホワイトボックス NOS の技術開発

APN仕様に則ったプラグブル光コヒーレントモジュールとしての光送受信機(以降、APNトランシーバ(APN-T)と呼ぶ)を搭載して、APNへ接続する装置の実現に向けて、ホワイトボックススイッチを用いた経済的かつ柔軟なNW構築・迅速なサービス提供を目指した研究開発を行っている。既に商用基盤に導入されているNTT内製ホワイトボックス用ネットワークOS、“Beluganos”に加え、更なる拡張技術である、多様な通信サービスに対応するための通信機能向けミドルウェア技術であるオープンミドルウェアについて紹介する。

多様な要件に対応した通信サービスの提供に向けては、様々なハードウェアで実現されるパケット処理、光信号処理を、通信サービスアプリケーションから柔軟に複数組み合わせ活用する仕組みが求められる。

加えて、ハードウェアはホワイトボックススイッチによりオープン化が進む一方で、ソフトウェアのオープン化はまだ不十分である。これらの解決に向けて通信事業者が必要な機能を柔軟に利用可能とするために、機能の追加削除が容易でモジュール性の高いオープンソース技術に立脚した通信機能向けミドルウェア技術、“オープンミドルウェア”に取り組んでいる(図2)。モ

ジュール性の高いオープンソース技術に立脚するため、コンテナ技術を積極利用したオープンソースソフトウェアのネットワークOSであるSONiCを基に機能拡充する方針で研究開発を進めている。機能追加容易性の実現に向けては、①アプリケーション利用拡大に向けたAPI定義、②外部インタフェースによる制御対応、③不足機能の先行搭載の3点を実施している。

SONiCではルーティング機能はBGP(Border Gateway Protocol)のみ実装されているが、APNにおいては、OSPF(Open Shortest Path First)等の様々なルーティング機能が必要となることが想定される。そこで①の取り組みとして、サードパーティ製のルーティング機能を統合可能にする内部データ構造拡張・インタフェース変換機構の実装・検証を実施した。また②の外部制御インタフェース機能として、他システム連携を見据え、通信事業者で採用例が多いNETCONF設定制御インタフェースの実装・検証を実施した。加えて③の取り組みとして、データセンタで用いられるECMP(Equal-Cost-Multi-Path)向けの

通信機能向けミドルウェア技術

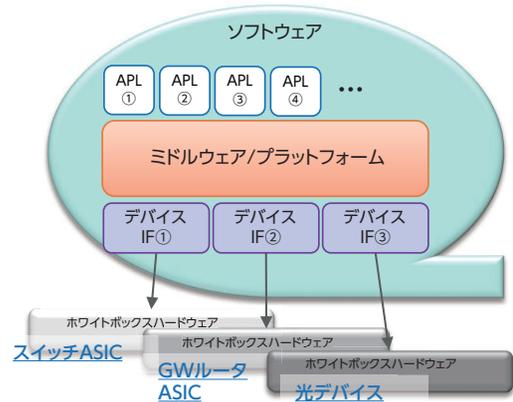


図2 オープンミドルウェア

経路更新を効率化する、Linux で既に採用されている方式に新規対応した。さらに APN-T 向けの光デバイス対応の新規開発にも取り組んでいる。

これらの拡充した機能は、社会実装として広く普及することを目的に SONiC 開発コミュニティへ提案し、経路更新の効率化方式は機能の採択が決定している。今後、更なる SONiC 機能拡充・コミュニティ提案に継続的に取り組みつつ拡充機能の Beluganos への展開も計画 중이다。<sup>※2</sup>

### 品質管理・運用の更なる高度化に向けた APN コントローラの技術開発

IOWN の基盤である APN を実現する上で重要な要素の 1 つが、ネットワークの品質管理・運用を掌る APN コントローラ (APN-C) である。従来よりも大容量で低遅延な APN サービスの実現には、コントローラの役割がより重要であり、品質管理・運用の高度化に取り組んでいる。

APN-C の基本機能として、マルチベンダ環境での E2E のパス設定機能「APN 制御 (E2E パス設定)

機能」と、開通保守・情報収集分析を行う「APN 運用・インテリジェント機能」がある。

「APN 制御機能」は、従来のシングルベンダのネットワークと異なり、マルチベンダ環境下において E2E パス設計・設定を実現する機能である。光伝送ネットワークとパスの端点である APN-T を制御し、シームレスな設計・設定を実現する。

「APN 運用・インテリジェント機能」は、E2E パスの情報収集・警報監視等により、APN の保守運用に必要な機能を提供する。更に光レイヤとサービスレイヤを跨ったネットワーク情報の可視化やパフォーマンスモニタリング (PM) 情報を活用し、先述の劣化推定技術等と連携して、故障を未然に防止するインテリジェントな機能を提供する。

APN-C の構成は、基本プラットフォーム、運用インテリジェント、アダプタ (装置制御) の 3 層で構成される。図 3 に構成イメージを示す。

基本プラットフォーム層は、ネットワーク制御、ネットワーク情報収集分析の機能を具備し、E2E のパス設定やパス監視の基盤となる。アダプタ (装置制御) 層は、光伝送ネッ

トワーク、APN-T をシームレスに接続するため、APN-C、装置、NE-OpS (Network Element-Operations System) の間の設定パラメータや制御シナリオの調整・整合を行う。運用インテリジェント層は、構築、開通、保守において、迅速で安定した APN 運用に必要な機能を提供する。例えば、テレメトリや E2E パスの試験機能を利用し、高解像度で適材適所なネットワーク情報収集により、きめ細やかで能動的な保守対応を可能にする。また、マルチベンダで構成されたネットワークにおいて、一元的に E2E パスの情報を収集し、原因警報や波及警報の特定を可能にする。その他、サービスレイヤと波長レイヤの相関分析によるサービス影響やり障範囲の迅速な特定、並びに光学デバイス監視と光学的な測定による予防保全を可能にする機能を提供する。

今後、APN の早期実現と拡充に向けて、APN の特徴を活用し、マルチベンダ環境における E2E の設計、設定、保守運用機能の高度化検討を推進する。ネットワークの情報を収集し、分析し、制御する一連のサイクルを拡充・高度化し、付加価値の高い運用・インテリジェント機能の開発を目指す。

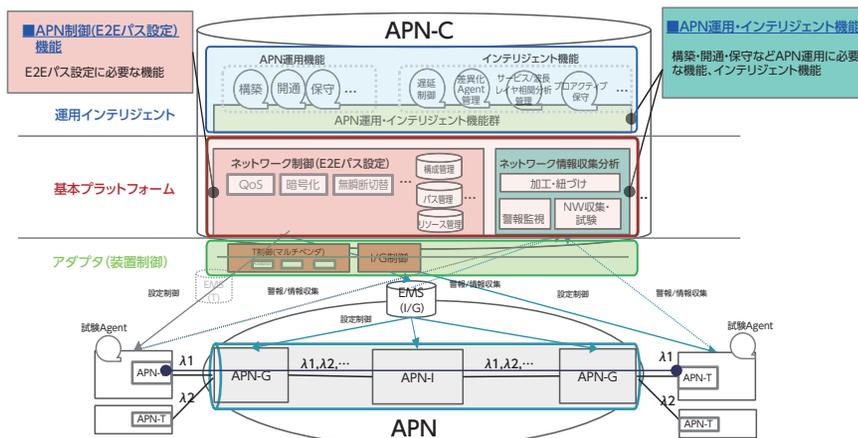


図 3 APN コントローラ構成イメージ

※1 本実験の一部は、総務省委託研究「新たな社会インフラを担う革新的光ネットワーク技術の研究開発 課題I」、「グリーン社会に資する先端光伝送技術の研究開発 課題II」(JPMI00316) およびNICTの委託研究「Beyond 5G超高速・大容量ネットワークを実現する帯域拡張光ノード技術の研究開発 (課題番号045)」により得られた技術の一部を利用している。

※2 本研究成果は、国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT (エヌアイシーティー)) の委託研究 (JPJ012368C04801) により得られたものです。