

光ネットワークのレジリエンシー高度化技術の研究開発

■概要

広域光ネットワークでの大災害等によって引き起こされる深刻な輻輳（ネットワークの混雑）に対して、既存の種々の対策で必要となる通信リソースを柔軟に割り当てるため、波長領域及び時間領域の動的な変更を可能とする弾力的なスイッチング方式の実現に向けて基盤となるサブシステム技術の研究開発を進めた。また、光ファイバ通信が断絶した被災地域近傍において迅速に、光ネットワークを応急復旧する強力な支援ツールを用いた制御系の自律回復や、通信キャリア間の相互融通を行うことを想定した実証実験に取り組んだ。

■平成 30 年度の成果

1. 弾力的光スイッチング基盤技術の研究開発

波長多重された光信号のダイナミックな制御を瞬時にを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、動的波長チャンネルの高速等化のために音響光学素子を導入し、7 μ s程度の動作速度で3波長チャンネルの光強度変動を一括抑制可能であることを実証した（図1）。

さらに、音響光学素子による複数波長チャンネルの一括強度制御に適したコントローラとして、複数の周波数の電気信号を合成して出力可能な複数RF（Radio Frequency）高速発生器を開発した。当該コントローラは光信号モニタリングサブシステムから得られた光信号スペクト

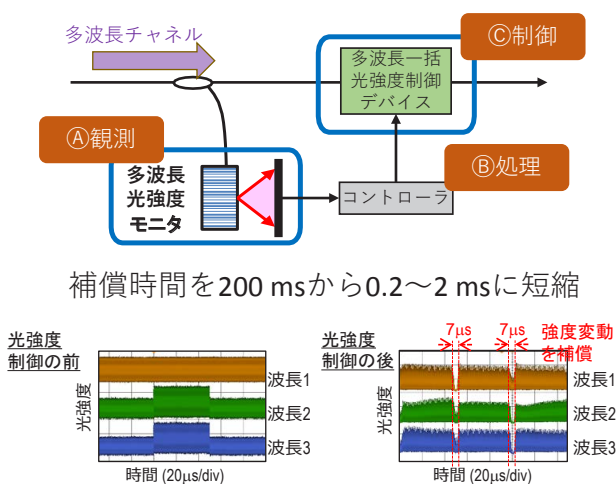


図1 弾力的光スイッチングのための多波長一括等化システム

ラム情報を基に、音響光学素子で複数光波長チャンネルをそれぞれ最適な光強度に制御するためのRF周波数及び振幅を自動的に高速出力する。RF信号は、プログラムで回路構成を変更可能なFPGA（Field Programmable Gate Array）及びデジタル・アナログ変換回路（DAC: digital to analog converter）によって発生させるため、部品の追加なしに制御可能な波長数を増やすことができる。光信号モニタリングサブシステムには市販の分光器を使用したため、分光器と制御回路間はUSB接続となったが、応答時間について前年度達成した200 msから大幅に短縮した0.2~2 msで8波長の光パスを高速等化できることを実証した。また、光パケット・パス波長資源調整と光パケットオフローディング制御という異なる輻輳緩和制御の仕組みを光パケット・パス統合ネットワーク（以下、光統合ネットワーク）制御管理機構に統合する技術を開発した。この制御管理機能により、トラヒック状況に応じて、波長資源の動的な調整と光パケットオフローディング自動制御ができ、光統合ネットワークの弾力を発揮できることを実証した。さらに、光統合ネットワークとMPLSやOpenFlowという異種パケット転送網との相互接続技術を研究開発した（図2）。光統合ノードに、開発したMPLSやOpenFlowとのパケットヘッダー変換技術を搭載することで、異種パケットのトラヒックを光統合ネットワークで中継可能になる。平常時にも運用可能であり、災害時においても、光統合ネットワークを柔軟性の高いパケット通信の中核機能として、外部の分断された異種パケット転送網と相互接続し、それらの分断されたトラヒックを中継することで、途絶された通信の早期復旧に貢献できる。

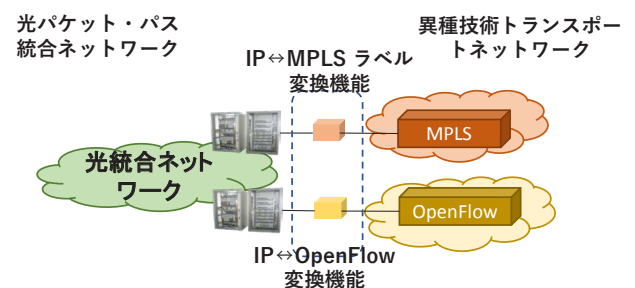


図2 光統合ネットワークと異種パケット転送網との相互接続

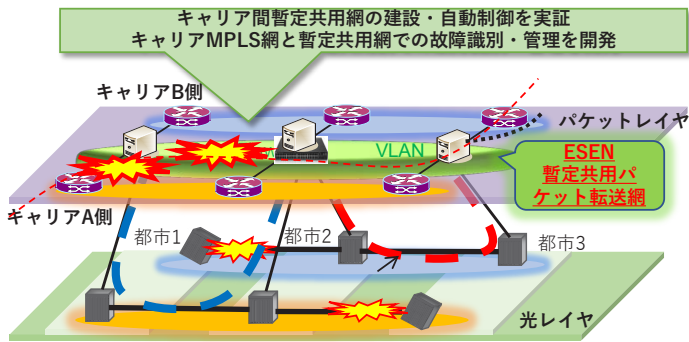


図3 キャリア間連携実験

2. 暫定光ネットワークの研究開発

異なる通信キャリア間の連携において、生残資源、あるいは優先的に復旧された通信設備資源を最大限に相互活用し、通信修復タスクを分担することで、発災後の修復タスクに要する時間及びコストを低減するための技術及び連携促進に向けたアプローチを研究開発している。

具体的には、

- (1) これまで災害地域内において利用可能な通信設備資源を利用して、通信キャリア間に暫定共用パケット転送網（以下、暫定共用網をいう）を設計する手法を提案してきた。前年度までの検討結果を踏まえ、キャリア間暫定共用網の設立・自動制御のフェジビリティ検証のための実証実験を行った（図3）。さらに、二次災害による通信キャリアMPLS網と暫定共用網で想定される故障を自動的に識別・管理する機能の研究開発を行った。
- (2) また、通信キャリアが他のキャリアから支援された通信資源を排他的に利用するという資源独占のアプローチの研究開発も行った。通信資源を支援する側の通信キャリアに対して、協力の際にインセンティブを付与する仕組みを提案した。数値評価により、通信キャリア間の連携で、通信資源の支援提供側と受領側ともに顕著なメリットが生じることを示した。

また、光ネットワーク制御層の早期応急復旧を実現する小型光ハブの機能拡張として、OSCと装置制御機能に特化したソフトウェアを開発した。当該ソフトウェア及び応急復旧用装置を損壊した通信装置に置き換えて光ファイバ接続することで制御ネットワークを応急復旧する実証実験を実施した。応急復旧用装置は商用通信装置の制御機能ボードを利用した。応急復旧用装置に壊れた装置の設定を継承することで、他の機能がなくても災害前のネットワーク環境を擬似的に再現することができ、災害前と同様の光パス制御が可能になることを実証し

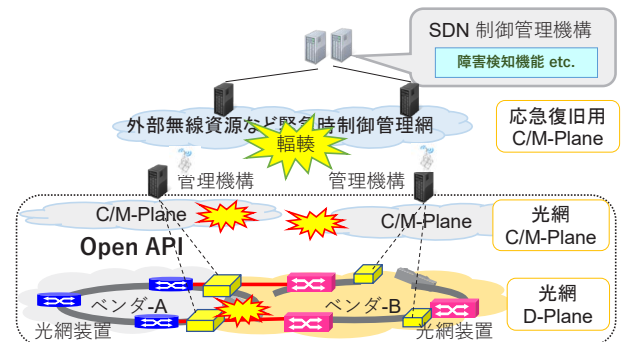


図4 自動分散ロバストテレメトリ機構

た。本機能の実装により、ネットワーク制御機能を有した中継増幅局として運用ができるとともに、可搬型光増幅器と併用することで様々な中継距離に対応することが可能となる。

3. 日米連携JUNO 2の研究開発

「スマートコミュニティを支える高信頼ネットワーク構成技術」（JUNO 2：平成30～32年度）採択課題、「次世代メトロ光ネットワークの耐災害戦略」の研究開発を推進した。

災害時に適切な物理網制御を行うためには、光網機器・光信号等の詳細な監視機能が必要不可欠であるため、本プロジェクトの一環として、無線メッシュネットワーク、4G、衛星、インターネット等の多種多様なアクセス手段により設定された臨時C/M-Plane網を利用して、喪失した光網の監視機能を素早く再建するロバストなテレメトリ技術を研究開発している。

具体的には、概念図（図4）に示すように、種々の光監視デバイスを管理可能な共通の監視情報提供プラットフォームを設計開発した。共通の管理インタフェースとデータモデルの設計において、独自の仕様を避け、積極的にオープンな仕様の採用及び拡張を行っている。例として、OpenConfigのYANGモデルを拡張し、共通の監視情報提供プラットフォームの実証実験を行った。またD-Plane復旧支援を行う小型光装置の監視機器などから監視情報収集するテレメトリにおいて、従来研究は、十分な帯域を持つ専用C/M-Plane網の利用を仮定しているが、災害時の臨時C/M-Plane網においては帯域や遅延が厳しく、また輻輳状態が時々刻々と変化する環境となる。これに対して、帯域は数十Kbpsと低くまた不安定な臨時C/M-Plane網を利用しても、重要度の高い監視情報を自動的に識別し、輻輳及び接続状況に基づいて、ベストエフォートの光網テレメトリ情報を収集できる自律分散ロバストテレメトリシステム技術の研究開発を行い、実証実験を行った。