

3 APN/XR リアルタイムコミュニケーション / 協調型インフラ基盤

IOWNの発展に向けた 革新的なネットワーク基盤技術の取り組み

ネットワーク基盤技術研究プロジェクトでは、IOWNの発展に向けた革新的なネットワーク基盤技術の確立に向けて取り組んでいる。本稿では特に、オール・フォトニクス・ネットワーク（APN）を実現する光トランスポート技術、XRの実現にむけたリアルタイムコミュニケーション仕様の標準化、ミッションクリティカルなサービスプラットフォームを実現する協調型インフラ基盤技術の各取り組みについて紹介する。

革新的なネットワーク基盤技術の実現に向けて

NTT ネットワークサービスシステム研究所ネットワーク基盤技術研究プロジェクトでは、IOWNの発展を支えるネットワーク基盤技術（図1）の確立と早期の社会実装に向けて、要素技術の方式検討、国際標準化、プロトタイプ開発、フィールド実証実験、想定利用シーンへの適用性実証など、さまざまな取り組みを実施している。

光トランスポート技術では、IOWNのオール・フォトニクス・ネットワーク（APN）において、APN

を横断するエンド・ツー・エンドの光パス提供に寄与するフォトニックエクスチェンジ、及びAPNを活用した光格子時計ネットワーク技術等に取り組んでいる。

新たなコミュニケーションサービスに向けた基盤技術では、XR（クロスリアリティ）におけるリアルタイムコミュニケーション実現に向けた仕様の標準化に取り組んでいる。

さまざまなネットワーク・ICTリソースを連携/融合したサービスプラットフォームの基盤技術では、CPS（Cyber-Physical System）等



NTT ネットワークサービスシステム研究所
ネットワーク基盤技術研究プロジェクト

- ① グループリーダー 林 理恵 氏
- ② プロジェクトマネージャ 桑原 健 氏
グループリーダー 辻河 亨 氏
- ③ グループリーダー 東條 琢也 氏

のミッションクリティカルなサービスを実現する協調型インフラ基盤技術に取り組んでいる。

以降では、これらネットワーク基盤技術の各取り組みについて説明する。

IOWN APNの発展を支える 光トランスポート技術の取り組み

IOWN APNでは、高速大容量・超低遅延・高電力効率のネットワーク基盤の上でエンド・ツー・エンド光直結パスをオンデマンドで提供する事を目指している。

ネットワーク基盤技術研究プロジェクトでは、APNの発展に重要な大容量化や光直結接続を実現するための技術として、波長帯変換やマ

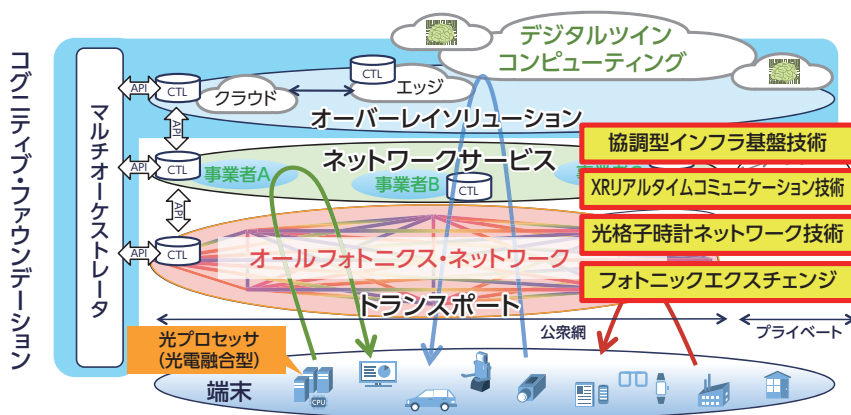


図1 ネットワーク基盤技術研究プロジェクトの主な取り組み

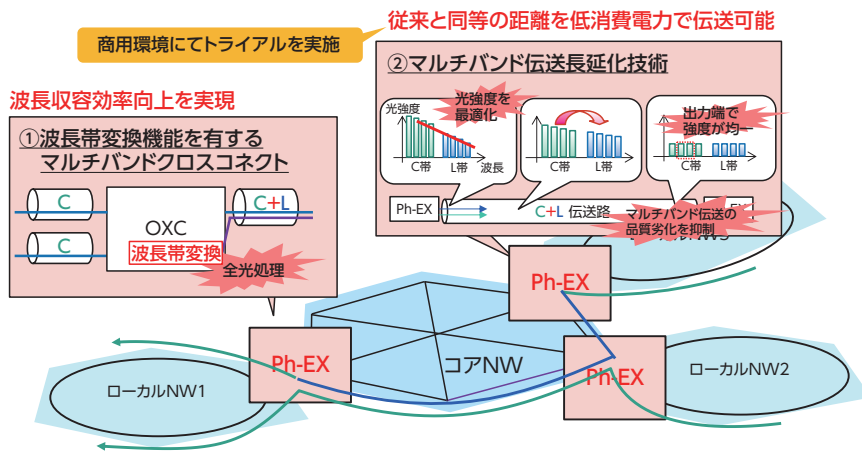


図2 フォトニックエクスチェンジが具備する機能

マルチバンド伝送長延化などの機能を具備する光ノード「フォトニックエクスチェンジ」の要素技術確立に取り組んでいる。加えて、APNの新たな付加価値として、現状の原子時計に比べて非常に高い精度の時計情報を提供する「光格子時計ネットワーク」を実現するための研究開発にも取り組んでいる。

■フォトニックエクスチェンジ

エンド・ツー・エンドに光パスを提供するためには、非常に膨大な数の光パスを収容することが求められる。ネットワーク基盤技術研究プロジェクトでは、図2に示すようにAPNが収容可能な光パス数を拡大する技術として、波長多重に活用するマルチバンド伝送技術を低消費電力で伝送距離を担保するための技術（マルチバンド長延化技術）の検討とネットワーク規模に応じてシングルバンド伝送とマルチバンド伝送を光のまま変更可能とする技術（波長帯変換技術を適用したマルチバンドクロスコネク）の検討を進めている。これらの技術を具備した大容量・高

柔軟な光ノードをフォトニックエクスチェンジ（Ph-EX）と定義し、そのシステムアーキテクチャや各要素技術の確立のため、プロトタイプを製造し、評価を進めている。

また、国内に留まらず、グローバルなパートナーとの連携を目指し、IOWN Global ForumにてOpen APNを実現するための光ノードに求められる機能についての提案をするなど、グローバル適用可能な技術や機能の定義を進めている。その成果として、2023年10月に公開されたOpen APN Functional Architecture 2.0文書にOpen APNを実現するための機能や技術の規定について貢献している^[1]。

これらの活動を通じて技術確立を促進し、IOWN APNの実現と普及

を目指している。

■光格子時計ネットワーク技術

従来の通信用途で現在用いられている原子時計の10万倍以上高い精度を達成する光格子時計の研究が進められている。この光格子時計が生成する超高精度な光周波数を活用した新たなサービス・社会インフラ実現に向けて、APNを活用して光周波数を高精度に遠隔地へ伝送し配信する光格子時計ネットワーク技術にNTT物性科学基礎研究所と連携して取り組んでいる。また、NTT東日本、NTTドコモと実証実験で連携するとともに、科学技術振興機構未来社会創造事業にて、東京大学、理化学研究所等と産学官で連携しながら取り組みを進めている。

光格子時計ネットワークの想定利用シーンの1つとして、5G/6G等のモバイルネットワークで利用される時刻情報源のバックアップがある。時刻情報源として用いられるGPS信号はその脆弱性が指摘されており、GPS信号が切れた際に光格子時計の高精度な周波数信号により長期的に高精度な時刻を保持することが可能となる。

ネットワーク基盤技術研究プロジェクトでは、光格子時計ネットワークの技術検討に加えて、想定利

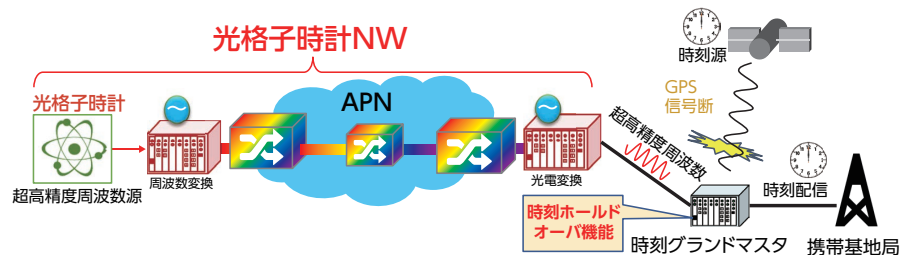


図3 光格子時計ネットワークの想定利用シーン（モバイル網の時刻保持）

用シーンへの適用性検討として、モバイル網で利用される市販時刻基準装置に対して光格子時計ネットワークが提供する高精度な周波数信号を配信した際の時刻の安定性評価を行うなど、その有効性の実証実験に取り組んでいる。

3GPPにおけるXRリアルタイムコミュニケーション仕様の標準化の取り組み

近年、国内外でメタバース・AR/VR空間におけるコミュニケーションが広がりつつある。そのユースケースとしては、日々のコミュニケーションや災害・極限環境の作業支援にはじまり、将来的には物理世界とバーチャル世界が境目なく結ばれ生産・創造活動の場となるR-V(物理・バーチャル)連続体基盤や個人・社会連続体基盤として発展することが期待されている。これらに共通して言えるのは円滑なコミュニケーションにはリアルタイム性が重要であるということである。

NTTではAR/VRに代表されるXRにおけるリアルタイムコミュニケーションの実現に向けた研究開発に取り組んでいる。本稿では、特に3GPP(3rd Party Partnership Project)におけるXR関連の検討状況とNTTの国際標準化活動を紹介する。

3GPPでは、これまで3G/4G/5Gのようなモバイル通信技術の検討が主に行われてきたが、近年のサービス・技術の急速な発展・多様化を考慮し、モバイル通信だけでなくメタバース・XR関連の検討が行われている。その中で、没入空間におけるリアルタイムコミュニケー

ションサービスの実現方式として、IMS(IP Multi-media subsystem)を拡張して実現する方式とWebRTC(Web Real-Time Communication)を用いて実現する方式の2つが検討されている。

IMSは従来キャリアサービスで用いられている音声・データ通信向けのソリューションであり、通信事業者IP電話網向けの仕様として相互接続性の高い信号方式を適用しているが、仕様が非常に複雑であり、一般的なWeb技術との親和性が低いためサードパーティによるサービス参入の障壁が高い傾向にある。そこでNTTとしては、参入障壁を下げ市場を拡大するためにはWebRTCをベースとした方式が有望であると考え、2021年より検討に参画してきた。

WebRTC方式では当初、通信相手との接続確立に用いられる信号方式が規定されておらず、実装はサービス提供者に任されていた。しかし、キャリアサービスとしてのXRリアルタイムコミュニケーションを実現するためには、事業者間・サービスプロバイダ間の相互接続性を担保する共通の信号方式が必要となることから、NTTではWeb技術と親和性が高くスケーラブルな信号方式を提案し、3GPP検討アイテムの審議の推進・取りまとめで役であるラポータとして議論を主導している。

本検討アイテムは2024年3月の3GPP本会合において公式の技術報告書として制定されることを目指しており、2023年も5回の本会合を通して、仕様化を見据えたアーキテクチャ、信号方式の検討について合意形成と文書化を進めてきた。本方

式の3GPP標準仕様化も含め、NTTでは今後もリアルタイムコミュニケーションの標準化活動・技術動向調査を通して、時代に合ったキャリアサービスの実現に寄与していく。^[2]

ミッションクリティカルなサービスを実現する協調型インフラ基盤の取り組み

協調型インフラ基盤は、CPS(Cyber-Physical System)等のミッションクリティカルなサービスの実現に向けて、複数のネットワークを品質予測に基づいて切り替える技術等を用いて、これまで農機の自動運転^[3]、自動運転レベル4の遠隔監視^[4]に取り組んできている。

■自動運転レベル4の実現に向けた取り組み

国内においては改正道路交通法が2023年4月に施行され、自動運転レベル4の公道走行が解禁されており、認可を受けた事業者は自動運転バス等の運行が可能となっている。無人での自動運転を行う場合、遠隔監視による安全管理が義務付けられており、遠隔監視に必要な映像・音声データをモバイル網を用いて伝送するため、途切れない堅牢な無線NWが必要となる。

協調型インフラ基盤では、堅牢な無線NWを実現するために、複数のモバイル回線を使い、無線の品質予測に基づいて品質劣化の発生前に回線を切り替えるプロアクティブ制御とリアルタイムの品質監視により品質劣化を検出して回線を切り替えるリアクティブ制御を併用している。これらの仕組みにより、ビル陰



図4 実証実験の走行模様

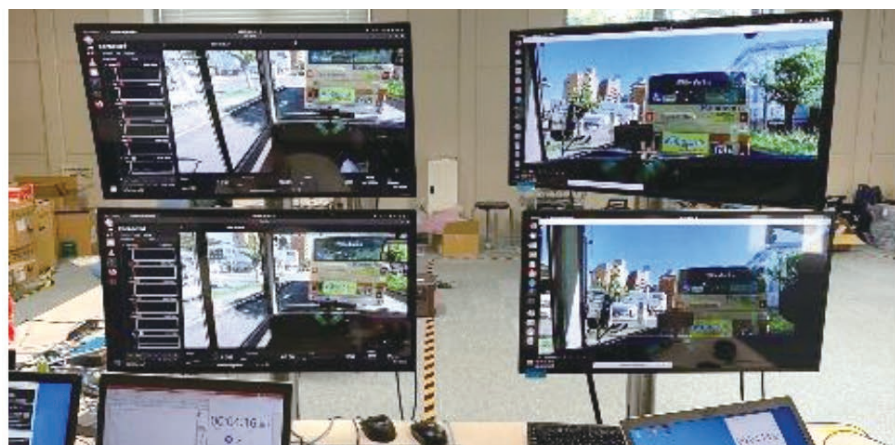


図5 遠隔からの走行状況確認

や高架下等の品質劣化が定常的に起こりやすい場所、駅周辺の混雑等により品質が変動しやすい場所など、様々なシチュエーションの品質劣化に対応することを目指している。

プロアクティブ制御では、無線品質の予測を行う Cradio[®] [5] と映像ストリームの品質予測を行う品質DBの2つの予測技術を用いることで、多面的で高精度な予測を実現している。Cradioでは無線の実効帯域を予測し、品質DBでは映像ストリームの特徴を考慮した品質劣化を予測することで、アプリケーションレイヤに影響のある品質劣化ポイントを予測し、無線の実効帯域に合わせた映像ストリームを流すことを可

能にしている。

■フィールドにおける実証実験

NS研では自動運転レベル4の遠隔監視の実用化に向けて、NTTドコモ・クロステック開発部と連携して技術確立を進めている。具体的にはクロステック開発部の遠隔管制システムに協調型インフラ基盤を組み込むことで、遠隔管制に必要な車両とクラウド間の映像・音声等の各種通信を途切れることなく伝送することを目指している。

2023年度はマイクロバス等を用いて実際に公道を走行し、遠隔管制で用いる映像・音声等の伝送実験を行い、協調型インフラ基盤のプロア

クティブ制御／リアクティブ制御により、走行中においても安定した通信が実現できるかフィールドにおける実証実験を共同で実施した。図1は実証実験の様態であり、高架下や駅周辺等、様々な場所を走行することで本技術の有効性の評価を実施した。実験中は車両からの映像データを docomo MEC[®] 経由で NTT 武蔵野研究開発センタに転送し、遠隔からの映像監視が問題なくできるか確認を行っている（図2）。実証実験の結果については、NTT R&D フォーラム 2023 にて展示を行い、動画でも研究内容の紹介を行っている。^[6]

■スマートシティ等への発展

今後は技術の成熟度を高め、自動運転レベル4だけでなく、従来から取り組んでいる農機の自動運転も含めて商用化を目指していく。また、将来的には自動運転車の普及に伴い、自動車だけでなく道路交通システムも次世代 ITS として進化していくことが想定される。今後は V2X 等の通信や運転支援に必要な情報伝達にも対応し、協調型インフラ基盤の適用範囲を広げていきたい。

参考文献

- [1] IOWN-GF-RD-Open_APN_Functional_Architecture-2.0.pdf (iowngf.org)
- [2] NTT技術ジャーナル “3GPPにおけるリアルタイムコミュニケーション関連の標準化動向” <https://journal.ntt.co.jp/article/20028>
- [3] <https://group.ntt.jp/newsrelease/2020/11/16/201116b.html>
- [4] <https://www.bcm.co.jp/site/2023/03/ntt-ns/2303-ntt-ns-01-03.pdf>
- [5] エクストリームNaaSに向けた無線技術：マルチ無線プロアクティブ制御技術 Cradio, NTT技術ジャーナル, 2021年8月号, <https://journal.ntt.co.jp/article/14898>
- [6] <https://youtu.be/jmsdOMUqFQ>