

令和 6 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 22402
 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

(1) 研究開発の目的

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。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 7 年度（36 か月間）

(3) 受託者

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学＜代表研究者＞
 国立大学法人電気通信大学

(4) 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 6 年度 15 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 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（東海国立大学機構）
- ・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（東海国立大学機構）
- ・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（東海国立大学機構）

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

- ・研究開発項目 2-2…新規光ファイバを用いた光ファイバ給電系（電気通信大学）
- ・研究開発項目 2-3…光ファイバ給電系の電力制御高速化（電気通信大学）
- ・研究開発項目 2-4…光ファイバ給電パッシブ光ネットワークの構築（電気通信大学）

(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	0	0
外部発表等	研究論文	5	0
	その他研究発表	43	15
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	4	0

(7) 具体的な実施内容と成果

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

令和 6 年度では研究開発項目 1-2 で取り上げている階層化されたネットワークに於いて、伝送距離に応じて信号変調方式を変更する最新の伝送方式を導入し、信号劣化を考慮した光パスの経路制御により容量が向上することを示している。

- ・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容量化

光ファイバネットワーク内を2つの階層に分離し、階層ごとに異なる粒度でのルーティングを行う方式を年度に導入した。この方式は、名古屋大学と日本電気株式会社が共同研究を実施して生み出したものであり、迂回路として機能する階層と、通常の経路制御を行う階層を組み合わせ、それらをノード間の光ファイバで接続することで、波長選択スイッチを経由する伝送特性の劣化を抑制することに成功している。令和 5 年度は階層化ネットワークの初期の設計法を開発して暫定的な性能評価を行っていたが、令和 6 年度では設計法を刷新し、迂回路側の使用率を高めることに成功している。特に光パスが動的に設立・解放される状況におけるネットワーク容量が、ノードコスト及びノード経由時の信号劣化が大きい一方で最大限の柔軟性を有する従来型ネットワークに迫ることを示している。更に迂回路側の階層において、様々な切替粒度や光ファイバを導入した場合の構成法と性能検証を実施している。

- ・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

令和 4 年度には光パスグループ化と経路制御を分離し、ネットワーク設計アルゴリズム側でノード内の構成を陽に用いてノードの能力に見合ったネットワーク設計を実施するという方針を打ち出した。令和 6 年度は、小規模構成に適した従来型ノードと大規模構成に適する提案型ノードを混在させる新たな光ネットワーク構成を提案した。提案型ノードは光パスグループ数の多寡によりルーティング能力とコストのトレードオフをフレキシブルに設定できるため、ノード構成及び提案型構成を取るノードのグループ数を全て個別に最適化することとし、計算コストの小さな遺伝的アルゴリズムを導入することで最適化に成功している。提案型ノードのみで構成されるネットワークと異なり、あらゆる通信量において今回提案した混在型ノードのネットワークが最良となることを数値シミュレーションにて示している。

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

- ・研究開発項目 2-2…新規光ファイバを用いた光ファイバ給電系

純シリカ内部クラッドで構成された新規ダブルクラッド光ファイバを用いた給電系を構築し、詳細な信号・電力伝送特性の評価を実施した。昨年度検討した新たな光合分波回路も組み込み、最大給電光パワー 20 W において、実証実験を実施した。電力伝送については、内部クラッドを純シリカで構成することで、給電光波長である 976 nm 帯において、ファイバの伝送損失を 10 dB 程度低減することに成功し、これに伴う高い給電効率を達成することに成功した。信号伝送においても、RoF を想定したキャリア周波数 5.2 GHz の無線信号を変調信号として用い、上り・下り伝送において、ペナルティがほとんど発生しない高い伝送特性を達成し、新規ファイバの有効性を明らかにした。

・研究開発項目2-3…光ファイバ給電系の電力制御高速化

本研究開発で想定している光ファイバ給電パッシブネットワークでは、給電電力の効率的な利用のため、RRHのトラヒックに応じて、EC側から必要最低限の電力を供給するシステムを導入する。このため、RRHのトラヒック変動に応じて、ダイナミックに給電電力の制御が可能な電力システムを構築する必要がある。そこで、実際の光ファイバ給電パッシブネットワークを想定したシステム構成において、実際の電力制御の応答速度の評価を行った。応答速度を決定するパラメータとしては、給電光源の周波数帯域、ファイバの伝送路長、光電変換素子の周波数帯域がある。これらの応答速度を詳細に評価した結果、1 msオーダーでの電力制御が行えることを明らかにした。これは、RRHに供給する電力制御の応答速度としては十分なものであり、トラヒックに応じた電力制御によるネットワーク全体の消費電力の削減に有効性が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光ネットワークの構築

研究開発項目2-2で構築した新規ファイバを用い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光ネットワークを実際に構築した。また、US側のジョージワシントン大学とは光ファイバ給電パッシブ光ネットワークにおけるコスト・消費電力に関するネットワークの評価を継続的に共同で実施しており、実際の構成に即した使用デバイスのコストや消費電力の詳細な調査を基に、ネットワーク評価のパラメータを明らかにしている。これらの成果と実際に構成したネットワークを基に、次年度は、統合的なネットワーク実験を実施し、光ファイバ給電パッシブネットワークの有効性を明らかにする。

(8) 今後の研究開発計画

令和7年度途中での研究終了となるため、短期間での成果達成を意識して国際連携に注力する。研究開発項目1においてノースカロライナ州立大学との連携を中心にエッジとコアの協調動作に向けた研究開発を進め、研究開発項目2では新たな光ファイバの特性を考慮した最適配置法の定式化と解法の開発をジョージワシントン大学と進める。定期的なオンライン会議を中心に、情報共有と成果発表を促進する。

(9) 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（いずれも米国）