

大容量かつ柔軟な将来の光ネットワーク技術の研究開発

■概要

当研究室では、第5世代モバイル通信システム(5G)及びそれ以降における通信トラフィックの爆発的増加や通信サービスの多様化等に対応する次世代光ネットワークを実現するための基礎的・基盤的技術の確立を目指している。具体的には、以下の技術の研究開発に取り組んでいる。

1. 従来の波長多重光ネットワークと比較して通信容量を飛躍的に向上させる超大容量マルチコアネットワークシステム技術
2. 通信サービス要求の動的変化に柔軟に対応するために、高速な光パス制御を可能にする光統合ネットワーク技術
3. 光アクセスから光コアまでをシームレスにつなぐ光アクセス・光コア融合ネットワーク技術

■平成29年度の成果

1. 超大容量マルチコアネットワークシステム技術

マルチコアオール光スイッチング技術の研究開発として、ナノ秒の切替速度の電界吸収型(EA: Electro-absorption)高速光スイッチ素子を並列化し、宛先信号に応じて複数素子を同時に駆動させるコントローラを備えた高速並列光スイッチシステムを開発し(図1)、世界記録となる53.3テラbpsの7コア多重光パケットス

イッチング及び38 kmマルチコア光ファイバ伝送実験に成功した。この成果は、光通信分野のトップカンファレンスである国際会議ECOC(European Conference and Exhibition on Optical Communication)2017の最優秀論文(通称ポストデッドライン論文)の特別セッションに採択されるなど、科学的に評価の高い成果である。その後、更なる高速化を進め、3年で従来の世界記録を6.5倍更新する83.3テラbpsを達成した。また、音響光学素子(AOM: Acousto-optic modulator)ベース7コア一括光スイッチを開発し、EA高速光スイッチと組み合わせたネットワークを構成し、各光スイッチの切替速度等を活かしてネットワークに必要なパケット転送機能やパケット輻輳回避機能、プロテクション機能等を実現した。

マルチモード光スイッチング技術として、これまで光通信には利用されていないホログラフィ技術を活用し、コンパクトな構成でモード多重された信号を分離するための体積ホログラム型モード多重分離器の研究を行った。本分離器は、予め分離するモード情報をホログラムに角度多重で記録することにより、モード多重信号入射時に各モードの角度分離が実現可能で、モード数を拡張することが容易である。これまで、通信波長帯(1.3ミクロン帯、1.5ミクロン帯)では、モード情報をホログラムに記録できない問題があったが、異波長記録再生技

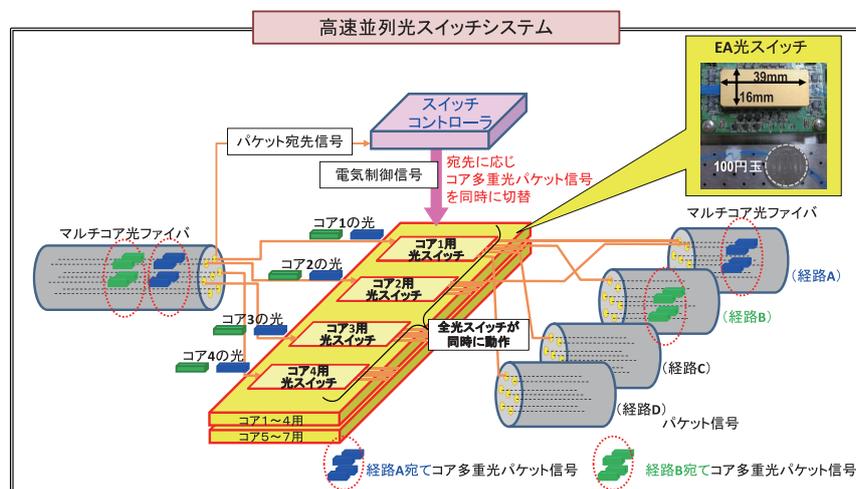


図1 開発した7コア光ファイバ用高速並列光スイッチシステム

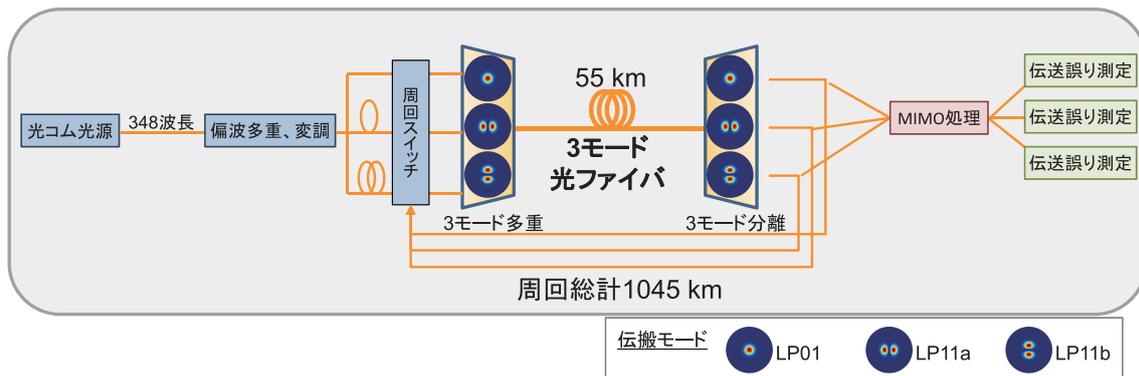


図2 開発した3モード光ファイバ伝送システム

術を採用することにより、532 nmのレーザで作成した角度多重記録ホログラムを用いて、850 nm帯のモード多重信号の分離に初めて成功した。

空間スーパーモード伝送基盤技術として、マルチコア光ファイバの動的に変動するクロストークと変調フォーマットの間関係を明らかにし、安定したネットワークシステムの設計指針を創出した。また、広い波長範囲で群遅延差の異なる高次モード間で有効に動作する干渉除去アルゴリズムを実装した。これらの成果を導入し、新たに3モード光ファイバ伝送システムを開発し（図2）、空間多重用の標準外径（0.125 mm）ファイバとしては、従来の容量距離積の世界記録を約2倍更新する159テラbps光信号の1,045 kmマルチモードファイバ伝送実験に成功した（図3）。この成果は、光通信分野のトップカンファレンスである国際会議OFC（Optical Fiber Communication Conference）2018の最優秀論文（通称ポストデッドライン論文）の特別セッションに採択されるなど、科学的意義の高い成果である。

コヒーレント光配信技術として、商用の光スイッチ（ROADM：Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer）で構成されたネットワークテストベッドで基準光配信及び送受信実験を実施した。ネットワークで障害が発生しても半自動的に動作復旧を行い、光ネットワークを介する本方式のフェージビリティと、高コヒーレントな基準光配信ネットワークに商用ROADMが適用可能なことを実証した。

2. 光統合ネットワーク技術

1 テラbps級多信号処理を可能とする光送受信及び光スイッチングシステム基盤技術の研究開発として、32 Gbaudの8 PSK（Phase Shift Keying）やQPSK（Quadrature PSK）などの多値変調信号光スイッチング実験により、EA高速光スイッチが位相変調方式に無依存であることを実証し、400 Gbps級光信号に対する光スイッチング実現の見通しを得た。

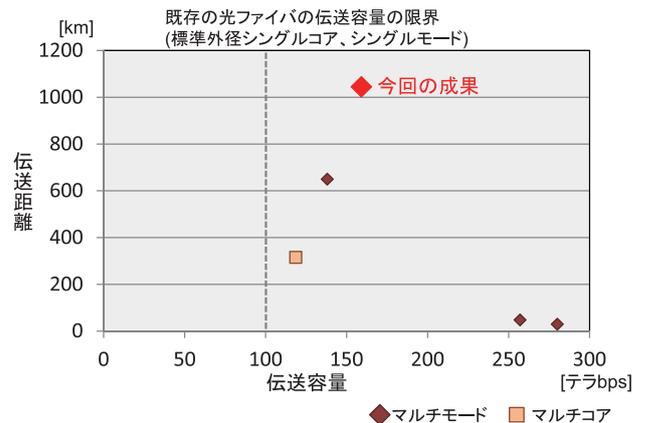


図3 標準外径の空間多重光ファイバの容量距離積の記録

ダイナミックな制御を瞬時に行うハードウェアサブシステム基盤技術の研究開発として、光ネットワークのリンク障害時に起こる光パスの時間軸・波長軸のダイナミックな挙動に対して、バーストモード光増幅器により強度変動を抑制し、光パスの超高速切替が可能であることを世界で初めて実証した。全国ネットワークモデルを用いた計算で、従来の光増幅器を用いた場合、単一リンク障害がネットワーク全体の運用光パスの約40%に悪影響を与えることを検証し、光通信分野のトップカンファレンスである国際会議OFC2018にて発表した。

3. 光アクセス・光コア融合ネットワーク技術

光アクセスネットワークにおける大容量・延伸化技術として、低コストのコヒーレント通信方式を確立し、パイロット信号を付けた12.5 GbaudのQPSK変調を用い、120 km以上の伝送を実証した。また、タイのチュラロンコン大学と共同で、伝送容量10 Gbps級のPON（Passive Optical Network）の延伸化に向けた信号増幅用新デバイスを開発した。XG-PON（10 Gigabit Capable-PON）の上り・下り通信の規定波長域に対応した光増幅器の基本特性を評価し、国際会議International Conference on Photonics Solutions（ICPS2017）にて発表した。