

採 択 番 号      09001  
研究開発課題名   オール光ネットワーク共通基盤技術の研究開発  
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  
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  
副            題      複数事業者間のオール光ネットワーク接続に関する制御技術および装置構成技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

情報通信審議会の答申「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」(令和 6 年 6 月)では、情報通信基盤を構成するネットワークは、AI が連携し隅々まで利用される AI 社会を支える基盤としての機能を果たしていくとしている。こうした AI の連携には、データセンター内、通信利用者拠点、通信事業者など複数の光ネットワークがシームレスに接続し連携する技術が必要になる。そしてその連携技術は、今までにない規模の設備シェアリングや、災害時における迂回、断回避なども実現出来ると考えられる。

本研究開発では、上記の情報通信基盤を構成するネットワークを実現するために、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、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)の接続技術であるオール光ネットワーク共通基盤技術を確立することを目的とする。

(2) 研究開発期間

令和 6 年度から令和 10 年度(5 年間)

(3) 受託者

日本電信電話株式会社<代表研究者>  
KDDI 株式会社  
富士通株式会社  
日本電気株式会社  
楽天モバイル株式会社

(4) 研究開発予算(契約額)

令和 6 年度から令和 7 年度までの総額 8,000 百万円(令和 6 年度 1,741 百万円)  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

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(日本電信電話株式会社)  
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  
    研究開発項目 2-a) 光ネットワークフェデレーション技術 (KDDI 株式会社、楽天モバイル株式会社、富士通株式会社、日本電気株式会社)  
        2-a)-① 光ネットワークフェデレーションアーキテクチャ策定(KDDI 株式会社、楽天モバイル株式会社)  
        2-a)-② APN オーケストレータ開発(KDDI 株式会社、日本電気株式会社)  
        2-a)-③ APN Border Gateway 開発(KDDI 株式会社、富士通株式会社)

研究開発項目2-b) サブチャネル回線交換技術 (日本電信電話株式会社)

2-b) -① サブチャネル回線交換ネットワークアーキテクチャおよび方式

2-b) -② サブチャネル構成法

2-b) -③ サブチャネル収容ゲートウェイ、および、サブチャネル収容コントローラ

2-b) -④ アプリケーション連携 API

研究開発項目2-c) 分散型 ROADM 技術 (富士通株式会社、日本電気株式会社)

2-c) -① 分散型 ROADM アーキテクチャ、ユーザ接続インターフェース (富士通株式会社、日本電気株式会社)

2-c) -② 分散型 ROADM 向け要素デバイス (富士通株式会社)

2-c) -③ 分散型 ROADM 向け高密度実装・低消費電力化技術 (日本電気株式会社)

2-c) -④ 分散型 ROADM ノード・システム (富士通株式会社、日本電気株式会社)

## (6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	1	1
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	3	3
	標準化提案・採択	10	10
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

## (7) 具体的な実施内容と成果

### 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

想定ユースケースである分散コンピューティング、モバイルフロントホールについて、優先的に取り組むユースケース/シナリオを具体化し、研究開発項目2-a)、2-b)、2-c) の相互関係を明らかにしながらサービス、アーキテクチャモデル、ネットワーク構成、シーケンス/インターフェース要件を定義。アーキテクチャドキュメント1版として策定した。

### 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

#### 2-a) -① 光ネットワークフェデレーションアーキテクチャ策定

異なる事業者間での光ネットワークフェデレーションを実現するため、複数事業者を想定した検討を行いサービス要件、アーキテクチャ、連携シーケンスに関して初版の定義を完了した。

光ネットワークフェデレーションにおけるドメイン間 API として、事業者間でやり取りされるべき情報要素を定義し、機能要件の検討を完了した。

光ネットワークフェデレーションにおけるクライアント向け API として、通信利用者と APN オークストレータ間でやり取りされるべき情報要素を定義し、機能要件の検討を完了した。

上記、光ネットワークフェデレーション全体アーキテクチャに関して IOWN Global Forum に標準化提案を行い、Functional Architecture for Multi-domain IOWN Networking として承認された。また、ユースケースやハイレベル要件に関して ITU-T SG13 に標準化提案を行い、勧告案 Y.L2E2net-fm への反映が承認された。

APN オークストレータと O-RAN 連携のためのアーキテクチャとして、モバイルフロントホールへの API 適用に関して必要となる、(1)ユースケース/シナリオ、(2)必要サービス、(3)アーキテクチャモデル、(4)ネットワーク構成、(5)シーケンス/インターフェース要件に関して初版の定義を完了した。

上記、O-RAN 連携に関して、O-RAN ALLIANCE の省電力に関するモバイルフロントホールとトランスポート連携に関して 標準化提案を行い承認された。

モバイルフロントホールのユースケース検討に関して、サービスの管理システムとトランスポート連携による無線装置収容局の省電力化に関する特許の外国出願を 1 件実施した。

#### 2-a) -② APN オーケストレータ開発

APN オーケストレータを構成する機能ブロックを定義し、各機能ブロック（例：全体管理、ドメイン設計、他網管理等）において必要となる機能要件を整理し、内部コンポーネント間の連携シーケンスを策定することで、全体アーキテクチャの策定を完了した。

APN オーケストレータの全体アーキテクチャに関して IOWN Global Forum に標準化提案を行い、Functional Architecture for Multi-domain IOWN Networking として承認された。

APN オーケストレータの機能ブロックにおいて、光パス構築に関わる基本機能（光パス新規構築）に関する初期実装として、光パス新規構築に関する初期実装として必要となる API 機能（クライアント/サーバ）の試作を完了し、試作品に関して光パス構築依頼 API のクライアント～サーバ間結合試験を完了した。

APN オーケストレータの基本ソフトウェアとして、ワークフローエンジンの構築を完了した。

#### 2-a) -③ APN Border Gateway 開発

APN-Border Gateway (APN-BG) 内部アーキテクチャについて検討を完了し、機能要件と各要件に対する機能を詳細化すると共に、BG 間のオール光接続時の構成、信号光を終端後に BG 間の接続構成を策定した。

標準化団体の調査を踏まえ、キャリア間のフェデレーションに必要な Border Gateway Controller (BG-C) 内部アーキテクチャの検討を完了し、機能要件と各要件に対する機能を詳細化すると共に、Control/Management-Plane 構成として、要求管理、品質管理、設定管理機能を策定した。

次年度より開始する試作に向けて、障害管理、性能情報管理、光波長パス管理、トポロジー管理、装置管理等の開発仕様を策定し、必要となる API およびインターフェース仕様の検討を完了した。

#### 2-b) -① サブチャネル回線交換ネットワークアーキテクチャおよび方式

ユースケース、NW 要件、NW 構成等からなるサブチャネル回線交換ネットワークアーキテクチャ、また、サブチャネル収容ゲートウェイおよびサブチャネル収容コントローラ間の API 要件仕様について 1 版を作成した。

上記アーキテクチャに関して、IOWN Global Forum に提案を行い、機能アーキテクチャの初版ドラフトを作成した。

#### 2-b) -② サブチャネル構成法

光パス上に論理回線多重のレイヤ を作成し、帯域を占有的に確保するとともに、柔軟な帯域変更を可能とする方式として、プロトコル構成、トラヒック制御方式、帯域変更方式等からなるサブチャネル構成法について、1 版を作成した。

#### 2-b) -③ サブチャネル収容ゲートウェイ、および、サブチャネル収容コントローラ

2-b) -①、2-b) -②の内容も踏まえ、市中のハードウェア技術、ソフトウェア技術を十分に活用することを念頭に、サブチャネル収容ゲートウェイの機能構成、主信号機能、OAM・プロテクション機能、ソフトウェア機能等からなるシステム要件仕様について 1 版を作成した。また、サブチャネル収容コントローラの機能構成、管理モデル、インターフェース要件等からなるシステム要件仕様について 1 版を作成した。

#### 2-b) -④ アプリケーション連携 API

通信利用者と連携しサブチャネルを柔軟に割り当てることで、通信利用者の要求に応じた通信を実現するため、開通・変更・削除、情報取得等からなるアプリケーション連携 API 要件仕様について 1 版を作成した。

#### 2-c) -① 分散型 ROADM アーキテクチャ、ユーザ接続インターフェース

データセンター間、RAN Xhaul における分散型 ROADM の構成方法に対するユースケース検討を完了し、分散型 ROADM に求められる要件を分析し、遅延許容時間、運用要件などネットワーク要件の整理を行い、要件定義書 1 版を策定した。また、要件分析の内容を元に、ROADM 親局、子局における、各機能の分散配備方式の検討及び、分割された機能ブロックのアーキテクチャ検討を実施し、それぞれのノードにおいて合流・分岐する波長数・最大方路交換、使用する波長帯域の制約等の特徴を考慮したノード機能ブロックの構成分割方式、各機能分割ブロック間での主信号インターフェース、および、制御・管理インターフェースを定義した主要諸元 1 版を策定した。

#### 2-c) -② 分散型 ROADM 向け要素デバイス

分散型 ROADM 子局ノード内に配備される要素デバイスの仕様検討を行い、要素デバイスの光学仕様 1 版を策定した。策定した仕様をベースに原理試作を完了し、要素デバイスの光学的な性能シミュレーションを実施し、光フィルタの波長帯域、挿入損失特性の検証を完了した。

#### 2-c) -③ 分散型 ROADM 向け高密度実装・低消費電力化技術

分散コンピューティング環境向けの分散型 ROADM 子局小型化に向けた高密度実装・低消費電力化に対する要件整理、仕様検討を行い、損失などの主要項目の部分試作仕様を策定した。策定した仕様をベースに分散型 ROADM 子局の光回路構成および実装検討を行った。

#### 2-c) -④ 分散型 ROADM ノード・システム

モバイルフロントホール・分散コンピューティング環境 2つのユースケースにおいて、分散型 ROADM 親局・子局の構成モデル検討を行った。また、ユースケース(都市部、郊外など)に応じて組み合わせを変えるビルディングブロック形態の構成モデル検討、分散型 ROADM を用いた子局・親局構成のアーキテクチャ・構成検討を行い、分割機能レベルでのシステムアーキテクチャ(波長 Add/Drop/Thru、運用切替方式等)の動作原理検証を完了した。

### (8) 今後の研究開発計画

#### 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

2025 年度においては、前年度に策定したアーキテクチャ 1 版に基づき、想定されるユースケースに対してリストアップした機能により性能要件が実現され得るかの確認、装置構成パターン・構成要素等の整理、各機能間の相互依存関係等の整理を実施し、アーキテクチャ 2 版を作成する。また、研究開発項目 2-a)、2-b)、2-c) の基本シナリオにおける相互接続実証が可能なレベルに、相互依存関係の具体化を行う。

後半期間となる 2026 年度、2027 年度、2028 年度においては、研究開発項目 2-a)、2-b)、2-c) の連携実証、研究開発の進捗、有識者によるフィードバックなどを踏まえて、アーキテクチャを改版し、最終版を作成する。

#### 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

##### 研究開発項目 2-a) 光ネットワークフェデレーション技術

2025 年度においては、APN オーケストレータの基本機能試作、既成ネットワーク機器をベースとした APN-BG 試作および、APN-BG の制御機能をもつ BG-C の試作を行い、それぞれ機能検証の上、2 事業者間でのフェデレーション検証を行う。また、研究開発項目間 (2-a)、2-b)、2-c)) の結合試験、想定ユースケースを対象とした評価試験を行い、試験結果を光ネットワークフェデレーションに関する全体アーキテクチャ/API の仕様へ反映し、改善や実用性を高めていく。

後半期間となる 2026 年度、2027 年度、2028 年度においては、APN オーケストレータ、APN-BG、BG-C の高度化開発を行い、各研究開発項目間の最終結合試験、想定ユースケースを対象とした最終評価試験および、サービス用オーケストレータから APN オーケストレータ間の連携に関するサービスの実証試験を行う。

#### 研究開発項目 2-b) サブチャネル回線交換技術

2025 年度においては、サブチャネルを活用した確定性通信ならびにサブチャネル通信容量変更の実現性の見通しを得る。サブチャネル収容ゲートウェイ仕様、サブチャネル収容コントローラ仕様、アプリケーション連携 API 仕様を改版の上で原理確認用試作を含む各種評価・試験を実施し、その結果を踏まえサブチャネル構成法 2 版を策定する。

後半期間となる 2026 年度、2027 年度、2028 年度においては、機能拡張の試作開発、項目間結合検証を行い、最終的には、本研究開発が対象と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実証を行う。

#### 研究開発項目 2-c) 分散型 ROADM 技術

2025 年度においては、分散型 ROADM を用いた親局・子局構成による通信業者間の相互接続の基本動作検証項目の検討、部分試作、検証系構築により、分散型 ROADM アーキテクチャによる制御基本動作検証を行う。また、分散型 ROADM 向け要素デバイス、高密度実装・低消費電力化技術について、前年度の原理試作で抽出された課題に対する試作を行う。さらに、ノードレベルでの ROADM 構成試作(子局、親局)、および各ノードでの基本制御動作検証を行う。

後半期間となる 2026 年度、2027 年度、2028 年度においては、分散型 ROADM アーキテクチャによるシステム制御の詳細検討、分散型 ROADM 向け要素デバイスの性能改善試作、高密度実装・低消費電力化機能の実装技術試作を行い、ユースケース、アプリケーションなどを想定した研究開発項目間 (2-a)、2-b)、2-c)) の結合試験による性能検証を行う。