



(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

事前に予測した通信需要発生確率に応じて強化学習の考えに基づき光パス配置を行う手法の検討を行った。ネットワークの状態を、ネットワーク内の構造そのままに学習器への入力データとして使用する直接的な試みと、ノード間の最大フロー及びそのバリエーションを状態推定値として用い制御に反映させる間接的な方式を実現・検討し、多数のシミュレーションにより性能を評価した。前者に比べ後者が安定した制御性能を発揮し、かつ所望のスケールのネットワークに適用可能であることを確認した。

- 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

光ファイバ内の帯域を2つに区分し、各区分内の光パス多重密度を変更する方式を検討した。固定的に二分する方式と、より柔軟な分割方式を検討したほか、ブロック分割による区分方式の検討を進めている。次年度以降にこれらの周波数分割に適合したルーティング方式の開発と評価を進めていく。

- 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

本項目は当初令和5年度より実施予定であったが、先行しての検討を開始した。複数の周波数帯域を用いるマルチバンド伝送がこの数年注目を集め、従来のシングルモードファイバの伝送特性を向上させるものとして検討が進められているが、周波数帯域ごとに大規模波長選択スイッチなどのデバイスを用意し、帯域分離用フィルタと併用して複数周波数帯域に分散する信号を処理する必要があった。しかし、大規模かつ様々な周波数帯域に対応した波長選択スイッチは高価である。そこで、今回、これまで我々が提案してきた光パスのグループ化と経路制御を分離するという方針に基づき、新たなノード構成を提案した。提案構成では周波数帯域ごとに用意した小規模な波長選択スイッチを用いて周波数帯域ごとに信号をグループ化し、グループごとに一度集約の上、周波数依存性のない一般の光スイッチで経路制御する。プロトタイプを構成し伝送実験を行って、ノードのスループット 300Tbps が達成できることを明らかにした。

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

- 研究開発項目 2-1…光ファイバ給電パッシブ光ネットワーク構成法

光ファイバ回線を通信だけでなく、基地局を駆動するための電力線として活用する、新たな光ファイバ給電パッシブネットワークの構成法を提案した。信号と電力を同時伝送可能な光リンク構成は集約局からスプリッタまでとスプリッタから基地局までの2つの構成とした。前者は、当初新規マルチコアファイバの導入を検討していたが、製造の難しさや耐久力パワーの制限から個別のマルチモードファイバを用いる構成にした。これにより、データ伝送については、従来のパッシブ光ネットワークと同様にスプリッタを介して、それぞれの基地局に下り信号が伝送される構成を維持しつつ、パワー伝送については、データ伝送とは別にそれぞれの基地局に個別の光パス（コアもしくは光ファイバ）を配備する構成とし、それぞれの基地局のトラヒックに対応した電力制御を行える構成とした。また、動的な電力制御の検討として、導入を予定している複数の光電変換素子の電力制御の応答特性を測定し、その有効性を明らかにした。

- 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

光ファイバ給電系において、光エネルギーをより高効率かつ長距離伝送するためには、低損失な光ファイバの研究開発が重要である。そこで、本研究開発で導入を検討していたダブルクラッド光ファイバに対し、新たに純シリカ内部クラッドで構成されたダブルクラッド光ファイバを用いることで伝送損失を格段に低減する新規光ファイバ技術を提案した（特許申請済）。これにより、内部クラッドの伝送損失を大幅に低減しただけでなく、既存光ファイバの波長損失依存性に近い損失特性を得ることに成功し、光ファイバ給電ネットワークにおける給電効率を大幅に向上する見通しを立てることが可能になった。

#### (8) 今後の研究開発計画

令和4年度から継続して各研究開発項目内で必要な研究を着実に実施しつつ、国際連携に一層注力する。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）