

## 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

災害発生時の情報通信ネットワークの機能維持、早期復旧に向けて複合的な取組の重要性が高まっている。無線や衛星などの非常手段と共に、長距離大容量の通信の根幹を担う光ファイバネットワークについても、他の通信手段との連携や、レジリエンシーを強化する基盤技術の高度化が急務である。前中長期計画で原理実証を行った広域の光ノード間の輻輳低減技術と、異種ベンダ間の相互接続による生残り資源の活用技術を発展的に拡大し、強靱な輻輳耐力を持つ弾力的光スイッチング技術及び迅速な応急復旧技術の2本の柱に重点的に取り組んだ。

## ■平成28年度の成果

## 1. 弾力的光スイッチング技術

災害発生時に生じた輻輳が光ファイバネットワーク全体に波及することを阻止するため、時間軸上での動的な波長資源制御を実現する弾力的光スイッチング基盤技術の研究を進めている（図1）。

平成28年度は、特定宛先へのトラフィック急増が起きた場合の輻輳緩和技術の1つとして光パケットオフローディングを提案し、様々なネットワーク使用状態で犠牲となる光パスを最小とするアルゴリズムを構築した。

具体的には、光パスサービス用の波長資源を回収し、光パケットネットワークに緊急適用する際に、削除対象となるサービス中の光パスの量を最小化する光パケットオフローディングの最適化計算手法を提案した。図2には、削除対象光パス最小化の計算結果の一例を示している。サービス状況やネットワークポロジに依存するものであるが、多くの場合、従来手法にない方法として光パケットトランスポンダそのものをロードバランスとして適用することで、削除対象となる光パス数を顕著に減らすことができることを確認した。

また、弾力的光スイッチング機能の1つとして、リンク障害時のバックアップ光パスを高速に設定できるよう、バーストモード光増幅器を採用した光スイッチング装置に複数波長信号を同時に制御する並列パス処理方式に基づく1:1プロテクションフレームワークをプログラム実装し、物理的な光パスの設定/解放を高速化

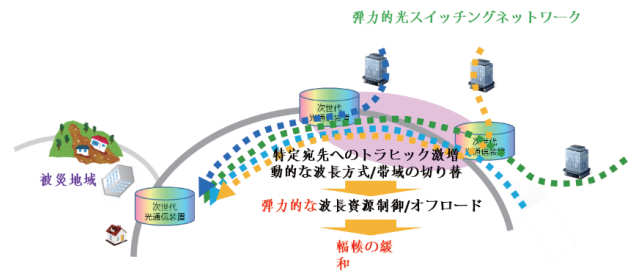


図1 弾力的光スイッチングと光パケットトランスポンダによるオフローディング

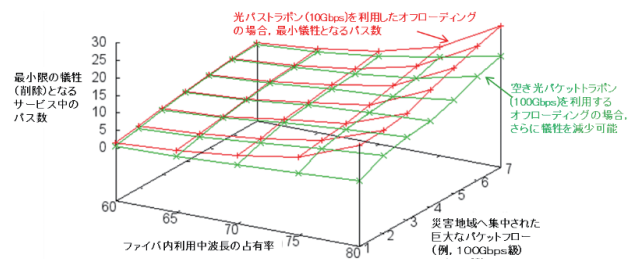


図2 光パケットトランスポンダによるオフローディングにおける削除対象光パス数の低減効果

し、約9秒で4波長切替えを達成した。加えて、多波長の光信号を一括してモニタすることで動的な波長チャネルの等化技術を向上させている。

## 2. 光ネットワーク応急復旧技術

## (1) 災害時通信キャリア間相互接続技術の研究

大規模災害時に通信キャリア間で生残り資源を融通し合うことで、暫定的な復旧を加速するために、相互の光ネットワーク設備を相互接続する必要がある。それぞれの事業形態や営業秘密保持に柔軟に対応可能な接続方法及び暫定網設計最適化手法を提案した。具体的には、キャリア間相互接続における評価用都市間ネットワークモデルを用いて定量評価を行い、各キャリアの網修復コストを大幅に削減可能であることを確認した（図3）。

## (2) キャリア内の応急復旧技術の研究

発災後に、損壊した光ファイバネットワークを迅速に復旧するためには、物理的ネットワークの完全な復旧を待たずに、通信キャリアの制御層ネットワークをいち早く復旧することが有効である。平成28年度は、光ネットワークに付随する制御層ネットワークの外部接続手段

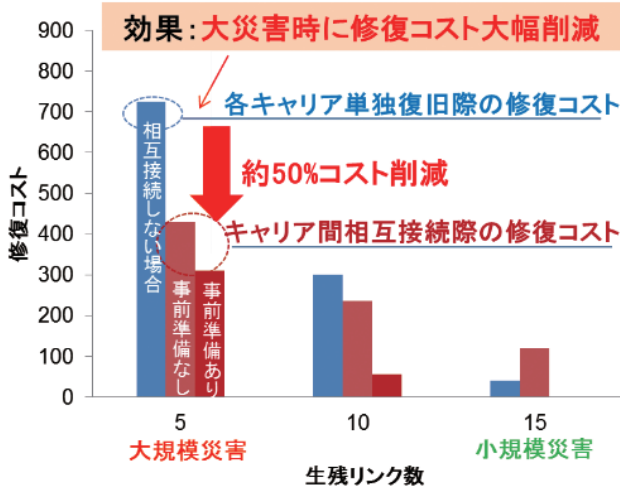


図3 キャリア間相互接続の数値的効果

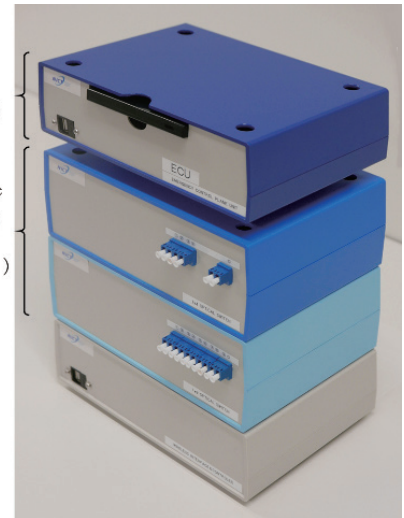


図5 光ファイバネットワーク応急復旧支援装置プロトタイプ

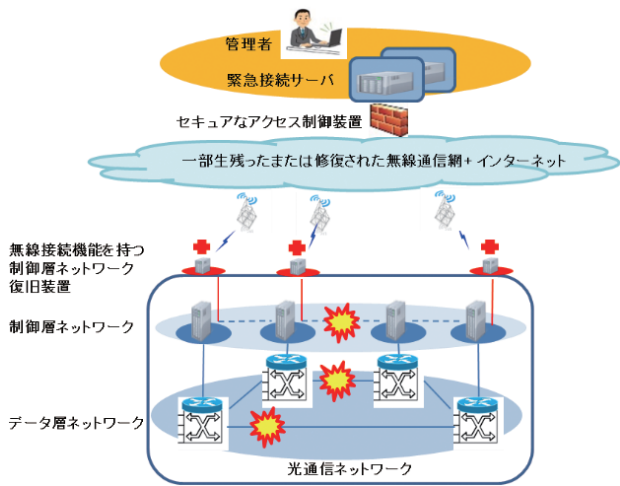


図4 制御層ネットワーク復旧システム概要

に関して有線・無線冗長化を行い、分散制御による全自動修復機構を提案した。図4は無線接続可能な制御層ネットワーク応急復旧装置及び緊急接続サーバを利用した制御層ネットワーク復旧システムの概要である。また、当該修復機構を光統合テストベッド上で実装し、実証実験を行った。

(3) 光ファイバネットワーク応急復旧支援装置の研究

光通信装置を構成する機能をそれぞれ小型パッケージ化し、「機能を選択し自由に組合せできる光通信装置」のプロトタイプを作製した(図5)。これらの装置は可搬性が高く、すなわち必要な地域への移設が容易で、災害で壊れた通信装置の機能を代替し、光ネットワークの早期応急復旧を可能とする。さらに、従来の商用の光通信装置にはなかった機能として、当該支援装置の制御機能パッケージにはLTEや衛星通信などの無線通信を利用して、光ネットワークの被害状況や故障箇所などの情報

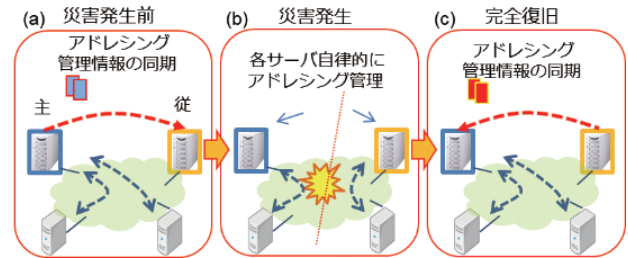


図6 IPネットワークアドレッシング情報の自律分散管理

をネットワーク管理者が早期把握できる機能が実装されている。

(4) 可搬型光増幅器の環境性能向上

倒壊局舎をバイパスした生残光ファイバの再接続や、迂回路設定に有効な中継増幅機能を携帯可能な軽量筐体の実装した可搬型EDFA(エルビウム添加ファイバ増幅器)について、耐環境性能を向上させ運用信頼性を高めた新型のパッケージを実装した。プロトタイプは、水没環境での運転や、振動、落下、熱サイクルなどの複数の条件下で連続運転を求める過酷な試験(国際規格である米国軍用基準等)に合格した。

(5) 論理ネットワーク自己修復の研究

上位層論理ネットワークの修復において、災害発生から完全復興まで論理接続性が変化しつづける中、ネットワークの変化に応じて、広範囲のリナンバリングを回避するためにIPネットワークアドレス空間の配分及びアドレス設定を含むアドレッシングを自動調整し、ネットワーク中のアドレッシングを正しく維持する機能が求められる。平成28年度は、分散されたアドレッシング管理サーバ間でアドレス空間配分情報を正しく維持する自律分散情報伝達機能を提案及び実装した(図6)。

3  
オープンイノベーション推進本部