

革新的情報通信技術研究開発委託研究
社会実装・海外展開志向型戦略的プログラム
(共通基盤技術確立型) 研究計画書

課題 090

オール光ネットワーク共通基盤技術の研究開発



1. 研究開発課題

『オール光ネットワーク共通基盤技術の研究開発』

2. 目的

2030年代に導入が見込まれている Beyond 5G (B5G) は、サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）が高度に融合し、社会課題解決と経済成長を両立する社会（Society 5.0）の実現を支えるインフラとして中核的な役割を担うことが期待されている。

革新的情報通信技術（Beyond 5G (6G)）基金事業では、B5G について、国際競争力の強化や経済安全保障の確保を図るため、研究開発自体を目的化する発想や国内市場中心の発想から脱却して、グローバルな視点に立って世界で活用されることを念頭に置き、我が国発の技術を確立し、社会実装・海外展開を志向した戦略的なプロジェクトを重点的に支援することを主たる目的としている。

「Beyond5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」中間答申（令和4年6月 情報通信審議会）

[1]において、我が国が注力すべき B5G の重点分野の一つと整理されたオール光ネットワークは、B5G に対する社会的要請のうち、特に、環境負荷低減や信頼性・強靱性を実現する上での鍵となる技術である。また、AI 時代において分散化された計算資源（コンピューティングリソース）を連携し利用可能とするゲームチェンジャーとしても期待される。

我が国では、通信事業者3社がオール光ネットワークの導入を開始するとともに、ユーザ側でも不動産会社や省庁等の民官関係者がオール光ネットワークの利用を検討している。これまでの B5G 基金事業を含めてオール光ネットワークに係る取組が進展し、個別技術の研究開発が開始・進捗しているところ、こうした動向も踏まえ、オール光ネットワークを早期に社会実装し、普及拡大を図る観点から、単独の通信事業者の取組を超える開発領域である、オール光ネットワークの事業者間連携のため共通基盤技術の研究開発を推進することが必要である。そのため、情報通信審議会情報通信技術分科会 技術戦略委員会の下にオール光ネットワーク共通基盤技術ワーキンググループ（WG）が設置され、「オール光ネットワーク共通基盤技術の開発の方向性及び普及方策について」（令和6年5月）（以下、「WG とりまとめ」という）[2] がとりまとめられた。

本研究開発課題は、情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 報告書「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」（令和6年6月）[3] 及び WG とりまとめを踏まえて、研究開発を実施するものである。

オール光ネットワークの実現によって、2030年代の移動通信システムの構築を支援するとともに、あらゆるコンピューティングリソースをオール光ネットワークで結合し、スーパースマートシティ、スマートホーム、超分散型コンピューティング基盤、デジタルツインなどサイバー・フィジカルの融合の実現が期待される。ところで、現状のネットワーク環境であるインターネットと専用線（やダークファイバ）を比較すると、インターネットは複数ドメインの接続に柔軟性があり低コストで接続できるものの、遅延増や電力増となり、また、品質はベストエフォートで安定性が保証されていないのに対し、専用線やダークファイバでは、低遅延、低消費電力、品質保証も可能である一方で柔軟性はなく、装置コスト、設置コスト、運用コストが高額であり、また、複数ドメイン接続技

術が確立していないなど、いずれも相補的な問題を抱えている。そこで、インターネットと専用線の利点を併せ持つ技術として、通信品質保証（通信速度、低遅延、低遅延ゆらぎ）を低消費電力で実現し、かつ、柔軟性を有し、低コストでの利用が可能な複数ドメイン（事業主体）の接続技術を確立し、幅広く利用できる環境構築を目指した、ネットワークインフラの確立と社会実装を行う必要がある。

本研究開発課題（課題 090）では、通信品質保証（通信速度、低遅延、低遅延ゆらぎ）を低消費電力で実現し、かつ、柔軟性を有し、低コストでの利用が可能な複数ドメインでの接続技術であるオール光ネットワーク共通基盤技術を確立する。現在、本基金事業において、オール光ネットワークの実現に必要な個別技術の研究開発を実施しているところ、それらで実現する技術をインフラに組み込み、本研究開発課題で研究開発するオール光ネットワークの事業者間連携のための共通基盤とあわせて複数のドメインに跨ったオール光ネットワーク技術を早期に実現する。

実現した技術を早期に社会実装に移すことで、エコシステムの育成・拡大を見据えた2つのユースケース（WG とりまとめにおける「想定ユースケース」）を実現することができる。1つ目は、ユーザ拠点（リサーチパーク等）から、地理的条件に依存せず、複数のデータセンター拠点（計算資源）に、オンデマンドで柔軟に接続可能な、低遅延・低消費電力・通信品質保証型通信サービスを安価に実現することである。具体的な性能要件として、距離に由来する遅延以外の、伝送機器等での処理遅延がトータルで 100 マイクロ秒以下であること及び RDMA（Remote Direct Memory Access）を利用するエンドツーエンドのサーバ区間において、輻輳によるパケット廃棄がなく、パケット廃棄はランダム発生のみで発生率 100 万分の 1 以下であること、とすることにより、我が国全体の競争力強化に貢献する。2つ目は、複数の事業者の光回線を用いることで置局の自由度が増すなど移動系通信事業者の基地局ネットワーク設計の柔軟性を向上させることである。具体的な性能要件として、オール光ネットワーク上にある基地局とセンター設備との間の遅延時間について、装備遅延を含めて、160 マイクロ秒以内とすることで、低コスト・低消費電力を実現する。本研究開発期間終了後の 2030 年頃の社会実装の提供エリアに、多くの利用拠点とデータセンター拠点が集積する大都市圏域をカバーする概ね半径 100km 程度を想定する。こうして、通信ネットワークの高度化・効率化を通じた社会課題の解決に貢献する。

なお、本研究開発課題（課題 090）は、「革新的情報通信技術（Beyond 5G（6G））基金事業 基金運用方針（改定）」（令和 6 年 7 月 総務省）[4] に基づき、委託事業にて実施するものである。

3. 内容

前項に示す一定の潜在ニーズが見込まれるユースケースを実現し、オール光ネットワーク技術の利用を拡大するためには、オール光ネットワークに係る全体的なアーキテクチャを早期に策定するとともに、以下の業界共通的な課題を解決することが必要となる。

- ① 通信利用者（ネットワークを利用して実際に通信を行う個々の利用者）が、異なる通信事業者間を含めた多様な主体のオール光ネットワーク間を意識せずシームレスに利用できる仕組みが存在しない。すなわち、通信利用者側の要求（通信品質など）に応じて多様な主体のオール光ネットワーク間をシームレスに繋ぐ仕組みがなく、また、障害発生時における早期復旧ができない。

- ② 通信利用者が増加する場合にそれぞれの通信品質を確保するためのコストが過大である。多数の通信利用者を収容しようとする場合に、低廉な装置コスト・運用コストでそれぞれの通信利用者の通信品質を多様な主体のオール光ネットワーク間を意識せずエンドツーエンドで確保することができるシステムや装置が存在しない。
- ③ 多様な主体がオール光ネットワークを実装することを想定した光パス制御装置が存在しない。光パスを制御する現行のROADM (Reconfigurable optical add-drop multiplexer) は、大手通信事業者向けの装置であるため、大型・高価格かつ、運用に専門性が必要であり、小規模な拠点への機能配備、及びその収容が困難である。

ユースケースの実現と利用拡大には、これらの課題を安価かつ簡易な導入・運用が可能な仕組みで解決することが必要である。そのために必要な取組と求められる機能を以下に列挙する。

- (1) 通信利用者側の要求を受け入れるための API 機能。通信利用者側の要求（送信先・通信品質など）に応じて、多様な主体のオール光ネットワーク間で確実かつ安定的に相互接続を行うための機能。
- (2) 多数の通信利用者を収容する場合において、各通信利用者の要求に応じて、エンドツーエンドで通信品質（必要帯域・遅延・ゆらぎ）を確保することができる機能。
- (3) 現行のROADM が搭載する主要な機能の一部（波長挿入・分岐機能）のみを備えた装置。同装置の簡易な運用を可能とするインターフェース機能。同装置の設置を前提とした主要な機能を備えた装置との間の連携機能。

本委託研究では、オール光ネットワークの実現に向けて、適切に技術開発を進めるため、研究開発項目1においてオール光ネットワークの全体的なアーキテクチャを早期に策定するとともに、上記の(1)～(3)を実現するため、研究開発項目2により個別技術の研究開発を推進するものとする。

また、研究開発の実施に当たっては、WGとりまとめにおける共通基盤技術の開発に向けての基本的な考え方で整理された技術開発の方向性及び普及方策を前提とし、特に、関連技術に詳しい産学官の様々な関係者とのオープンイノベーションを意識した上で、以下の開発方針に沿って研究開発を行うものとする。

<開発方針>

- i. 一部の事業者だけが用いるような技術開発としないこと
- ii. 技術自身の新規性や先進性に必ずしも固執せず、実態として広まることを優先すること
- iii. 多くの利用者が使いやすいものとする

特に、上記 iii については、伝統的な大手通信事業者だけが利用するようなものではなく、インターネットのように多様な主体に使われるものとなることを優先し、次の各点を基本とすること。

- 低廉に導入できる装置・システムかつ運用に人手がかからないものを目指すこと（低コストでの導入・運用）
- 低消費電力、小型化を意識したものを目指すこと（低消費電力、小型化・省スペース化）
- 多様な通信機器ベンダーやシステム開発者等が機器・システムを提供できるようにすること（オープン化）

・研究開発項目1 オール光ネットワークの全体的なアーキテクチャの策定

オール光ネットワークの構成技術について、現在、本基金事業において核となる個別技術の研究開発が進められている。これらの個別技術を通信事業者のみならず、データセンター事業者、無線タワー事業者、研究・学術機関、オフィス・商業ビルなど、多様な主体¹がオール光ネットワークを運用できるようにして恩恵を享受するには、異なる運用者による多数のオール光ネットワークを相互に接続するためオール光ネットワーク共通基盤を実現し、実社会に普及させることが必要となる。

2つの想定ユースケースを実現するオール光ネットワークを適切に構築する観点からは、現在開発中の技術に加えて、次の1～5の項目を含めた全体的なアーキテクチャを早期に策定することが必要となる。

1. 想定ユースケースを実現するため、オール光ネットワークに必要な機能の整理と性能要件を満たす構成の確認
2. 異なる多様な導入主体を想定し、設備の分散配備、過度の冗長性や不要機能の排除、汎用部品の利用など、装置構成パターン・構成要素等の整理
3. 想定パターン毎における機能・装置等の開発状況の調査
4. 各機能間の相互依存関係等の整理
5. 全体としての最適性の確認・検証

なお、全体的なアーキテクチャについては、開発の初期段階においてできるだけ速やか（2024年度中を目途）に初版を整理するとともに、その後も、個別技術の開発の進捗状況などを踏まえながら、随時、確認・検証を進めることとする。

・研究開発項目2 オール光ネットワーク共通基盤技術の研究開発

本項目では、現在のインターネットで実現できていない通信品質保証（通信速度、低遅延、低遅延ゆらぎ）を低消費電力で実現し、かつ、専用線やダークファイバでは実現が困難な柔軟性を有し、使用形態に適した装置の利用により、低コストでの利用が可能な複数のドメイン（事業主体）を接続する技術であるオール光ネットワークを実現するため、特に単独の通信事業者の事業利益に繋がらない開発領域として、業界横断的な共通基盤技術の研究開発を実施する。

以下では、単独の事業者が構築するネットワークを「単独オール光ネットワーク」と呼ぶこととし、複数の単独オール光ネットワークを接続した全体のネットワークを「複数ドメインオール光ネットワーク」と呼ぶこととする。

a) 光ネットワークフェデレーション技術

オール光ネットワークによる事業者間接続を実施するために、事業者間で必要となる波長パスの調停機能を確認する。現行の運用では、人間（オペレータ）や簡易的な自動化ソフトウェアが波長パス利用状況・線路利用状況・収容ユーザなどの詳細情報を確認する必要があり、事業者

¹ WGとりまとめにおいて、通信事業者、データセンター事業者、無線タワー事業者、研究・学術機関、オフィス・商業ビルなどの多様な主体がオール光ネットワークを構築する提案があったとしているが、多様な主体として将来にわたりこれらに限定する趣旨ではない。

間接続のために長時間を要し、迅速な回線開通による新規サービス構築や、過負荷時・障害時等の早期復旧に課題がある。

各単独オール光ネットワークにおける波長パスの空き状況や、運用ポリシーは通常、事業者間で大きく異なる。また、波長などリソースの空き情報の詳細を外部に開示することはない。そのような異なる単独オール光ネットワークを跨って、複数ドメインオール光ネットワークで波長パスをエンドツーエンドで設定するには、

- (1) 異なるポリシーを調停するインターフェース（API）を用意し、
- (2) 事業者数の増大による破綻が無い拡張性が高い構成を確立し、
- (3) 経路切替を含めて調停を行うオーケストレータの必要機能を整理し導入する

必要がある。

また、2つの想定ユースケース（ユーザ拠点からの複数データセンターへのアクセス、モバイルフロントホールへの適用）による円滑な利用を可能とすることが求められる。そのために、利用者向け API は、オール光ネットワークに関する専門知識を要しない、Intent（利用者の意図や自然言語的要求）を入力として許容することが求められる。

オール光ネットワークによる事業者間接続を世界的に普及させるために、分散計算基盤あるいはモバイルシステムとの連携手法を確立して、遅延ゆらぎが少ない、あるいは、信頼性が高い高速通信路を簡便に敷設できるといった複数ドメインオール光ネットワークでの価値を訴求し、かつ、インターフェースをオープンかつ標準化することで、本技術群を日本国内のみならず、世界中の共通基盤とすることを目指す必要がある。

そのために、単一の事業者に限らず、複数事業者の単独オール光ネットワークを横断する高品質なオール光ネットワークの構築を可能とし、また、通信障害発生時に異なる通信事業者と連携して早期に復旧するための機能を実装し、未来社会の DX 基盤となる複数ドメインオール光ネットワークを実現する。

複数ドメインオール光ネットワークでは、構成機能を柔軟に組み替えることができる disaggregate な光機器で構成されるネットワークを中央集権的にサービスオーケストレータから API で制御可能とし、オール光ネットワークが有する特長を活かし、複数事業者の異なる単独オール光ネットワークを調停・接続する複数ドメインオール光ネットワークのフェデレーションの実現に向けた取組を行う。このため、WG とりまとめにおいて開発項目1として示された

- 通信利用者側の要求を受け入れるための API 機能
- 通信利用者側の要求（送信先・通信品質など）に応じて、多様な主体のオール光ネットワーク間で確実かつ安定的に相互接続を行うための機能
- 通信障害発生時に、異なる通信事業者のオール光ネットワークと連携し、早期に復旧するための機能

について、具体的には以下の研究開発に取り組むものとする。

- (1) 事業者間単独オール光ネットワーク接続やユーザにより異なる単独オール光ネットワークを接続するアーキテクチャ（オーケストレータ、コントローラ、ボーダゲートウェイ等による標準構成、API 仕様、機能部間インターフェース仕様等）の策定

- (2) (1)のアーキテクチャを構成するノードの機能(U/C/M プレーン)の策定、後述する b)、c) の技術を用いた試作開発
- (3) マルチベンダ環境でも動作し、かつ、接続する事業者数の観点でスケーラブルな光ネットワークフェデレーション技術の確立

また、上記研究開発の成果について、最終的には、複数の光ネットワーク装置を用いて、単独オール光ネットワーク間で事業者のポリシーにより部分的に波長の空きや経路などの情報が秘匿された場合においても、適切な情報を交換することでエンドツーエンド光波長パスを設定・管理運用する実証実験を実施し、その過程において、国際標準を意識した単独オール光ネットワーク相互接続(光 NNI)に必要な事業者間 API 仕様を標準化団体・フォーラムにおいて文書化し、実用化や普及を加速する。

b) サブチャネル回線交換技術

複数事業者が連携し、遅延ゆらぎが少ない、あるいは、信頼性が高い高速通信路を簡便に敷設できるといった特長を有するオール光ネットワーク共通基盤は、分散計算基盤あるいはモバイルシステムなど多種多様な社会サービスを同一インフラ上で自在に実現可能とする。ところが、2030 年時点における複数事業者間接続において、単純に拠点やアプリケーション毎に光波長パスを生成してはインフラコストが膨大かつ非効率となる。OTN で小さな帯域に分割してデータ転送することは現行技術で可能であるが、ピークレート割当となる ODU クロスコネクットの導入はコスト高となる。接続にルータ技術を用いると、コンピュータ間通信で用いられる RDMA 等ではロスや遅延ゆらぎによって性能が大きく影響を受ける。

ここでは、コストと性能の課題を解決し全体コスト・電力を抑制できる、光波長パス上に論理回線多重のレイヤを作成したサブチャネル接続サービスの実現に向けた取組を行う。このため、WG とりまとめにおいて開発項目 2 として示された、

- 多数の通信利用者を収容する場合において、各通信利用者の要求に応じて、通信品質(必要帯域・遅延・ゆらぎ)をエンドツーエンドで確保することができる機能

について、具体的には以下の研究開発に取り組むものとする。ここで、サブチャネルとは光パスの通信容量よりも低速度のチャネルを指し、複数のサブチャネルで光パスの通信容量を共有することを可能とする。チャネルの多重ポイントでパケット交換をせず、10Gbps~800Gbps まで任意速度のチャネルを交換することで、多数の通信利用者を収容する場合において、各通信利用者の要求に応じて、エンドツーエンドで必要帯域、遅延、遅延ゆらぎ等の通信品質要件を満足する複数のサービスレベルを提供する。

- (1) 光波長パス上の論理回線レイヤでの回線多重やドメインを跨ったデータ交流、さらには、過負荷時や故障時の経路切替を可能とする回線交換を行うネットワークアーキテクチャ及び方式の設計
- (2) サブチャネルの伝送容量を適切に時間変動させ、状況によっては複数のサブチャネルを収容する波長パス帯域を伸縮又は増減させるサブチャネル構成法の設計
- (3) (1)(2)を具現化する、品質要件に応じたサービスを提供するためサブチャネルを多重化するサブチャネル収容ゲートウェイ及びコントローラ的设计・試作開発

(4) サブチャネル収容コントローラを用いて上位レイヤシステム（RAN 基地局、GPUaaS サーバなど）と連携し、非同期通信に対する通信路として波長の一部となるサブチャネルの割当を行う、アプリケーション連携 API の設計と試作及び検証

これらにより、固定的な割当を不要にし、複雑なキューイングやシェイピングが不要な、帯域可変の確定通信（ロス無し、低遅延、低遅延ゆらぎ）を実現する。

c) 分散型 ROADM 技術

ROADM（再構成可能な光挿入分岐多重）は光ノード（光の特性を最大限に活用する光パス信号を多重分岐、中継、送受信するノード装置）の中心となる技術であり装置である。エンドツーエンドでの光パス接続は、光ノードにより電気処理をカットスルーすることで、大容量・低遅延サービスを提供することができる。その際、オール光ネットワークを通信事業者に閉じず、地域網・データセンター事業者網などに拡大しつつ、それらを収容し、複数の事業者間（通信事業者以外も含む）の相互接続を実現するためには、現行の ROADM では方路収容技術及び小型低廉化構成に課題がある。また、事業者間接続の際は、一つの事業者が他者のすべての管理情報を集約することは困難であり、部分的に情報が秘匿された中で光パスを接続する課題もある。そのような課題に対し、以下を明確にして取り組む必要がある。

- ① 通信ネットワークの規模や ROADM ノードの設置条件（方路数、波長多重数、ユーザインターフェース等）。場所にあわせた ROADM 構成。
- ② 複数ドメインオール光ネットワークを用いるユースケースやサービスの形態（データセンター間・事業者—データセンター間オンデマンド接続、RAN シェアリング等）。事業者が求める装置の大きさや電力。
- ③ ネットワーク運用管理システムの相互接続（事業者間での ROADM ノードのオープン環境での運用）。単独オール光ネットワーク間で部分的に情報が秘匿される中エンドツーエンドで光パスを設定可能とし、その情報取得のためのインターフェース定義。

このため、WG とりまとめにおいて開発項目3として示された、

- 現行の ROADM が搭載する主要な機能（以下、「ROADM 主要機能」という。）の一部（波長挿入・分岐機能）のみを備えた装置
- 同装置の簡易な運用を可能とするインターフェース機能
- 同装置と ROADM 主要機能を備えた装置との間の連携機能

について、具体的には以下の研究開発に取り組むものとし、上記の課題を解決するため、複数の事業者が設置でき、かつ、事業者間で連携して光パスを設定できるよう、様々なユーザへ適用可能な分散型 ROADM ネットワークに関して以下の(1)～(3)に示すアーキテクチャ及びハードウェア、システムの研究開発を行う。

- (1) 分散型 ROADM アーキテクチャ、機能分割モデルと簡易な運用を可能とするノード間接続インターフェース、ユーザ接続インターフェース、ドメイン間情報共有インターフェース、正常性確認機構。
- (2) 分散型 ROADM 向けに、親局、子局それぞれに適した設置要件と要素デバイスの選定、高密度実装・低消費電力化技術。

(3) 分散型 ROADM ノード・システム。高速又は多数チャンネルを収容する親局、少数の複数速度のユーザを収容する省スペースな子局の構築技術、非対象構造のネットワークのマネジメント。

最終的に、複数の ROADM 装置を用いてエンドツーエンド光波長パスを設定・管理運用する実証実験を実施し、実用化を加速する。あわせて、故障を含めたイベントにおける経路切替時のデータ伝送の安定化についても最大限考慮する。

4. アウトプット目標・アウトカム目標

2028 年度末におけるアウトプット目標（最終目標）

まず全体の目標を記す。

- ユーザ拠点からの複数データセンターへアクセスする分散コンピューティング環境のための複数ドメインオール光ネットワークとして有効性を示す。
- モバイルフロントホールを提供する複数ドメインオール光ネットワークとして有効性を示す。
- 下記 a) b) c) の 3 項目が相互作用する複数ドメインオール光ネットワークのアーキテクチャを確立する。その際、エコシステムの観点から、データセンター間的高速大容量通信等の業界で並行して実装が進む技術の利用可能性を考慮する。
- アーキテクチャに沿った下記個別技術の開発の結果として、単独オール光ネットワーク間で適切に波長の空き情報等を秘匿してのエンドツーエンドにおける波長パス設定、100 マイクロ秒未満のエンドツーエンド遅延ゆらぎなどを達成する。

以下に個別の目標を記す。これらは 2026 年度以降に実施する複数年にわたる複数ドメインに跨がるオール光ネットワークのデータ伝送実験や運用管理実験を通じて高度化させ、達成すること。

a) 光ネットワークフェデレーション技術

- ・ 3 以上の事業者に跨がる品質保証された光パスを、API を介してオンデマンドに設定し、設定後に発生する品質劣化・障害事象に対して自律的な対応を可能とする、サービスオーケストレータ、ボーダゲートウェイ（ノード装置とコントローラ）の実装技術の作製と検証を完了する。
- ・ 災害時を除き、途中でパスを変更する際に、変更前後の通信遅延差が予め定められた値（例えば、光ファイバ 10km を信号が到達する伝搬時間相当の 50 マイクロ秒）未満となる方法を確立する。
- ・ 利用者の Intent と動的に変動する複数の単独オール光ネットワークの利用状況にあわせて適切に光パスを設定するサービスオーケストレータの仕様策定と作製を完了する。
- ・ 標準化団体・フォーラムにおいて、全体アーキテクチャと各インターフェース仕様の文書化を完了する。
- ・ U/C/M プレーンが全体アーキテクチャに準拠したオール光ネットワークボーダゲートウェイ、ボーダゲートウェイコントローラの作製を完了する。

b) サブチャネル回線交換技術

- ユーザ局に対し 10~100Gbps の範囲で細かな速度の回線収容ができ、一方、ネットワーク側には最大 800Gbps までのチャネルの多重及び交換が可能な多重分離機能、チャネル速度の可塑的変更機能を備えるサブチャネル収容ゲートウェイの作製を完了する。
- 災害時を除き、一度パスを設定すると遅延ゆらぎが 100 マイクロ秒未満となる確定性通信の方法を確立する。
- 分散コンピューティング環境として RDMA を対象としたユースケースにおいて、サブチャネル接続サービスによる確定性通信を用いて有効性を示すこと。必要なアプリケーション連携 API の作製と検証を完了する。
- 標準化団体・フォーラムにおいて、ユースケース、アーキテクチャ、参照モデルの文書化を完了する。

c) 分散型 ROADM 技術

- 既存 ROADM ノードに比較して、分散型の子局が半分以下の省スペース性、親局は最大 64 子局を収容可能とする分散 ROADM 装置構成を実現し、検証を完了する。子局については、波長多重数並びにユーザ側収容インターフェース数は一桁程度に抑えつつ、小型低廉化を実現する。
- 複数のドメインに跨って構築された実ネットワークやオーケストレータを用いた機器の実証検証を完了する。
- 複数ドメイン間で情報が秘匿されつつも、ドメイン間を跨いだ動的な波長パス運用マネジメントについて実証検証を完了する。
- 標準化団体・フォーラムにおいて、複数ドメインにわたる ROADM ノード制御及びユーザインターフェース仕様、ドメイン間物理層インターフェース仕様の文書化を完了する。

2025 年度末におけるアウトプット目標

a) 光ネットワークフェデレーション技術

- 通信利用者の要求（送信先・通信品質など）に応じて、2 つの事業者を跨ぐ光パスを、API を介してオンデマンドに設定を可能とする、サービスオーケストレータ、ボーダゲートウェイ（ノード装置とコントローラ）を試作する。
- オール光ネットワークボーダゲートウェイ、ボーダゲートウェイコントローラの連携動作検証を完了する。
- 利用者の Intent に対し適切に光パスを設定するサービスオーケストレータの仕様策定と基本動作に関する試作を完了する。
- 標準化団体・フォーラムにおいて、全体アーキテクチャと各インターフェース仕様の標準化に着手し、ボーダゲートウェイの C プレーン又はオーケストレータの M プレーンの試作と連動させる。

b) サブチャンネル回線交換技術

- サブチャンネル接続サービスの API 仕様として、サブチャンネル収容ゲートウェイ、サブチャンネル収容コントローラ間の API 仕様をまとめる。
- 本課題の研究実施者以外が利用できるレベルでサブチャンネル収容ゲートウェイ、サブチャンネル収容コントローラの試作を完了し、それらの結合検証を完了し、帯域、遅延、遅延ゆらぎなどのユーザ要件を満たす確定性通信が可能であることを原理確認する。
- サブチャンネル接続サービスについて、終端事業者による 100Gbps 未満のチャンネルを多重して 100Gbps を超える速度にする多重機能、かつ、ユーザによるデータ送受信速度の変動に追従できるようチャンネル速度を可塑的に変更できる機能を試作する。
- ユースケース、アーキテクチャ、参照実装モデルの仕様を策定し、標準化団体又はフォーラムに提案する。ユースケースの一つを対象として必要なアプリケーション連携 API の設計と一次試作を完了する。

c) 分散型 ROADM 技術

- 既存 ROADM ノードに比較して、分散型の子局が半分以下の省スペース性、親局は最大 64 子局を収容可能とする分散 ROADM 装置構成の実現に向けた基礎設計を完了する。子局についてはビルディングブロックが異なる複数の種類の子局基礎設計を含む。
- 多数集線可能な親局、オフィスに設置できる要件を採り入れた子局の実装に向けた光デバイス、省電力・高密度実装技術の原理試作と検証を完了する。
- 分散 ROADM 機能の一部を試作し、親局子局間の連携制御の基本動作を含み、一部の機能検証を完了する。
- ROADM ノード制御及びユーザインターフェース、ドメイン間物理層インターフェースに関する課題を抽出・整理し、それぞれの仕様策定を行い、一部は標準化に着手する。

なお、2026 年度前半には、2025 年度までの研究開発成果（技術及び検証完了した試作物）を用いて複数ドメインオール光ネットワーク試験環境を構築し、運用の研究開発を実施できるようにすること。

アウトカム目標

2028 年 オール光ネットワーク共通基盤技術を安定させ、参照網として提供開始する。

2029 年 大都市を中心にオール光ネットワーク共通基盤技術を活用した商用適用を開始する。（分散データセンターサービスや移動通信システム向けフロントホールへの適用等の新たなユースケースを想定した商用適用）

5. 採択件数、研究開発期間、研究開発予算及び研究開発体制

採 択 件 数：1 件

研究開発期間：契約締結日から 2028 年度（2025 年度に実施するステージゲート評価を踏

まえ、継続の必要性等が認められた場合は次の契約期間まで継続予定（最長で2028年度まで）（予定）

研究開発予算：5年間で総額20,000百万円（税込）（予定）を上限とし、ただし、最初の2年間での累計額上限を8,000百万円（税込）とする（提案の予算額の調整を行った上で採択する提案を決定する場合がある。ステージゲート評価や革新的情報通信技術（Beyond 5G（6G））基金事業の後年度予算の状況等により、各年度の研究開発予算を変更する場合がある。）。

研究開発体制：本研究開発の目的を達成するため、研究開発項目2における3つの研究開発がオール光ネットワーク共通基盤技術として相互に連携し、一つのシステムとして最適な形で構築されるよう、研究開発項目1の全体的なアーキテクチャの策定に係る責任者が、各研究開発の進捗について確認・検証するなど、プロジェクト全体を統括できる体制とすること。

6. 提案に当たっての留意点

- 提案書には、2028年度まで実施することを仮定して、2028年度までの計画を記載すること。
- 具体的目標に関しては、毎年度の目標と2028年度の最終目標について、重要項目を示した上で数値目標について定量的に提案書に記載すること。
- 本研究開発の遂行過程で決めるインターフェースについては、広くオープンにするのが望ましいことから、公開できるインターフェースについて、その公開や利活用促進に関する計画（例：公開するインターフェースの種類、公開先、公開方法等）を提案書に記載すること。
- 本研究開発の委託研究費で製造又は購入・外注して設備備品費に計上するものは、国立研究開発法人情報通信研究機構（以下「機構」という。）の資産となるが、本研究開発の終了後の取扱いについては契約等に従うこと。（注：引き続き有償での貸与を受けるべきこと等を規定する可能性があります。）

7. 運営管理

- 複数の機関が共同で受託する場合には、代表提案者が受託者間の連携等の運営管理を行い、受託者間調整会議を定期的を開催すること。
- 機構と受託者の連携を図るため、代表提案者は、機構の指示に基づき研究開発の進捗状況などについて報告すること。
- 社会情勢や研究環境の変化等、必要に応じて、機構が研究計画書を変更する場合があるので、留意すること。

8. 評価

- 機構は、研究開発終了時に終了評価を実施する。なお、2025 年度後半に、評価委員会によるステージゲート評価を実施し、継続の必要性等が認められた場合には、最長で 2028 年度まで委託研究を継続する。ステージゲート評価の結果を踏まえ、委託研究の中止、縮小、実施体制の変更等を判断する場合がある。
- 機構は、上記以外にも本委託研究の進捗状況等を踏まえて、臨時にヒアリングを実施する。

9. 成果の社会実装及び普及等に向けた取組

- 今後、国が着手するオール光ネットワークに係るテストベッドについて、その基本設計や整備計画の策定及び整備のための検討に際し、必要な開発状況の情報提供や技術的な助言を行うなど、積極的に協力すること。
- 本研究開発成果の実用化、事業化、社会実装に向けた出口戦略を明確に記載する（委託研究終了後の事業化等の内容を明確にする）こと。それぞれの技術開発項目について、到達目標の項目に記載したマイルストーンを意識しつつ、具体的な時期（目標）、体制、方策等を記載すること。その際、持続的に自走するための計画等についても記載すること。
- 出口戦略や普及方策の一環として、本委託研究で得られた成果のオープン化（例えば、インターフェース公開、成果発表や、それに留まらないコミュニティ先導のための国際ワークショップや国内特別セッション開催、展示、標準化、オープンソース化等）も行う等、成果の社会実装等に向けて必要な取組を行うとともに、その取組計画を提出すること。なお、総務省が別途示すプロモーションの方向性を踏まえて、積極的に取り組むこと。
- 上記のうち、標準化活動について、技術開発項目ごとに標準化活動の計画を作成すること。なお、普及にあたり国が必要と考える場合、機構の要請に応じて他事業者が知財を利用することを認めること。

10. 情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会オール光ネットワーク共通基盤技術WGへの報告

- 総務省の求めに応じて、情報通信審議会技術戦略委員会オール光ネットワーク共通基盤技術WGに対し、WGとりまとめにおける基本的な考え方を踏まえた技術開発及び普及に関する取組状況を報告し、その助言を踏まえた取組を行うこと。

参考

参考文献

- [1] 情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会報告書「Beyond5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方」中間答申（令和4年6月）
- [2] 情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会オール光ネットワーク共通基盤技術WGとりまとめ「オール光ネットワーク共通基盤技術の開発の方向性及び普及方策について」（令和6

年5月)

[3] 情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会報告書「Beyond 5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方」(令和6年6月)

[4] 「革新的情報通信技術(Beyond 5G(6G))基金事業 基金運用方針」(令和6年7月 総務省)