

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 Beyond 5G超高速・大容量ネットワークを実現する帯域拡張光ノード技術の研究開発
- ◆副題 光ネットワークのビットレート距離積拡張に向けた帯域拡張光ノード技術の研究開発
- ◆受託者 富士通(株)、日本電信電話(株)、古河電気工業(株)
- ◆研究開発期間 令和4年度～令和8年度(5年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和4年度4,000百万円 ※百万円未満切り上げ

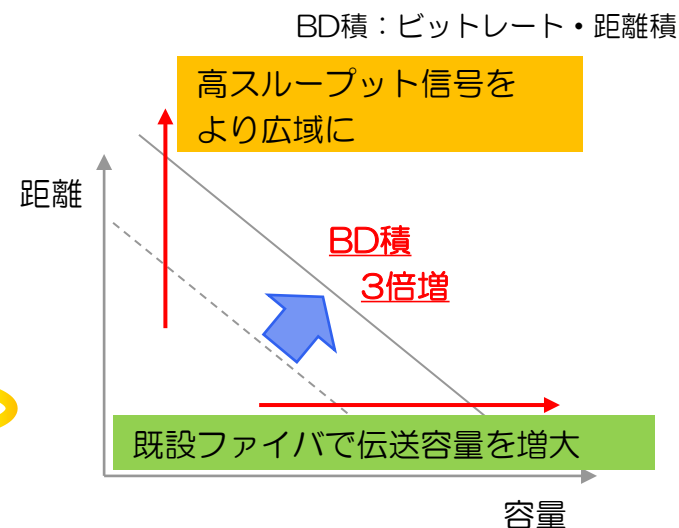
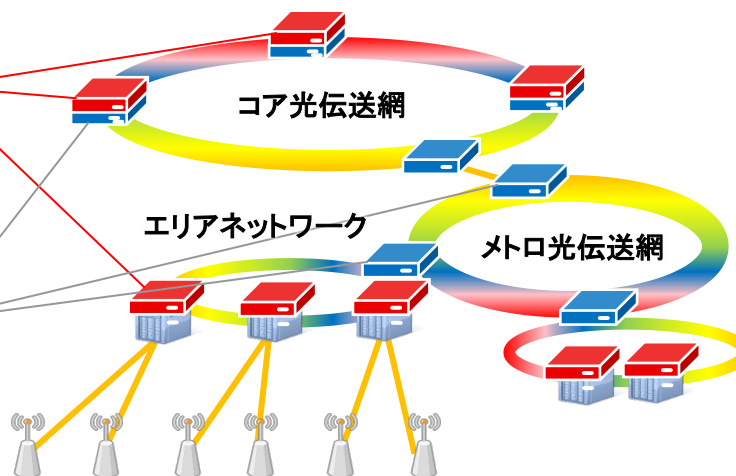
2. 研究開発の目標

・従来商用化レベルにある光ネットワーク技術に対してビットレート・距離積(BD積)を3倍以上に拡大する帯域拡張ノード技術を確立する。距離(D)の拡張に関しては、送受信システムのボーレートとして、150Gbaud以上を実現し、1Tbps級で500km伝送を可能とする。帯域(B)の拡張に関しては、従来のC帯、L帯に加え、S帯およびU帯にかかる帯域を開拓することで、従来の3倍以上の波長領域資源を経済的に活用可能にする。

光送受信機の帯域拡張 (150Gbaud以上)



波長多重ノードの帯域拡張 (従来比3倍以上)



研究開発項目1 帯域拡張光送受信技術の研究開発

現在一般的に幅広く商用化されている60Gbaud級および最近商用化が開始された90Gbaud級に対して、150Gbaud級を実現することで、1Tbps級の光信号の500km伝送が可能な光送受信システムを実現に必要な、基盤技術を確立する。要素デバイスに要求される仕様を明確化した上で、それらの開発を行い、これを統合することで帯域拡張光送受信技術を確立する。

研究開発項目2 帯域拡張波長多重光ノード構成技術の研究開発

従来の送受信機の利用のみでネットワークの帯域拡張を行う波長帯一括変換技術を用いた帯域拡張波長多重ノード技術の開発を行う。帯域拡張波長多重ノードの実現に必要な波長帯一括変換技術と励起光源・増幅技術及びそれらを統合する制御技術を開発し、帯域拡張波長多重ノード技術を確立する。

3. 研究開発の成果

研究開発項目1 帯域拡張光送受信技術の研究開発

研究開発項目1-a 帯域拡張光送受信機構成技術（富士通株式会社）

- 【目標】 ・130Gbaud級の光送受信システムの予備試作を行い、シミュレーションモデルを構築して伝送実験結果を反映する。
・130Gbaud超級の光送受信システムの原理試作に適用する各デバイスの性能仕様を作成し、原理試作の基本設計を完了する。
・150Gbaud級で500km級の伝送が可能な変復調方式の候補を確定する。

- 【成果】 ・130Gbaud級の光送受信システムの予備試作、評価結果のシミュレーションモデルへの取り込み、各デバイス仕様策定、原理試作の基本設計を完了した。
・シミュレーションモデルを用いて150Gbaud級の伝送特性の定量化を完了した。1波あたり1Tbps級で500km級伝送可能な変復調方式の候補を確定した。

研究開発項目1-b 超高ボーレート光送信デバイス技術（日本電信電話株式会社）

- 【目標】 ・ドライバ内蔵変調器モジュールの要求特性から目標仕様を明確化する。130GbaudC帯モジュールを用いた動作波長範囲拡大制御技術を実証する。

- 【成果】 ・150Gbaud級ドライバの目標仕様を明確化し高周波特性のマスク等を規定した。
・C+L帯光源を有する測定系を構築し、C帯変調器モジュールを用いてC+L帯への動作波長範囲拡大制御技術を実証した。

研究開発項目1-c 帯域拡張光送受信機光源技術（古河電気工業株式会社）

- 【目標】 ・線幅50kHz級レーザの方式の比較検討を行い、特性確認を行うための測定系を整備するとともに、原理確認試作を行うことで基礎設計を確立する。

- 【成果】 ・50kHz級を達成可能なレーザ構造の比較検討を行い、それをもとに原理確認試作を実施した。また位相ノイズ特性測定系を構築し原理確認試作品の測定を行い、共振器長、フィルタ構造により20～100kHzの線幅の結果を得られた。これにより設計に必要なパラメータを確認し基礎設計を確定した。

研究開発項目2 帯域拡張波長多重光ノード構成技術の研究開発

研究開発項目2-a 帯域拡張波長多重ノード構成技術（富士通株式会社）

- 【目標】 ・帯域拡張波長多重ノードの各機能の仕様明確化と制御技術の基本検討を行い、基本アーキテクチャを策定する。
・帯域拡張波長多重ノード評価系の設計を完了し、構築を開始する。

- 【成果】 ・帯域拡張波長多重ノードアーキテクチャの候補を選定し、ノード内レベルダイヤ策定と比較項目の検討を行い、3倍以上の波長帯域幅を実現する基本アーキテクチャの策定を完了した。各機能の明確化と制御技術の基本検討を完了した。先行して項目2-b)と連携してU帯にかかる長波長側の伝送可能性を確認した。設計を完了した帯域拡張波長多重ノード評価系の構築を開始した。

研究開発項目2-b 波長帯一括変換技術（日本電信電話株式会社）

- 【目標】 ・C帯とその短波長側のS帯にかかる波長帯との波長帯一括変換技術の基本設計完了およびロスレス波長帯一括変換の原理実証を行う。

- 【成果】 ・波長帯一括変換の基本構成の策定及び、入出力特性等を抽出し、C帯とその短波長側帯でのロスレス波長帯一括変換の基本設計を完了した。
C帯とS帯にかかる領域の波長帯一括変換ユニットの試作評価を実施し、ロスレス変換の原理実証を完了した。
さらに、項目2-a)と連携し、2024年度以降検討予定のU帯における波長多重伝送の実現可能性を先行して実証した。

研究開発項目2-c 帯域拡張光増幅・光源技術（古河電気工業株式会社）

- 【目標】 ・C帯集中ラマン増幅器試作による課題洗い出しを行い、C帯とその短波長側のS帯にかかる励起光源および集中ラマン増幅器の構成を確定する。
また波長帯一括変換用励起光源試作を行う。

- 【成果】 ・C帯集中ラマン増幅器試作を行った結果、増幅特性はEDFAと同等であるが消費電力が課題であり、S帯でも同様の特性をまずは同様の構成で実現することを目標とした。またS帯用励起光源を試作し最高光出力975mWを得て基本設計を完了した。加えて波長帯一括変換用励起光生成部の試作で60kHzの線幅で500mW以上を得た。

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・採択	プレスリリース報道	展示会	受賞・表彰
4 (4)	0 (0)	0 (0)	11 (11)	0 (0)	1 (1)	2 (2)	0 (0)

- (1) 主な学会発表 ※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。
- 2022年9月のECOCで下記の発表を行った。
- “Challenges for multi-band transceivers and role of wavelength conversion”, ECOC2022ワークショップ
- 2023年3月のOFCで下記3件の発表を行った。
- “Quasi-Constant Signal Power Transmission With Low Signal RIN by DRA With Incoherent-Forward and Coherent-Backward Pumps”, W2A.11
 - “Design and Applications of Highly Non-linear Fibers”, Th1B.1
 - “38.4-Tbps Inline-amplified Transmission using PPLN-based Optical Parametric Amplifier Over 6 THz within L- and U-bands”, Th3F.3
- 上記の他、電子情報通信学会の全国大会や研究会等で7件の発表を行った。
- (2) 展示会・プレスリリース
- 2023年3月にプレスリリース“高出力低消費電力駆動のラマン増幅器用ポンプレーザFRL1441Uシリーズの帯域拡張でS帯・L帯に対応”を実施した。
 - OFC2023にて帯域拡張増幅器用励起光源の展示を行った。
 - 第36回光通信システムシンポジウム展示会(2022年12月13、14日)に出展し、研究活動の概要について紹介した。
- (3) その他(標準化活動等)
- 2022年10月のIOWN Global Forum メンバー会合に参加し、オールフォトリクスネットワークの方向性や技術動向について調査した。
 - 2023年1月OIF Q1会合に参加し、光ネットワーク用部品の標準化動向、技術動向そして他社動向について調査した。
 - 外部有識者を委員とする研究開発運営委員会の第1回委員会を12月5日に開催し、有益な助言、コメントをいただいた。
 - 3社全体での受託者間調整会議を15回実施した。

5. 今後の研究開発計画

- 項目1** 2024年度までに130Gbaud超級での光送受信システムの原理試作評価を完了、抽出した課題をフィードバックした最終試作により、2026年度に1Tbps級で500km以上の伝送を実証、最終目標を達成する。
- 項目2** 2023年度に完了する波長多重ノードの基本設計に基づき、各サブシステム技術とノードの試作評価・課題抽出を進め、2026年度の最終試作により、既存の3倍以上への波長資源拡大可能性を実証、最終目標を達成する。
- 項目間連携** 最終試作機を持ち寄り統合検証実験を実施、BD積3倍以上の性能向上を実証する。また、戦略的標準化活動の方針策定と実行を推進する。

