

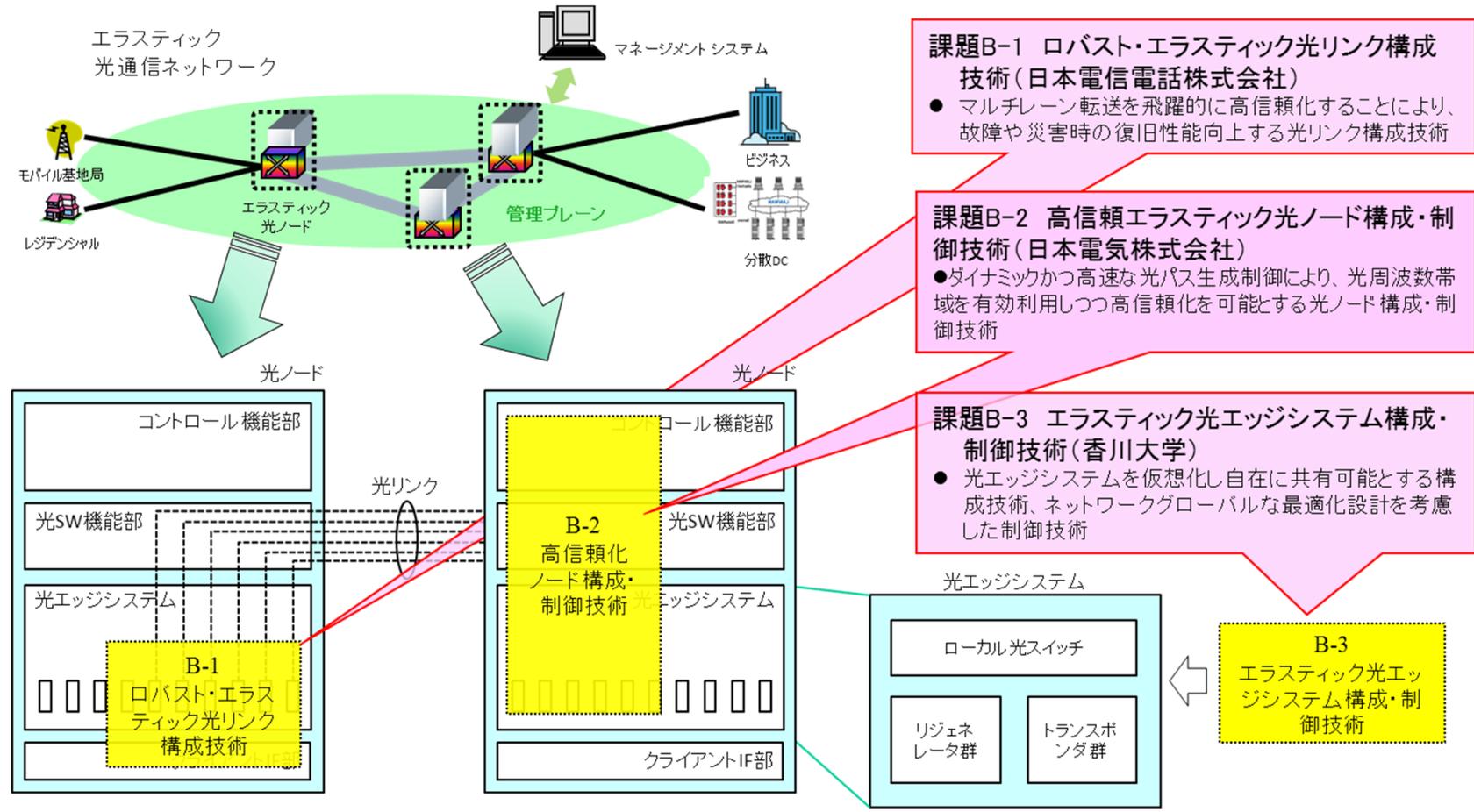
平成25年度「エラスティック光通信ネットワーク構成技術の研究開発 課題B エラスティック光ノード・リンク構成技術」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆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25年度:70百万円)

2. 研究開発の目標

・エラスティック光通信ネットワークについて、「ロバスト・エラスティック光リンク構成技術」、「高信頼エラスティック光ノード構成・制御技術」、「エラスティック光エッジシステム構成・制御技術」を研究開発することで、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エラスティック光ノード・リンク構成技術の実現性検証を目標とする。



課題B-1 ロバスト・エラスティック光リンク構成技術(日本電信電話株式会社)
 ●マルチレーン転送を飛躍的に高信頼化することにより、故障や災害時の復旧性能向上する光リンク構成技術

課題B-2 高信頼エラスティック光ノード構成・制御技術(日本電気株式会社)
 ●ダイナミックかつ高速な光パス生成制御により、光周波数帯域を有効利用しつつ高信頼化を可能とする光ノード構成・制御技術

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(香川大学)
 ●光エッジシステムを仮想化し自在に共有可能とする構成技術、ネットワークグローバルな最適化設計を考慮した制御技術

B-3
 エラスティック光エッジシステム構成・制御技術

3. 研究開発の成果

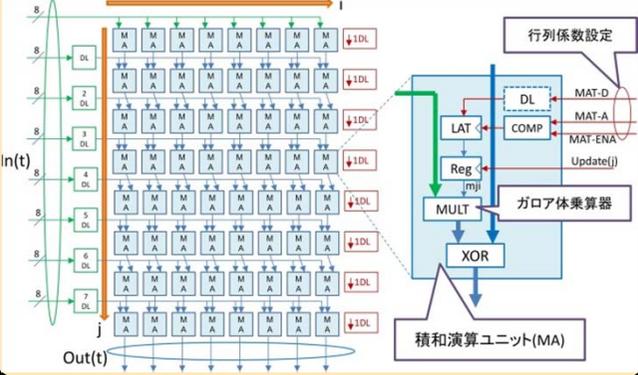
B-1 ロバスト・エラスティック光リンク構成技術の研究 (日本電信電話株式会社)

(冗長符号・復号方式検討)
 レーン障害に対して高い耐性を実現する可変冗長符号 (MLRC) のハードウェア実装への最適化を行った。具体的には、従来、複数ステップの演算手順で符号・復号化を行っていたものを、それぞれ1回のガロア体行列演算で完了するよう改良した。

(符号化・復号処理基本機能回路の設計)
 前記改良により、符号化・復号計算は行列演算のみで可能となったため、 8×8 のガロア体行列演算回路を市販FPGA上にインプリメントする設計を行った。

(符号化・復号処理基本機能回路の評価)
 FPGA上のメモリに蓄えられた1レーン分のフレームデータに対し、符号化・復号計算を行い、任意の仮想的な障害に対し、正しくフレーム修復が行われている事を確認し、スループットは入出カトータルで40Gbpsであった。

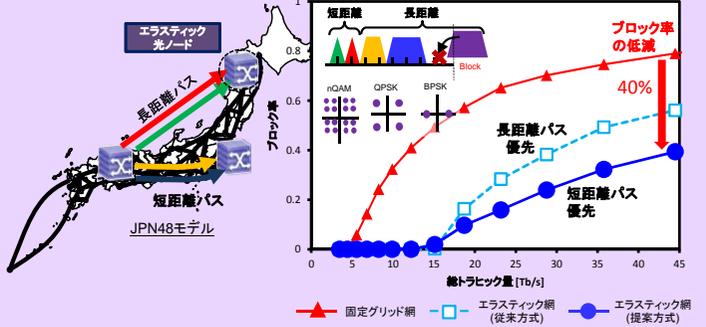
(エラスティックネットワーク復旧性能の国際標準化) フレキシブルグリッドに基づくエラスティック光ネットワークの災害からの復旧性能に関連する国際標準化を進めた。ITU-Tにおいて議論されている“Disaster Relief Systems, Network Resilience and Recovery (DR&NRR): Promising technologies and use cases” 文書に対して、エラスティック光ネットワークの復旧性能向上効果(特に災害時に復旧できる帯域の向上効果や復旧時間の短縮効果)を提案・採択された。



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)

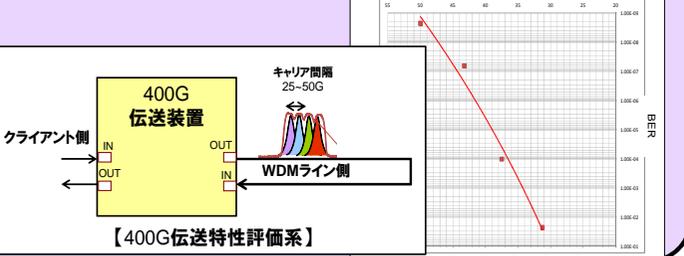
B-2-1 高信頼エラスティック光ノード制御技術

高信頼エラスティック光ノード制御方式として、転送データ容量と距離に適応した光周波数帯域割当制御方式を比較検討した。光周波数帯域利用効率を、ノードにおける光パス設定ブロック率を指標評価とし、複数ある割当て方式の中でも短距離パス優先割り当てが効果的であることを確認した。日本NWの実情に近いポロジモデルに適用した場合、短距離パス優先割当てした場合に最大40%の低減効果を確認した。



B-2-2 エラスティック光ノード構成技術

エラスティック光ノード構成の上でキーデバイスとなるTunable-LDに関する課題抽出を行い、現実的な選定条件を決定した。条件を満たすTunable-LDを用い、ダイナミックな伝送帯域・方路切り替え実現に最適な適応変調光送受信機構成を検討した。一実現形態として、QPSK変調400Gbps光送受信機を試作した。出力信号キャリア光周波数間隔を50GHzから37.5GHzに削減しても、高品質光信号が安定出力可能であることを実験的に確認した。光周波数帯域の効率的マッピングを実現する光ノード構成を選択した。

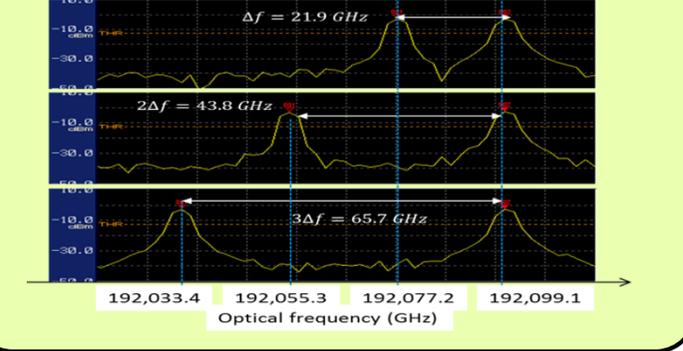


B-3 エラスティック光エッジシステム構成・制御技術の研究 (国立大学法人香川大学)

(アーキテクチャ検討)
 アーキテクチャ最適化のための基礎データとして、各種スーパーチャネルの転送特性をシミュレーションした。例えば、高次の直交位相変調符号を採用した短距離スーパーチャネルがアドドロップを繰り返しつつ、低次の変調符号を採用した長距離スーパーチャネルと並走して伝搬する場合には、低次スーパーチャネルの転送品質が劣化することが分かった。

(NW・ノード制御方式)
 エラスティック光ネットワークの復旧性能向上を目的に、エラスティックNWとエッジシステムの制御方式を検討し、新しい復旧方式を考案した。この復旧方式は、リジェネレータの仮想化のコンセプトを最大限活用した方式である。本方式を用いれば、単一故障時に100%救済可能なように配備したリジェネレータ資源を、多重故障時に複数の光チャネルで融通して共有する方式であり、ネットワークのサバイバビリティ向上が期待できる。

(光機能回路の特性評価)
 エラスティック光エッジシステムを実現する上でキー技術のひとつとなるプログラマブル・マルチキャリア・ジェネレータの評価系を構築した。構築した評価系は、高精度光波長計による光領域マルチキャリア評価系と広帯域受光素子とスペクトラムアナライザによる電気領域キャリア間隔評価系であり、2台のDFB-LDの発振周波数間隔を一定間隔に制御可能であることを確認した(下図参照)。



4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

	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	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	4 (4)	0 (0)	1 (1)	5 (5)	0 (0)	0 (0)	1 (1)

5. 研究成果発表等について

(1) 学会発表・表彰等

- ・ 2013年電子情報通信学会ソサイエティ大会にて「エラスティック光ネットワークの概説」を研究成果として発表(H25)
- ・ 2013年電子情報通信学会通信方式研究会にて「エラスティック光ネットワークの技術動向」研究成果として発表(H25)
- ・ 2014年電子情報通信学会総合大会にて「光エラスティック網における光パスブロック率を低減する距離に応じた光パス割当アルゴリズムの提案」を研究成果として発表(H25)
- ・ フレキシブルグリッドに基づくエラスティック光ネットワークの災害からの復旧性能について、ITU-T Focus Group on Disaster Relief Systems, Network Resilience and Recoveryに提案・採択(H25)

6. 今後の研究開発計画

・【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】

H25検討技術をベースとし、符号化されたクライアント信号をマルチレーンへ適用するための「符号化信号の分離・結合回路」の試作を実施検証する。

・【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】

B-2-1. 高信頼エラスティック光ノード制御技術

課題Aと共通の制約パラメータを用いたノードモデルを使用し、エラスティックネットワークに最適な光ノード設定・制御ツールの基本設計を行う。

B-2-2. エラスティック光ノード構成技術

H25検討技術をベースとし、現実的な光周波数帯域の効率的マッピング方式適用光ノードを実現する適応変調光送受信機の基本設計を行う。

・【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】

予備再生中継器共有故障復旧アルゴリズムの基本設計を行うとともに、任意スペクトラム配置制御の実装方式を検討し、有効性を検証する。