

## 1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名: 次世代コアとBeyond 5G/6Gネットワークのためのプログラム可能なネットワークの研究開発
- ◆副題: 高信頼・大容量End-to-end接続を提供する次世代プログラマブル光=無線統合ネットワーク
- ◆受託者: 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学、国立大学法人電気通信大学
- ◆研究開発期間: 令和4年度～令和7年度 (36か月間)
- ◆研究開発予算 (契約額): 令和4年度から令和7年度までの総額45百万円 (令和7年度7百万円)

## 2. 研究開発の目標

超大容量・低遅延・高信頼に加え、多様な要求に応じるための柔軟性を備え、知的・的確にコントロールされる、プログラマブルな光=無線統合ネットワークの実現に向けた研究開発を実施する。

## 3. 研究開発の成果

### 研究開発項目1 超大容量プログラマブル光コアネットワークの研究開発

#### 研究開発目標

#### 研究開発成果

リージョナルクラウド・エッジクラウド間を含めた大容量通信を低遅延かつ効率良く伝送可能なコアネットワーク

The red path is switched at the optical cross-connect without being converted to electrical signal.

- 経路制御自由度の制限と高密度波長多重のトレードオフの解決
- エッジと連携しての知的ネットワーク制御の実現
- 100x100を超える大容量ノードの実現

項目1-1. コア=エッジネットワークにおける統合光パス制御手法の開発と実証  
 項目1-2. 可変密度多重および混合粒度ルーティングによる光ネットワーク大容量化  
 項目1-3. ペタビット級超多ポート光ノードアーキテクチャ

### 研究開発項目1-1: コア=エッジネットワークにおける統合光パス制御手法の開発と実証

- 光ネットワークの容量上界の評価法を開発し、機械学習等の効果が限定的であることを示した。
- 階層化された光ネットワークの制御手法を開発した。
- 光スイッチベースのノードの性能が限定的であることを明らかにした。

### 研究開発項目1-2: 可変密度多重および混合粒度ルーティングによる光ネットワーク大容量化

- 波長多重度を局所的に可変する方式を提案し効果を明らかにした。
- 階層化光ネットワークの設計・制御方式を開発した。従来型ノードに対して遜色のない容量を達成可能であること、スイッチ制御数を4割程度削減できることを示した。
- マルチコアファイバ等の早期部分導入を可能に示した

### 研究開発項目1-3: ペタビット級超多ポート光ノードアーキテクチャ

- グループ化光パスの経路制御を行うノードの低損失化を実現し、スループットが5Pbpsに迫るノードの実現可能性を示した。
- 従来型ノードと光パスグループ数が異なる提案ノードの混在時に構成を最適化する手法を提案し、全トラフィック条件下において新たなネットワークがコスト面で最良となることを示した。

### 研究開発項目2: 光ファイバ給電で基地局を駆動するパッシブ光ネットワーク

基地局を光ファイバ給電のみで駆動する光ネットワーク技術

一元化された給電システム

災害による停電

既存のアクセスネットワークとの親和性に優れたパッシブ光ネットワークにおいて、基地局の通信トラフィックに応じた動的な電力供給を実現

項目2-1 光ファイバ給電PON構成法  
 項目2-2 新規光ファイバを用いた給電系

### 研究開発項目2-2: 新規光ファイバ給電技術の確立

- これまでの給電用光ファイバに対して、**およそ10 dBの伝送損失の改善**に基づく、高い給電効率を達成し、RoF信号の下り・上り信号伝送においても、**ペナルティの発生しない**高い伝送特性を達成することに成功した。

### 研究開発項目2-3: 光ファイバ給電系の電力制御高速化

- 電力制御の応答速度に影響を与える給電光源の周波数帯域、光ファイバ伝送路長、光電変換素子の周波数帯域に基づく、システムの応答特性を詳細に評価し、想定する状況下で**1 msオーダーでの遠隔電力制御が可能**であることを明らかにした。

### 研究開発項目2-4: 光ファイバ給電パッシブネットワークの構築

- 研究開発項目2-2で特性を明らかにした光ファイバ給電系を組み込んだ光ファイバ給電パッシブネットワークを構築した。実際のネットワークを想定した伝送路長で構成された構成とし、最終年度となるR7年度に詳細なネットワーク実験を実施する。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
1 (0)	0 (0)	6 (0)	44 (4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (1)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

**研究開発項目1:**

複数の周波数帯域に分布する光パスを自在にグループ化し、グループ毎に周波数帯域に依存せず一括経路制御を行うノードの超大容量プロトタイプを構成し、総スループット4.71Pbpsの実現可能性を示すと同時に、雑音耐性の高い変調フォーマットを用いた際の2000kmを超える伝送実験の実施により、有用性を実証した。また光ネットワーク内に階層構造を導入し、信号劣化を抑制する迂回路(光バイパス)をフレキシブルに構成可能なネットワークを効果的に設計及び制御する手法を開発した。従来型ノードのみで構成されるネットワークに対して、信号劣化を抑制する一方でほぼ同等の光パス収容能力が発揮できることを明らかにした。マルチコアファイバを含む次世代ファイバ方式の早期の部分的導入を実現しうることを示した。

**研究開発項目2:**

内部クラッドが純シリカで構成された新しい給電用光ファイバを用いた給電系を構成し、その信号・電力伝送特性を詳細に評価した。ファイバの伝送損失については、10 dB以上の改善を達成し、高い伝送特性が得られることを明らかにした。また、実際の光ファイバ給電ネットワークへの適用を想定した電力制御の応答特性の評価を実施し、想定するネットワークにおいて、1 msオーダーでの高速な遠隔電力制御を行えることを明らかにした。コストモデルを構築し、米国と共同でネットワーク最適設計法を開発した。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

- 展開・普及にあたっては以下の3点を想定している。
- プロジェクト実施期間および終了後も、有力国際会議 (ECOC/OFC/OECC等)や論文誌での発表により、効果的に成果の周知を計る。招待講演が設定された場合には、本プロジェクトの成果を積極的に広告する。
- 本プロジェクトのみに限らない日米研究者間の国際協力関係を構築し、当コミュニティの中での研究分担者および日本の研究のプレゼンスを高める。
- 国内においては、学会により公開された日本のバックボーンネットワークトポロジを用い、現実的な検討結果を適宜発表するなどして、国内のキャリア・ベンダへの可能な限りのフィードバックを試みる。

6. 外国の実施機関

ジョージワシントン大学 ノースカロライナ州立大学