

2 ネットワーク戦略／アーキテクチャ方式／アーキテクチャ実証

IOWNの実現に向けたアーキテクチャ検討の
取り組み

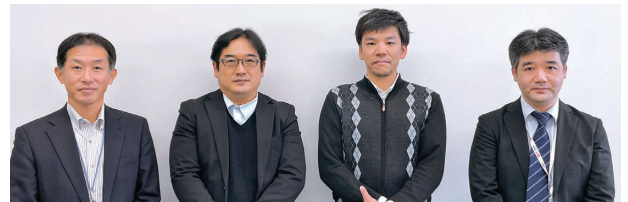
ネットワークアーキテクチャプロジェクトでは、6G/IOWNの事業導入を見据えた技術戦略の推進や、IOWN オール・フォトリニクス・ネットワークおよび移動固定融合ネットワークの実現に向けた研究開発に取り組んでいる。具体的には、IOWN Global ForumにおけるOpenAPNアーキテクチャの策定に貢献するとともに、OpenAPNアーキテクチャの実証を行っている。また、6G/IOWN時代に向けて様々な融合・協調を実現するインクルーシブコアのコンセプトを提案し、サービスアーキテクチャの実証を行っている。本稿では、その取り組みについて紹介する。

6G/IOWNの事業導入を見据えた
技術戦略の全体推進

IOWNは2023年3月に「IOWN1.0」のサービス提供が開始されるとともに、研究開発マーケティング本部が設置され、マーケットイン型でのR&D(インキュベーション)に加えて、事業化(アクセラレーション)に向けた更なる加速が進んでいる。その中で我々はネットワーク系コア研究全体の技術戦略推進として以下の2つに取り組んでいる。

1つ目は、将来の6G/IOWNを見据えたネットワーク技術の確立に向け、NW系研究所横断(NS研、AS研、NIC等)での技術戦略策定に取り組んでいる。今後、人を中心とした通信に加え、モノやサイバーシステムを起点とした通信の増加、リッチなユーザー体験を提供するための低遅延大容量映像コミュニケーション(メタバース等)やリアルタイムの無人機制御などユーザー近傍のローカルデータ交流の爆発的増加が見込まれるとともに、サイバー空間とリアル空間、移動と固定通信、コンピュータとネットワークの融合が進展する

ことを想定している。そのような世界を見据え、主に①APN(All Photonics Network)と②移動固定融合の将来ネットワークアーキテクチャ検討を進めている。①APNの技術研究については後述するが、APN step3に向け、上述の通りデータ交流の変化を見据えたネットワークのあるべき姿・構造変化を見据え、既にサービス化しているAPN step1や今後のstep2、そして事業会社の設備実態等を踏まえて研究を進めている。合わせてstep2への技術の先出しも積極的に行い、早期の事業貢献にも寄与していきたいと考えている。次に、②移動固定融合ネットワークの検討においては、人間だけでなく多様なモノが通信環境・場所・端末種別に制約されず通信可能となり、高い安定性と信頼性が求められる新世代のサービスを実現するネットワークを目指している。NTTドコモと連携し、アーキテクチャコンセプトや基本アーキテクチャを確立し、2023年



NTT ネットワークサービスシステム研究所
ネットワークアーキテクチャプロジェクト
(左から) グループリーダー 藤井 隆行 氏
プロジェクトマネージャ 安川 正祥 氏
グループリーダー 松本 存史 氏
グループリーダー 武田 知典 氏

10月にインクルーシブコアホワイトペーパー1としてまとめた。具体的な研究内容は後述するが、6G標準化を見据えグローバルベンダとの連携・共同実証を行うとともに、R&Dフォーラムやドコモオープンハウス、MWC等での展示も進めている。

2つ目は、上記のように検討を進めている6G/IOWN技術の事業導入を見据えた出口戦略の策定に取り組んでいる。サービスをお客様に直接ご提供する各事業会社の動向や課題感、国の政策や世の中のニーズ動向、NW技術に関するトレンドや動向等を収集・分析し、研究技術をいづどのような形・効用で出していくのか、出すべきなのかをロードマップ化することで、技術の出口を明確

にし、コア研究といえども事業導入を強く意識した研究推進に貢献していきたいと考えている。

IOWN オール・フォトニクス・ネットワークおよび移動固定融合ネットワークの実現に向けた研究開発の取り組み

IOWN オール・フォトニクス・ネットワーク (APN) は、任意のプロトコルに対応した大容量・低遅延・低消費電力のエンド・ツー・エンド光パスをユーザの要求するタイミングで任意の2地点間にダイナミックに提供することをめざしている。IOWN Global Forum の Open APN アーキテクチャ策定に貢献しており、OpenAPN PoC を実施するとともに、APN コントローラ構成・制御方式などの知見を反映して2023年10月に発行された OpenAPN アーキテクチャリリース2の策定に貢献した。

また、APN の光パスを利用してユーザやサービスが求める条件に応じた機能別ネットワークを構築する FDN (Function Dedicated Network) の研究開発を進めており、2023年11月に開催された NTT R&D フォーラムではオンデマンド型 APN として、研究所で試作した

APN/FDN コントローラ及び APN 装置を用いた実証を行った (図1)。

従来の IP ネットワークでは論理的な個別ネットワークを構築するためには VPN や QoS といったパケット技術を用いていたが、パケットロスや遅延ゆらぎといった課題があった。そのため、リモートプロダクションや遠隔映像コミュニケーションといった高品質な通信を必要とするユースケースの実現が難しい。一方で APN/FDN では高速大容量かつフレームロスや遅延ゆらぎがない光パスでネットワークを構築するため、従来に比べてより高度なユースケースが実現可能となる。

高速大容量かつ低遅延な通信を実現する APN は、放送や映像配信の分野において新しいユースケースをもたらす。近年では、放送や映像制作

のシステムの通信技術との融合が進み、通信ネットワークとの親和性が高くなってきていることから、APN の普及により、エンド・ツー・エンドにおいて、高精細な映像を低遅延で配信可能になる。このようなサービスを実現するエンド・ツー・エンド光映像配信アーキテクチャの要素技術について、研究開発を進めている (図2)。

本アーキテクチャの基本機能の要素技術としてネットワーク内映像処理技術を提案している。本技術は、APN 上に配備されたプログラマブル光映像スイッチ内において、映像ブロック単位での処理を行い、ネットワーク上での映像加工、編集等を可能にする。さらに、複数の映像素材に対して、編成情報やユーザからのパーソナライズ要求をもとに、ネットワーク上を流れる通信データを映像ブロック毎に書き換

換えなどの処理を行う。このように、一般的なスイッチャーなどの映像用装置を用いずに、ネットワーク装置上で映像の切り替えや合成といった映像処理が実行でき、映像データを映像信号やファイル形式に変換せずに、そ

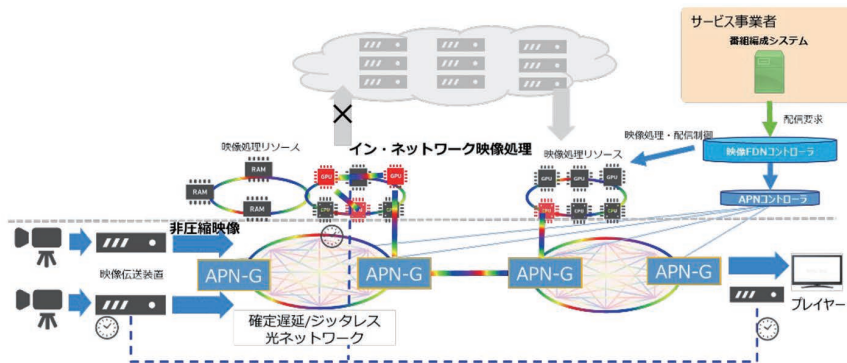


図2 エンド・ツー・エンド光映像配信アーキテクチャ

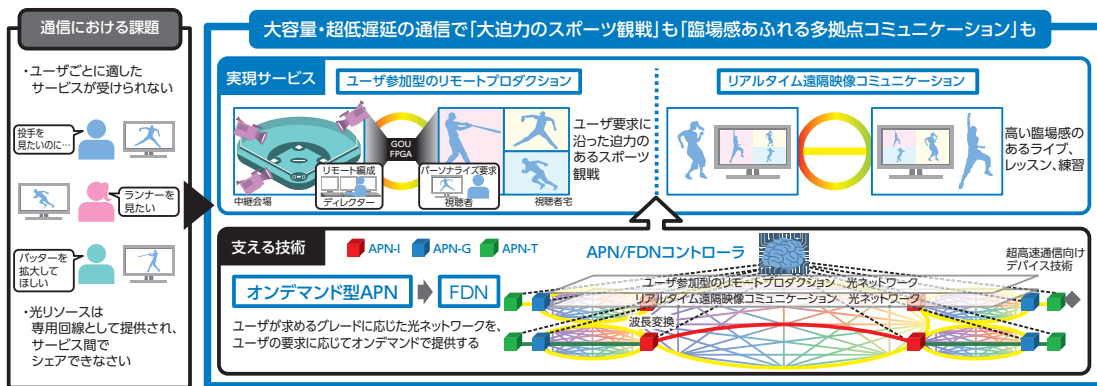


図1 APN/FDN アーキテクチャ

のまま映像処理が可能となり、低遅延の映像編集、配信機能を実現する。本技術については、放送事業者との共同実験で検証に着手するとともに報道発表を行い、NTT R&D フォーラム 2023 において、放送事業向けに、ネットワーク装置上での映像処理を用いたリモートプロダクションのユースケースデモとして展示を行った。

また、3次元の映像コンテンツであるポリュメトリックビデオの配信技術を確立した。元のデータ量が非常に大きいため、配信の効率化を実現する配信方式とデータ削減アルゴリズムを提案しており、従来に比べてより高品質、高効率な配信を実現した。

6G/IOWN 時代に向けて移動と固定に限らず、様々な融合・協調を実現するネットワークであるインクルーシブコア 1 のコンセプトを提案している。インクルーシブコアの要素技術である、ISAP (In-network Service Platform) は、ネットワーク内のコンピューティング機能として、ユーザ毎の利用シーンに合わせてサービスとネットワークを融合したコンピューティング機能を設け、さらにアクセラレータ上に処理を分散しながら高速なコンピュータ内バスで連携させることで高負荷な計算処理を端末からオフロード可能なアーキテクチャである (図 3)。

ISAP では、サービスの特性・要件を理解し必要なサーバ・ネットワーク機能を設定し専用サービス基盤を構成する。NW 機能・サービス機能ともに CPU 処理を介在さず、アクセラレータのメモリ間で直接データを転送しパイプライン処理することで確定的な高性能を実現する。

NTT R&D フォーラムでは、ロー

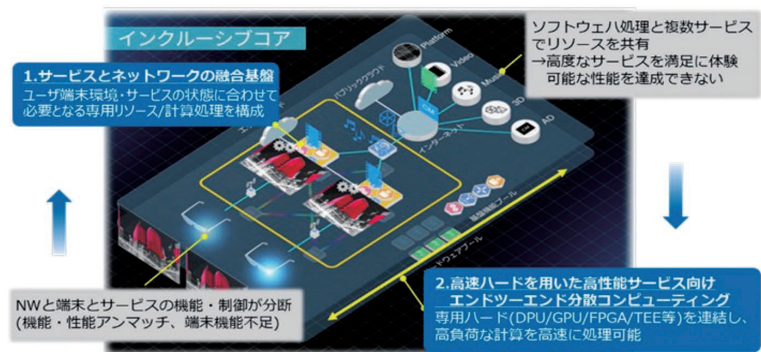


図 3 従来のネットワークの課題と ISAP の特徴・効用

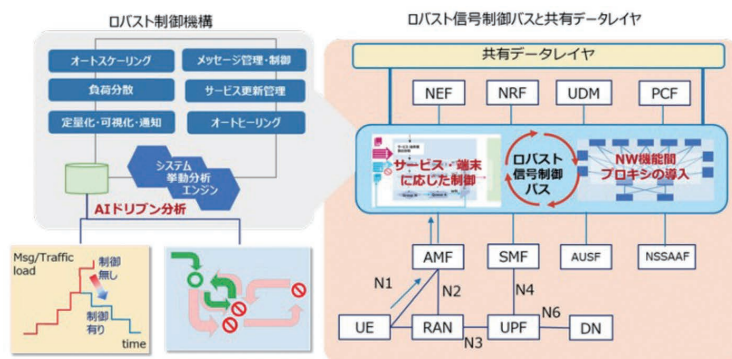


図 4 ロバストネットワークアーキテクチャ

カル 5G ネットワークに対して ISAP の端末・サービスとの協調制御機能とアクセラレータとして DPU と GPU を用いたコンピュータ基盤を実装した。メタバスと映像ストリームの AI 解析アプリケーションを用いることで、ISAP のアーキテクチャの効果を実証した。

さらにグローバル標準 5G 製品や商用 5G ネットワークと ISAP を結合するなど、標準仕様や商用ネットワークと連携したコンピューティング機能の制御技術を確立し、ISAP の商用化に向けた実現性向上を進めた。

移動体通信網が社会インフラ化しミッションクリティカルなサービスの提供も増加する中で、大規模・長時間の故障の発生が大きな課題となっている。6G に向けてネットワークを強靱化するロバストネットワークアーキテクチャが重要である。大

規模・長時間の故障の多くが制御プレーンの動作に起因しているため、制御プレーンにおける故障や性能の管理機能、呼の状態情報と処理の分離、そして制御プレーン自体を強靱化するための方式やアーキテクチャの検討を進めた (図 4)。

大量のデバイスをクラウドに接続・収容する技術として、デバイス~クラウド間を SRv6 (Segment Routing for IPv6) によるオーバーレイで VPN 接続する E2E オーバーレイ技術の研究開発に取り組んでいる。既に 100 万台規模のデバイスを収容可能な高スケール技術を確立し、現在はコネクテッドカーの通信の高信頼性を担う協調型インフラ基盤において、E2E オーバーレイ技術が複数のアクセス網を効率的に切り替え・併用可能なパケット転送機能を提供しており、車載カメラの映像ストリーム

協調型インフラ基盤の品質予測機能によってデバイス=車両の移動に伴う通信環境の変化を予測または検知(①)して、より高品質な通信が期待できる通信経路を導出(②)、複数のアクセス網を使ってSRv6トンネルを動的に構築・切替・併用して安定的かつ効率的にパケットを転送(③)する。

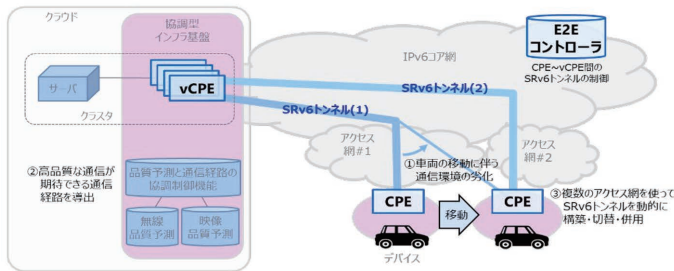


図5 E2E オーバーレイNWの通信品質とスケール性能の向上を狙ったハイブリッド方式

等を安定的に転送する実証実験を行っている(図5)。今後は商用導入を視野に、多様なアプリケーションや通信環境への対応や、機器の耐障害性向上・低消費電力化等に取り組んで実用面で磨きをかけるとともに、新しいユースケースへの適用を狙って新コンセプトの検討も行う。

6G/IOWN時代のサービスアーキテクチャの実現に向けた研究開発の取り組み

R & D フォーラムでは、SSI (Self-sovereign identity) 基盤での自己主権型のアイデンティティ情報流通の仕組みを用いたコンテンツ配信について、メタバースアプリを題材に有効性の実証を行った(図6)。SSI基盤によりユーザの識別や身元保証、ユーザ属性に応じたコンテンツの出し分けなどのサービス提供が、ユーザのアイデンティティ情報を必要以上に開示せず、また最低限必要な相手にだけ開示しながら可能であることを示した。以下では、SSI基盤について紹介する。

6G/IOWN時代の求められるトラスト

6G時代にはサイバー空間と物理空間の融合により、従来よりも多くの多様なサービスがサイバー空間上で提供されるようになり、機微なプ

ライバシー情報を含むユーザデータ(アイデンティティ情報)がサイバー空間上で扱われるようになる。そこでは、ユーザのアイデンティティ情報を守り、アイデンティティ情報を受け渡す際には信頼できる相手に必要最低限の情報だけを受け渡す、強固なアイデンティティ情報流通の仕組みが必要となる。また、やり取りするデータや、そのデータをやり取りする相手についても、暗黙に受け入れるのではなく、データや相手の真正性を検証することが必要であり、そういった仕組みが求められる。**自己主権型アイデンティティ情報流通 (SSI基盤)**

インクルーシブコアでは、自己主権型のアイデンティティ情報流通の仕組みを用いてユーザプライバシーの確保と、ユーザの機微情報を用いたサービスの提供を実現する。

自己主権型のアイデンティティ情報流通を実現する方法としては、分散ID (DID) と検証可能なデジタル個人情報 (VC) を用いる方法が検討されており、インクルーシブコアにおいても、これらのデータフォーマットや情報流通の仕組みをベースとし、さらに強固なプライバシーデータの取り扱いを可能とするための機能拡充を行っている。図7

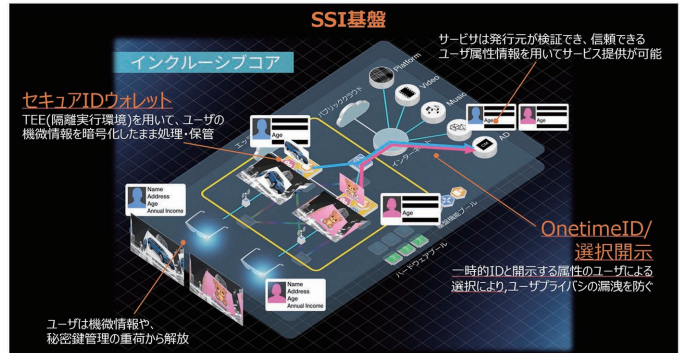


図6 R&D フォーラムでのSSI基盤の実証

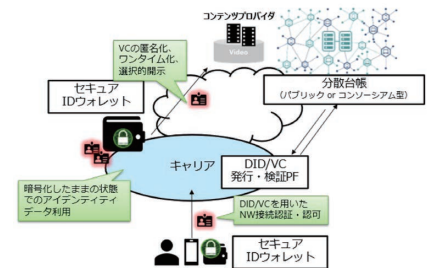


図7 自己主権型アイデンティティ情報流通 (SSI基盤)

においてその例を示している。ユーザの機微情報が格納されるIDウォレットは、暗号化したままデータの取り扱いを可能とすることで、セキュリティの強化を実現し、これを端末内やクラウド上に配備し、オンラインでの自動処理や、ネットワークに繋がっていないオフラインのケースに対応することを可能とする。また、VCをサービス提供者に提示する際には、匿名化やワнтаム化、VC内の属性情報の選択的開示により、必要最小限のアイデンティティ情報の開示によるサービス利用を可能とする。

今後は自己主権型アイデンティティ情報流通によるトラストの具現化に向け、ここで述べた要素技術の機能拡充や標準化に取り組んでいく。

- 1) NTT R&D ホームページ「6G/IOWN時代の融合・協調ネットワーク：インクルーシブコアホワイトペーパー」、URL: https://www.rd.ntt/ns/inclusivecore/whitepaper_ver1.html