

4 情報ネットワーク総合研究所

あらゆるものをつなぐサステナブルな 情報ネットワーク社会基盤により新たな価値を提供

情報ネットワーク総合研究所では、あらゆるものをつなぎ、サステナブルな情報ネットワーク社会基盤の実現を通じて、新たな価値の提供をめざして研究開発を進めている。本稿では、本格的な IOWN 展開に向けた最新の研究開発動向について紹介する。

はじめに

情報ネットワーク総合研究所では、あらゆるものをつなぎ、サステナブルな情報ネットワーク社会基盤の実現を通じて、新たな価値を提供するというビジョンのもと、本格的な Innovative Optical and Wireless Network (IOWN) 構想の展開に必要な技術確立を見極めるとともに、2030年までの展開計画の立案に向けた研究開発を推進している。具体的には、① IOWN 構想の面的展開を実現するネットワークの確立、② 強靱性の高いネットワークおよび故障の波及抑止および早期収束に資する技術の創出、③ 環境負荷ゼロ技術と環境適応技術の3つの方針のもとに取り組みを進めている。

本稿では3つの取り組み方針に沿って最新の研究開発動向および展開計画を紹介する。

IOWN 面的展開に向けた 取り組み

IOWN 構想の特徴である超低遅延、大容量化、低消費電力を備えたネットワークでは、固定、移動回線

などさまざまなユーザに対してオンデマンドにネットワークサービスを提供できることが求められる。ネットワークサービスシステム研究所では、光ネットワークの新たな設計・制御する基盤技術、異なる通信インフラを融合、協調するインクルーシブコアの設計・連携技術、5G/6Gの無線技術といったネットワーク基盤技術を研究し、IOWNを構想から実現に進めている。本稿では、IOWN 構想を支えるコア技術を紹介する。

■将来のAPNを支える制御/ 基盤技術

IOWNでは光パスや光ネットワークをさまざまな用途に対して適したグレードでオンデマンドに利用できるようにすることで、オールフォトニクス・ネットワーク (APN) を社会インフラ基盤に導入することをめざしている。APNの実現に向け、APNを横断するエンド・ツー・エンド (E2E) の光パス提供に寄与する Photonic Exchange (Ph-EX)、および Photonic Gateway (Ph-GW) の2つのノードと APN コントローラ (APN-C) および機能別専用ネッ



日本電信電話株式会社
研究開発担当役員
情報ネットワーク総合研究所
所長 辻 ゆかり氏

トワークコントローラ (Function Dedicated Network (FDN)-C) の2つの制御技術の研究開発に取り組んでいる。Ph-EXは世界初となる波長帯変換機能を備えたマルチバンドクロスコネクタ光伝送システムによって波長収容効率を向上させることで増設数を削減することができる。C+Lバンドに動作波長帯域を拡大した従来のマルチバンド伝送技術では、波長信号間の相互作用により信号品質の劣化が発生するために再生中継トランスポンダが必要であった。この対策として光ファイバの種別、長さといった簡易な情報をもとに波長ごとの入力時パワーを最適化することで信号品質劣化を抑制できるため再生中継トランスポンダ

が不要となる。Ph-GW はユーザ装置の主信号プロトコル種別に依らず收容、監視・制御する機能を持つことで、さまざまなユーザ装置を容易に低遅延で接続することができる。APN-C は E2E の光パスを動的に制御することにより光パスを必要に応じて形成、FDN-C はグレードに応じてサービスネットワークを構築することで使い方に適したグレードで理想の高品質サービスを低コストに実現する。

2023 年度には波長変換機能とマルチバンド伝送延長化機能を持つ Ph-EX、波長手動設定等の機能を持つ Ph-GW プロトタイプを試作し、基礎特性を確認した。今後は基本機能の実証に加え、将来の APN の面的拡大に向けて Ph-EX / Ph-GW / APN コントローラ体による E2E での実証を進め、商用化をめざす。

■6G / IOWN時代のコアネットワーク「インクルーシブコア」

これまでのネットワークはクラウドと端末の情報処理とは独立して情報の転送を担ってきた。クラウドや端末でさまざまな情報処理が進む一方、ネットワークでは情報転送の区間や役割が固定的であるため、先進的なサービスの提供範囲や端末に制約が生じてしまう。また個人情報のデジタル化が進み先進的なサービスでの利用が期待される一方で、意図しない個人情報の収集、個人の特定、個人情報の濫用などが懸念されている。

6G/IOWN 時代のコアネットワークであるインクルーシブコアは、サイバー空間と物理空間、コンピュー

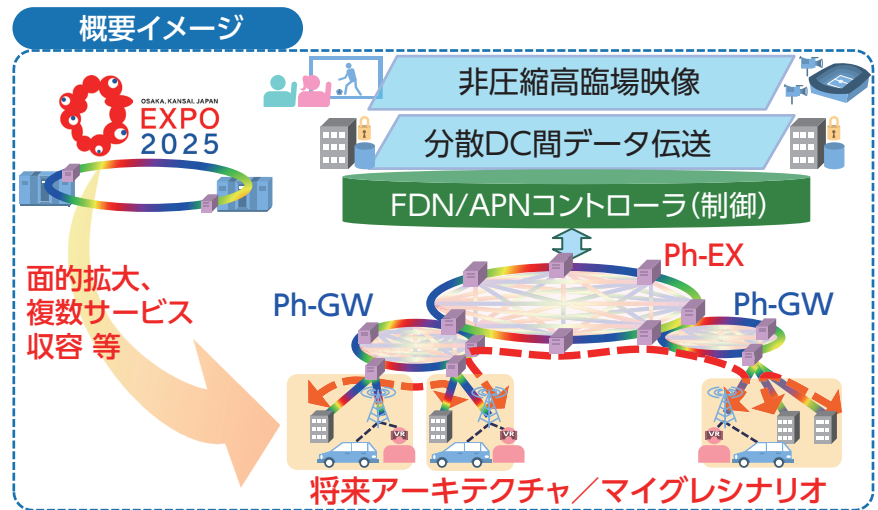


図1 APNを支える制御/基盤技術概要

ティングとネットワーク、アナログとデジタル、移動通信と固定通信といった通信サービスや環境変化を多面的に融合・協調するさまざまな技術によって将来の共通の基盤になることをめざしている。具体的にはネットワーク融合サービス高速処理基盤 (ISAP: In-network Service Accelerator Platform)、ユーザ主権によるアイデンティティ管理と情報流通 (SSI: Self-Sovereign Identity) 基盤などの要素技術から構成される。

ISAP は In-Network Computing としてクラウドや端末でのサービスに係る情報処理を仲立ちし、両者を高速に同期・協調させながら通信環境やサービス利用環境に即して、ネットワーク内のハードウェア間で連鎖的な処理基盤を形成する。ネットワークがクラウドと端末の情報処理をいつでもどこでも協調させることで高速化できるため、お客様環境や端末、サービスに制限されないフレキシブルなサービス体験につながる。ISAP により端末スペックやア

クセス環境を問わずさまざまな先進的なサービスを利用できるようになり、より多くのユーザにサービスを提供することができる。

SSI 基盤では、ブロックチェーンを含む SSI を実現する技術である分散型識別子 (DID: Decentralized Identifiers) や 検証可能な資格証明 (VC: Verifiable Credentials) と、IP アドレスなどのユーザを識別できる情報を隠蔽する技術を組み合わせることで、プライバシーに配慮した個人資格情報のセキュアな提示を実現している。これにより、デジタル化された個人のプライバシー情報が収集される心配なく、パーソナライズされたサービスを安全に利用することが可能になるとともに、サービス提供者はユーザの属性証明を活用したサービスの提供が可能となる。

ロバストなネットワーク実現に向けた取り組み

自然災害などによるネットワーク故障が発生した場合や、新たなネットワークサービスを提供する場合に

備え、変化に強靱なネットワークを設計し、アジャイルで効率的に運用することで被害影響を最小化しサービス品質を向上することが期待できる。そこでネットワークサービスシステム研究所およびアクセスサービスシステム研究所で連携し、Artificial Intelligence (AI) を用いて自己進化型ゼロタッチオペレーション (ZTO) の適応範囲を拡大することでロバストなネットワークの実現をめざして研究をすすめている。本稿では、大規模故障と複雑・未知故障への対応技術について紹介する。

■レイヤ跨りでのサービス状態の見える化

大規模故障発生時に的確かつ迅速な状況把握を支援するために、複数のネットワークの管理情報を汎用モデルで統一的に管理し、サービス影響を速やかに導出することをめざし、Network Operation Injected Model (NOIM) の研究開発を行っている。この技術では、ネットワー

クインフラ運用における大量で多様な情報を多角化に分析し、措置までを自動連携するとともに、環境変化に自立適応するネットワーク AI が求められる。さらに多種多様なネットワークやサービスの種類に依存しない汎用的なデータモデルを採用することで、伝送・イーサ・IPなどのマルチレイヤネットワークにおいて大規模な故障が発生した場合に、レイヤを跨いだ影響の把握が可能となり、初動および初報対応を迅速に行うことができる。また、汎用モデルの物理情報と上り下りの通信経路情報を括り付け E2E でのサービスのつながりにくさ、すなわち不安定区間を判定することで複数故障が発生した場合に復旧の優先順位を迅速に判断することができる。

■カオスエンジニアリング活用 ネットワーク-AI 自律学習

仮想化技術の活用が進むことにより、ネットワークシステムはより複雑となりブラックボックス化が進む中、異常を早期に把握することは大

きな課題となっている。またオペレーションの人的ミスの防止や効果的なサポートの実現も課題である。そこで原因不明な故障を未然に防ぐために、疑似故障挿入技術 (カオスエンジニアリング) 等を活用して検証試験を行い想定外の事象を洗い出す可能性を高め、さらにはネットワーク-AI で自律的に復旧する技術の実現をめざしている。商用サービスと類似したデジタルツイン (DT) 等の検証環境においてカオスエンジニアリングを活用し、さまざまなイベントを人工的に発生させ、イベントに対する復旧方策をネットワーク-AI に自律学習させることで、装置の不具合を洗い出す可能性を高め、想定範囲を超えた故障事象の発生を減らすことが期待できる。

■サービス品質向上に資する 定量化・制御技術

サービス提供者やユーザがサービスに求める要求 (Intent: インテント) に近年注目が集まっている。例えば VR 映像サービスでは、リアル空間にいるような視聴覚体験を実現したい、e スポーツであればパフォーマンスに影響のないスムーズな操作を実現したい、自動作業・運転ロボットであれば人間と同等あるいはそれ以上の精度・時間で運搬作業や物体検知等の必要なタスクを達成したいなど、サービスにより多様なユーザのインテントが存在する。一方で、サービス提供者側はこれらのユーザ要望を実現したうえで、データ伝送量を最小限に抑えることで運用コストを削減したい、クレームに迅速に対応しユーザの満足度を維持したいなどのインテントがあ



図2 ロバストネットワーク技術概要

る。こうしたサービス提供者やユーザのインテントに基づき、ネットワーク、クラウドサーバ、アプリケーションなどのマルチドメインで協調制御する技術として、インテントAIメディアータ (Mintent) の実現に向けて取り組んでいる。インテントの中には「リアルな視聴」「高い精度を実現」といった曖昧な表現もあり、オペレーションに活用することは困難である。そこでインテントを具体的な指標として分解し、各指標を定量値として定義したうえで、各サービスのユーザやサービス提供者が各指標に求める要求条件を汲み取り（インテント抽出）、この要求条件を制御可能な設定値に変換する（リソース要件変換）技術について研究を進めている。

ユーザやサービス提供者の要求に応じたサービス提供が可能となるだけでなく、インテントに応じた最適なリソース設計・制御により、ユーザやサービス提供者の満足度を下げることなく運用を効率化することができる。

環境・エネルギー問題に向けた取り組み

海水温の上昇など地球環境の急速な変化に伴い、台風や山火事といった気象災害の増加、また線状降水帯にみられる気象災害の激甚化への対応が課題となっている。こうした地球環境の変化に適応しサステナブルでしなやかな社会を実現するために、宇宙環境エネルギー研究所では、環境負荷ゼロ技術と環境適応技術の創出をめざし、新たな再生可能なエネルギーを探索する創エネルギー、および生物学的アプローチを用いた炭素吸収であるブルーカーボンといった攻めのサステナビリティ技術とともに、地球環境未来予測技術について研究を進めている。本稿では地球環境未来予測技術の一つである極端気象予測技術について紹介する。

■極端気象を予測する技術

地球環境や気象の変化に対してプロアクティブに適応するために台風と線状降水帯に着目し、予測精度の

向上をめざしている。極端気象を高精度に予測することができれば、通信設備や通信経路の予防、応急措置を行うことができるだけでなく、人員などをあらかじめ最適に配置することによって被害を最小化し、早期復旧することが期待できる。予測精度の向上への活用が期待される洋上の水蒸気や海中情報については、現状ではほとんどリアルタイムには観測されておらず、未踏領域となっているが、これらは特に台風や線状降水帯などの極端気象のエネルギー源であることが指摘されている。

そこで沖縄科学技術大学院大学 (OIST) と連携した台風直下の観測実験を行っており、横浜国立大学総合学術高等研究院台風科学技術研究センター (TRC) との連携では観測データを用いた予測精度向上に取り組んでいる。併せて国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC) と台風の経路となる太平洋での常時リアルタイムな大気・海洋観測を連携して進めており、これらの実現により予測精度のさらなる向上をねらっている。

おわりに

本稿では、情報ネットワーク総合研究所における具体的な取り組みの一部を紹介した。引き続き、国内外の研究機関、NTTグループ各社やパートナー企業と連携して研究開発を推進していく。今後も、NTTグループの一員として、IOWNを構想から実現へと進め、新たな価値を提供することにより、サステナブルな情報ネットワーク社会基盤の実現に貢献したい。

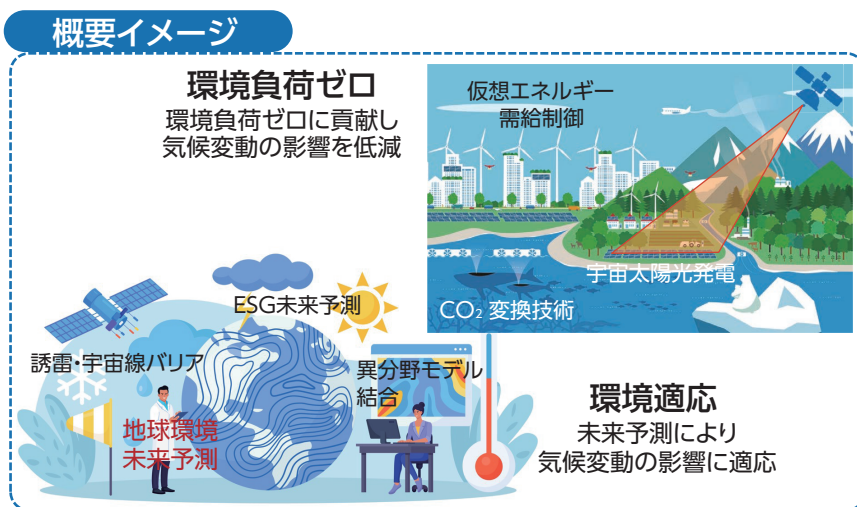


図3 環境・エネルギー技術概要