平成28年度研究開発成果概要図 （目標・成果と今後の成果展開）

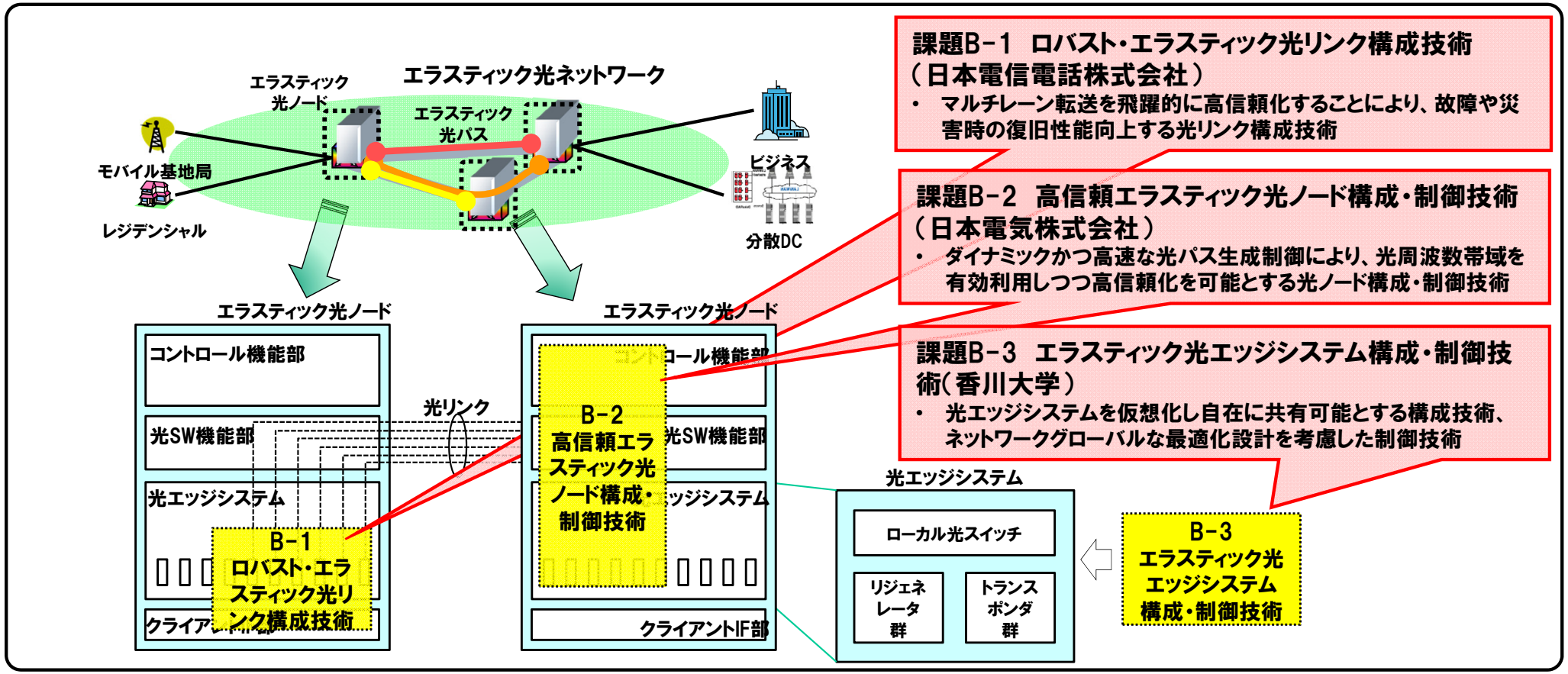
採択番号：171B01

1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

◆課題名　　：エラスティック光通信ネットワーク構成技術の研究開発
◆個別課題名　：課題B　エラスティック光ノード・リンク構成技術
◆副題　　：グリーンで高信頼なエラスティックノード・リンクを実現
◆実施機関　　：日本電信電話株式会社（代表研究者）、日本電気株式会社、国立大学法人香川大学
◆研究開発期間：平成25年度から平成28年度（4年間）
◆研究開発予算：総額256百万円（平成28年度59百万円）

2. 研究開発の目標

・今後100Gビット／秒を超える大容量化や、予測の難しいトラヒックに対応するとともに、フレキシブルグリッドに基づくエラスティック光通信ネットワーク構成技術の研究開発を行い、課題Aにおいて目標とする、光周波数の利用効率において、固定グリッドに比較して30%以上の高効率化と、ネットワーク全体としての消費電力の50%以上の低減を可能とする方式、並びにエラスティック光通信ネットワークの柔軟性を最大限活用することにより、固定グリッドに比較して50%以上の復旧性能向上を実現する超高信頼化技術のフィージビリティ検証のためのエラスティック光ノード・リンク構成技術の実現性を明らかにすることを目標と定める。



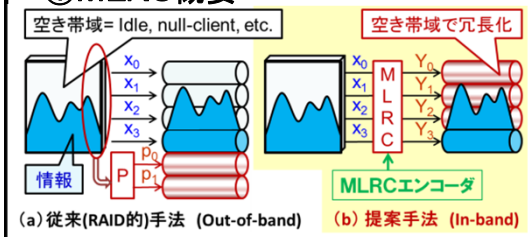
3. 研究開発の成果(1)

B-1 ロバスト・エラスティック光リンク構成技術の研究 (日本電信電話株式会社)

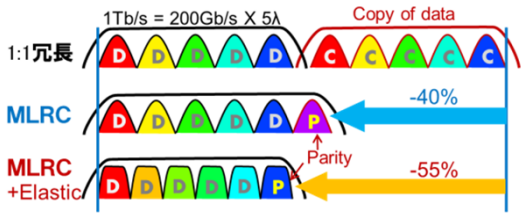
主な研究開発成果

①マルチレーン伝送に適した新しい冗長化原理(MLRC)の提案、2重化(ミラー)伝送と比較して、50%以下の光帯域で同等の信頼性確保が可能なことを示した。
②EthernetおよびOTU4/OTUCnへの適用方法およびFPGA実装を行い。既存のアプリケーションや測定器との接続検証を行った。
③課題B-2/B-3との連係実験を行い、冗長による高信頼化が行われている事を、確認した。経路冗長(B-2/B-3)との併用により、光送受信モジュールの3重故障でも通信経路確保率100%とした。

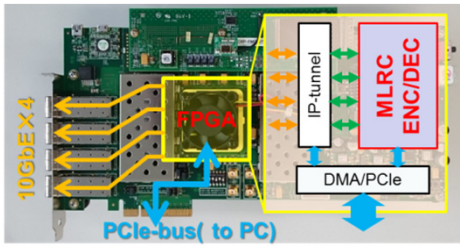
①MLRC概要



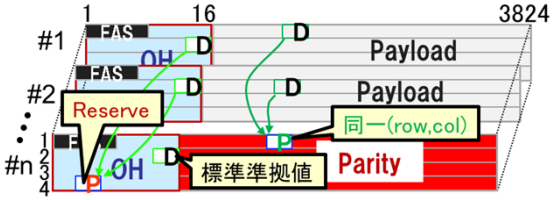
エラスティックとの連携



②Ethernet/IPへの適用・実装

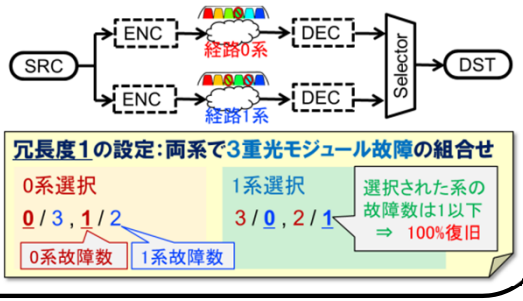


OTNへの適用検討・実装



③課題B-2/B-3との連携実験

経路冗長との連携による復旧性能向上

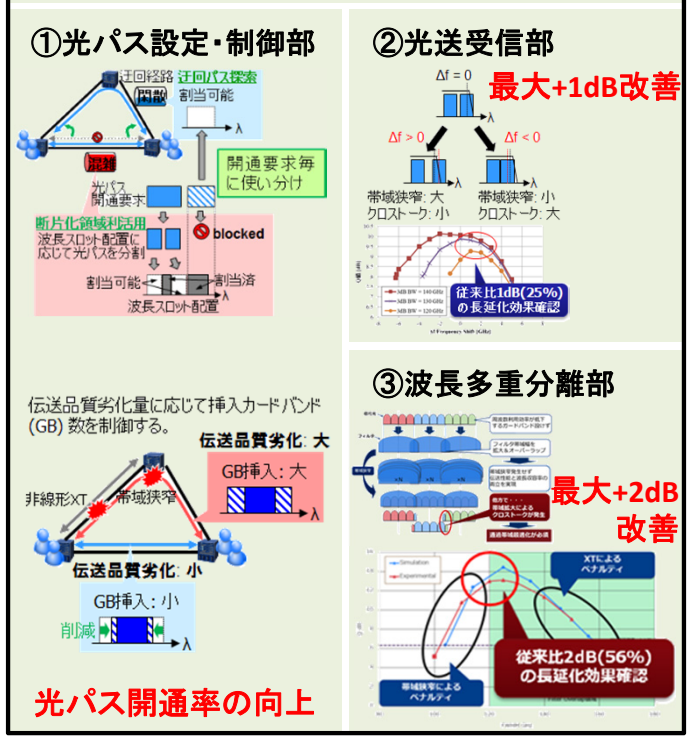


B-2 高信頼エラスティック光ノード構成・制御技術の研究 (日本電気株式会社)

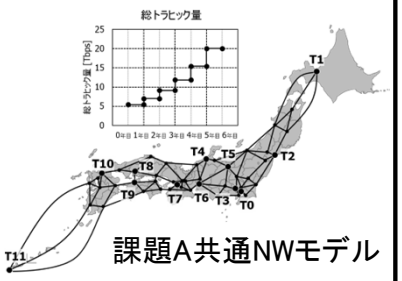
主な研究開発成果

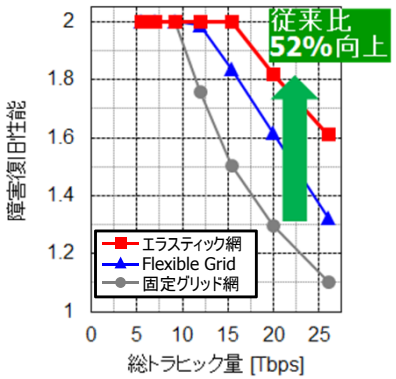
①光パス設定・制御技術:複数光パスに分割して断片化領域の利活用、帯域利用率を考慮した最短経路探索方式、光パス単位で光伝送特性を考慮の上ガードバンド最小化方式を考案し、光パス開通率向上を確認した。
②光送受信部:高精度波長チューニング機能よる光パス到達性最大1dB向上。
③波長多重分離部:透過帯域幅オーバーラップ導入による光パス到達性最大2dB向上。
④課題A共通NWモデルを用いて、高信頼エラスティック光ノードを用いたシミュレーション評価により、障害復旧性能を最大52%(パーセンテージポイント)向上することを確認した。

高信頼エラスティック光ノード構成・制御



④障害復旧性能評価結果





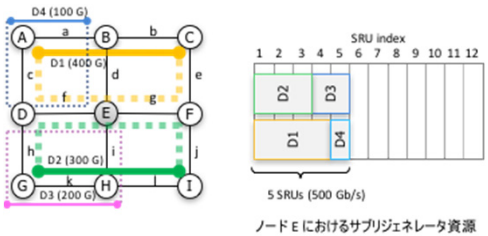
3. 研究開発の成果(2)

B-3 エラスティック光エッジシステム構成・制御技術の研究 (国立大学法人香川大学)

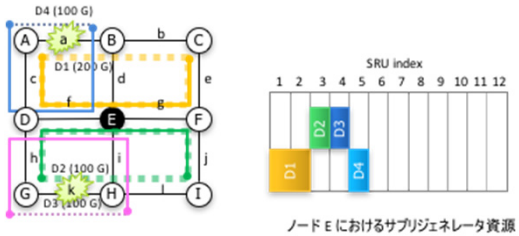
主な研究開発成果

①ネットワーク資源仮想化に基づく共有プロテクション(縮退資源再割当て)を考案し、二重故障時の接続性救済率を約70%向上できることをシミュレーションにより実証した。さらに200 Gb/sスーパーチャンネルとFlex-grid ROADMを用いた実証実験により実現可能性を示した。

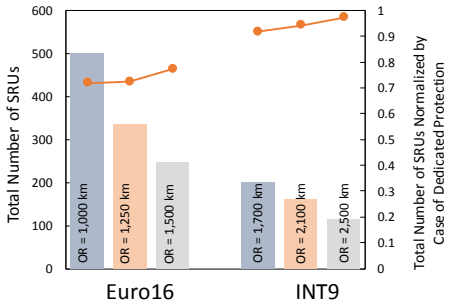
②上記を実現するための光エッジシステム構成法に関し、(1) エラスティックトランスポンダ(ET)とエラスティックリジェネレータ(ER)を接続性制約なしに収容可能な光エッジシステム構成法を明確化、(2) ET/ERを実現するために必要なプログラマブルマルチキャリア発生器の実現可能性を実験により実証、(3)エラスティック光ネットワークに特徴的な物理転送特性をシミュレーションにより明確化した。



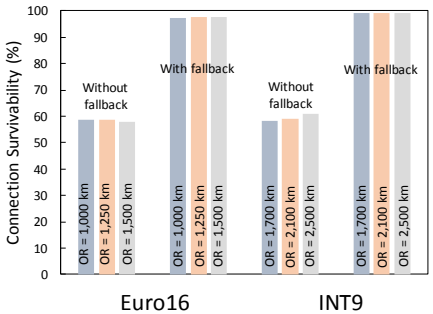
(a) 正常時の現用パスと予備パス(サブリジェネレータの共有配備)



(b) 2重故障時の予備パス切替(縮退サブリジェネレータの割り当て)



(c) 共有プロテクションに必要なサブリジェネレータ数と1+1プロテクションに対する割合



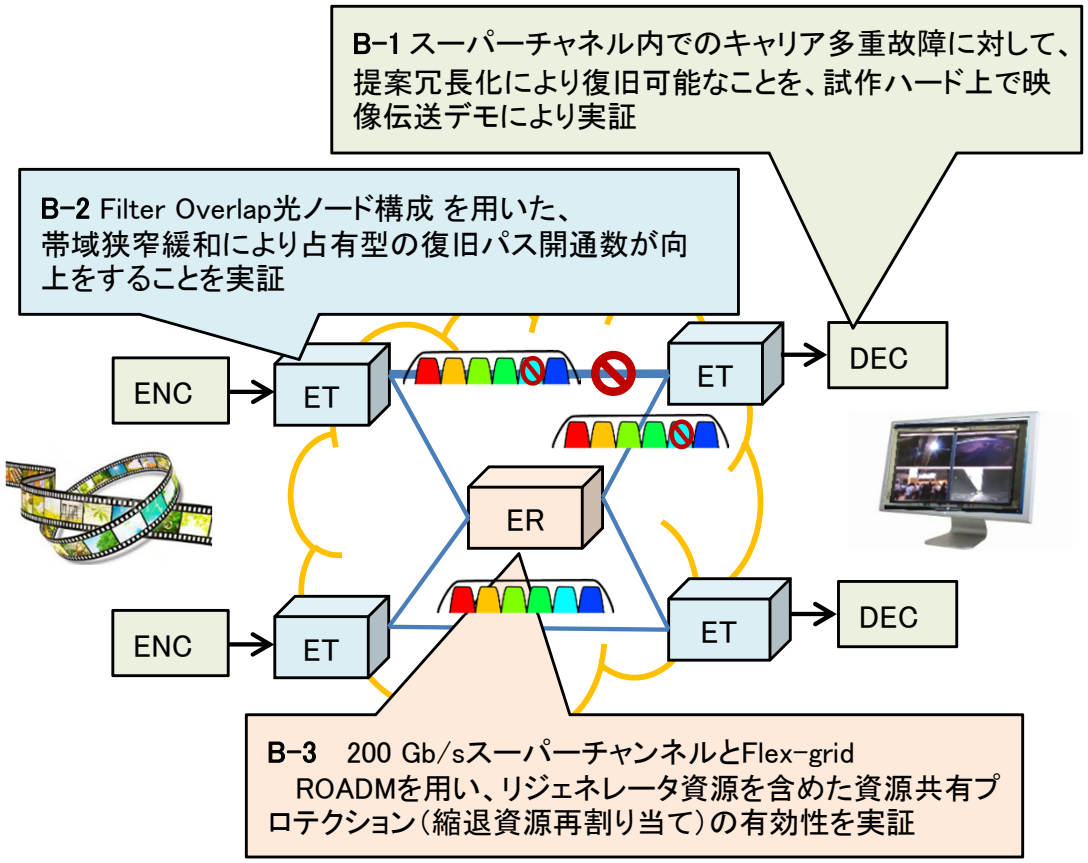
(d) 縮退サブリジェネラータ割り当てよる接続性救済率の向上

共有プロテクション(縮退資源割当て)による接続性救済率の向上

課題内連携

エラスティック光ノード・リンク構成技術ﾃﾞﾓ

エラスティック光通信ネットワークの柔軟性を最大限活用することにより、固定グリッドに比較して50%以上の復旧性能向上を実現する超高信頼化技術のフィージビリティ検証を行うため、商用ROADMをベースとした、高信頼エラスティック光ノードテストベッドを構築し、各社提案技術の動作確認および、相互接続性の検証を行い、想定した障害の復旧動作を確認した。



ENC/DEC: エンコーダ/デコーダ
ET: エラスティックトランスポンダ
ER: エラスティックリジェネレータ

4. これまで得られた成果（特許出願や論文発表等）

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース報道	展示会	標準化提案
エラスティック光通信ネットワーク構成技術の研究開発　課題B	33 （9）	14 （3）	3 （2）	47 （14）	2 （2）	5 （3）	3 （2）

※成果数は累計件数、（　）内は当該年度の件数です。

（1）学会発表・表彰

主な学術論文、レター

・ Electronics Letters “Cost Effective & Robust Optical Network by Inversely Aggregated Networking with Programmable Protection Architecture “（NTT）（H26）
・ IEICE Trans. Commun “Effects of adding/dropping Nyquist WDM superchannels on linear and nonlinear transmission impairments in an elastic optical network”（香川大学）（H27）
・ IEEE Journal of Lightwave Technology “Elastic Optical Networking: Roles and Benefits in Beyond 100-Gb/s Era “（香川大学）（H28）

主な国際会議講演

・OFC 2015 “Utilization of Spectrum Slot Fragmentation to Improve Network Resource Efficiency on Elastic Optical Network “（NEC）（H26）
・OFC 2015 “Minimal Virtualized-Elastic-Regenerator Placement and Least Congestion Resources Assignment for Translucent Elastic Optical Networks（香川大学）（H26）
・ECOC 2016 “Adaptive Guard-band Assignment with Adaptive Spectral Profile Equalizer to Improve Spectral Usage of Impairment Aware Elastic”（NEC）（H28）
・ECOC 2016 “Roles and Benefits of Elastic Optical Networks in Beyond 100-Gb/s Era”（香川大学）（H28）
・OFC2017 “Network Fault Protection Performance Enhancement by using Elastic Optical Path”（NEC）（H28）
・OFC2017 “Enhanced Survivability of Translucent Elastic Optical Network Employing Shared Protection with Fallback”（香川大学）（H28）

（2）展示会・報道発表

・フォトニックネットワークシンポジウム（2015年3月／2017年3月（予定）、東京都小金井市）でパネル展示
・光通信システム（OCS）シンポジウム（第29回：2015年12月／第30回：2016年12月、静岡県三島市）でパネル展示
・OECC2016（2016年7月、新潟）でパネル展示（H28）
・プレスリリース「NEC、堅牢な超大容量光ネットワークに向けた光ノード技術を開発」(2017年3月17日)、日刊工業新聞1面掲載

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

・【課題B-1　ロバスト・エラスティック光リンク構成技術の研究】
マルチレーン冗長化技術はエラスティック光リンクの高信頼化の必須技術となる。将来のマルチキャリア対応DSPへの搭載を目指し検討を進める。

・【課題B-2　高信頼エラスティック光ノード構成・制御技術の研究】
開発した要素技術を自社光ノードシステム製品へ導入を検討中。光送受信機における高精度波長チューニング機能は既に導入済み。
フレキシブル化が本格化することが想定される次世代100Gbps超光ノードシステムの普及に貢献していく。

・【課題B-3　エラスティック光エッジシステム構成・制御技術の研究】
共有プロテクション（縮退再割当て）方式は、経済性と激甚災害時のサバイバビリティを両立する方式であり、災害大国日本の防災・減災に向けて重要な技術である。本委託研究の成果の詳細を共同委託者に情報提供し、成果の実用化に必要な課題を抽出していく 。