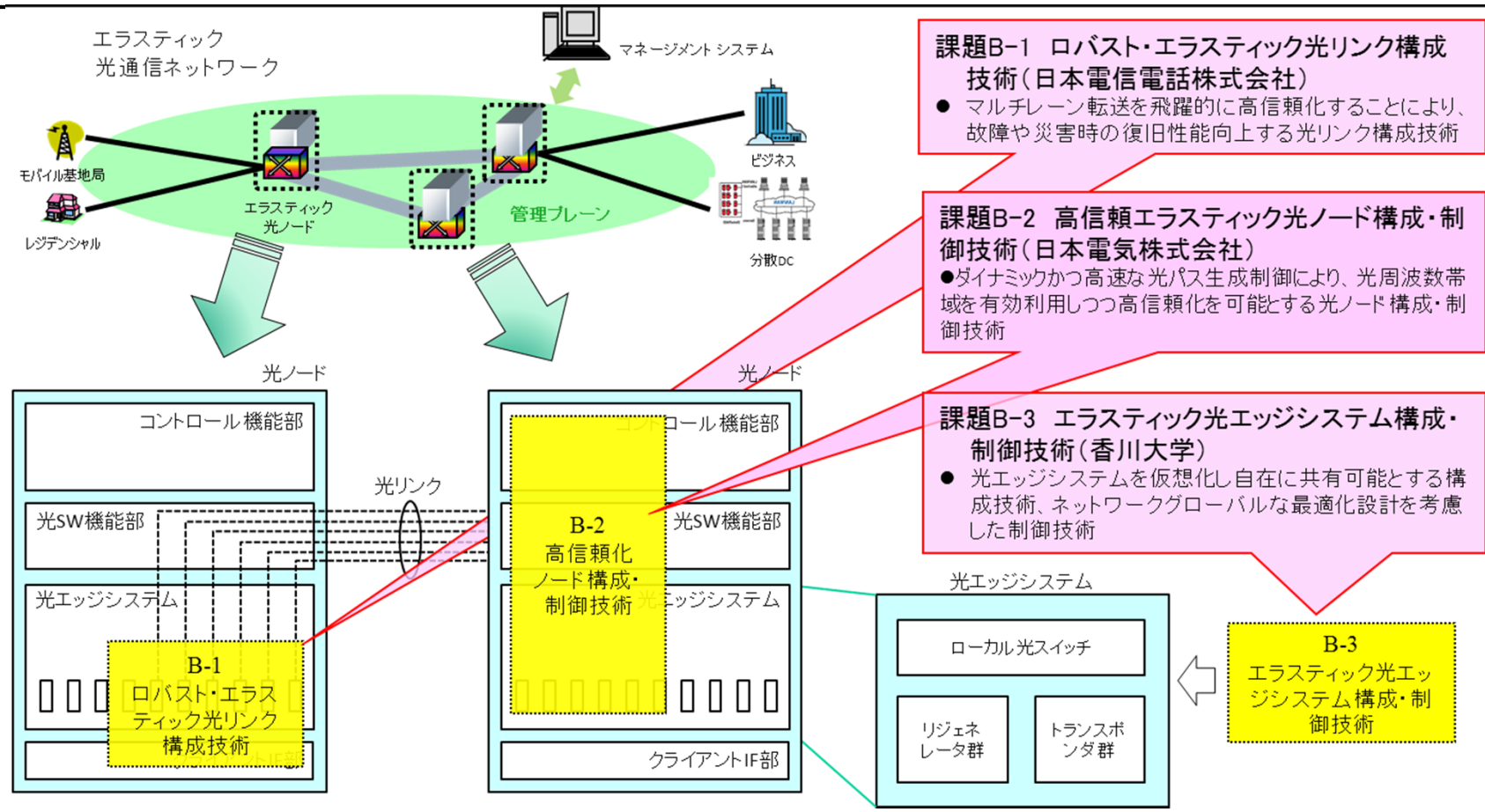


1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

- ◆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27年度: 62百万円)

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。

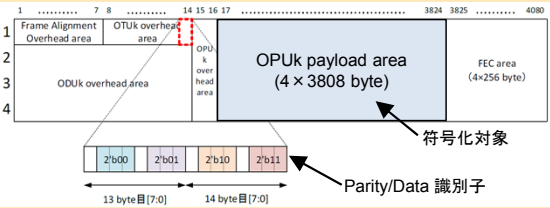


3. 研究開発の成果

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)

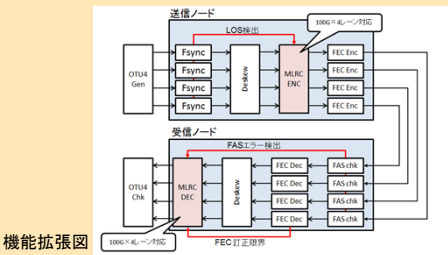
H26年度に実施した試作をベースに、10G×4レーン版の符号化/復号化回路の100G×4レーン化を進めるとともに、①OTN信号フォーマット(OTU4)への対応、②クライアント信号の分離・結合比率を可変とする機能拡張を検討し、基本設計書にまとめた上で、RTLレベルでの機能実装、シミュレーションによる機能確認を行った。

① OTN信号フォーマット(OTU4)への対応
H26年度に試作を行ったIPパケットのカプセル化技術をベースにOTN信号フォーマットに適用可能な符号化信号のマッピング方式を検討した。機能確認ではレーン障害が起こった際にOTN信号のフレームロスを検出し、OTNフレーム単位で消失訂正を行うことで復旧可能であることを確認した。また、信号品質が劣化し、受信端でOTN信号の機能である誤り訂正符号の訂正限界を検出した場合にも、本回路を用いて復号可能であることを確認した。



OTU4信号 フレームフォーマット

②クライアント信号の分離・結合比率を可変とする機能拡張
送信側ではクライアントOTU4フレームのフレームロスを検出し、空き帯域として認識することで、適応的に分離・結合比率を変更可能であることを確認した。

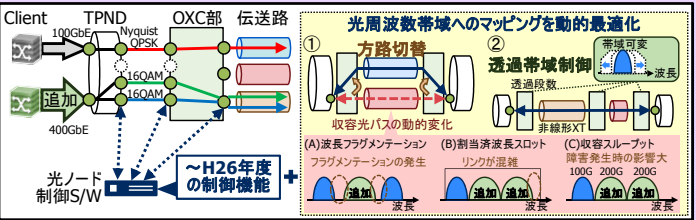


機能拡張図

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)

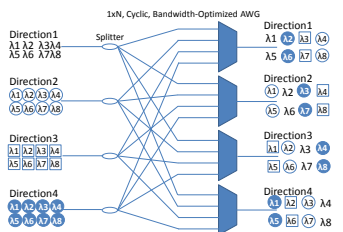
B-2-1 高信頼エラスティック光ノード制御技術

・(エラスティック光ノードの制御ソフトウェア部分試作)
H27年度は、ブラウンフィールド設計でも、固定グリッド網と比較して、障害復旧性能を50%以上向上するために、H26年度に設計したノード制御機能と、①波長フラグメンテーション／割当済波長スロット／收容スループットを考慮した動的な光パス方路切替制御、および②光ノード通過段数／非線形クロストーク劣化に応じた透過帯域制御を統合する、エラスティック光ノードの制御ソフトウェアの試作を完了した。



B-2-2 エラスティック光ノード構成技術

・(適応変調方式設計)
H27年度は、①ノード内部に配置された光フィルタによる伝送性能への影響について、光キャリアの変調方式、周波数間隔、光キャリア周波数精度および、光フィルタの通過数、フィルタ周波数精度、およびフィルタ帯域特性の観点からのトレードオフ分析を実施し、②前項の分析結果を基にした、光フィルタによる伝送性能劣化を最小化するための光ノードアーキテクチャの考案および部分試作を実施した。
さらに、課題B-2-1のエラスティック光ノード制御ソフトウェアを用いて、基礎評価を実施した。



考案光ノードアーキテクチャ図



考案光ノードアーキテクチャ構成部品の試作品

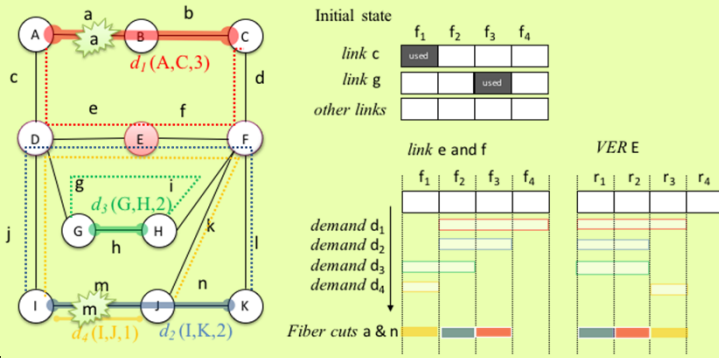
B-3 エラスティック光エッジシステム構成・制御技術の研究
(国立大学法人香川大学)

(システムアーキテクチャ検討)

エッジノードのクロストークとフィルタリング効果、ならびに干渉チャネルが蓄積した分散量の影響を考慮して、非線形ならびに線形伝達特性を解析した。干渉チャネルが与える非線形光学効果は、分岐挿入頻度が高いときには抑制される傾向があるが、これは干渉チャネルが蓄積した群速度分散量によりキャンセルされ、その結果、分岐挿入頻度依存性はほぼ消失し、ネットワークの設計上、考慮する必要がないことが明らかになった。

(NW・ノード制御方式検討)

エラスティックリジェネレータによる1+1プロテクション方式をプログラミング実装した。また、資源共有縮退プロテクション (SP-FB: Shared Protection-Fall Back) 方式のアルゴリズムを詳細化するとともに、故障復旧性能を机上検討した。予備資源を共有する2本の現用パスが同時に故障した場合であっても、仮想化再生中継器と資源共有縮退プロテクション (SP-FB) 方式を採用することにより、故障復旧性能を94%向上させる可能性があることを、机上検討により明らかにした。



(光機能回路の基本機能・性能確認)

プログラマブルマルチキャリア発生器 (PMG) の電流直接駆動による高速制御方式への変更と偏波保持系への改良を実施した。PMGの高速電流直接制御と偏波保持系の採用により、PMGのプログラマブル動作の周波数制御性が向上することを確認した。

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	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	22 (5)	11 (9)	1 (0)	33 (10)	0 (0)	2 (1)	0 (0)

※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

- ・OFC 2015 (ロサンゼルス)でポスター発表、ならびに電子情報通信学会 ソサイエティ大会(仙台市)、総合大会(福岡市)にて口頭発表(NEC)
- ・OFC 2015 (ロサンゼルス)、PS 2015(イタリア)、APCC2015(京都)ならびにAPC2015(京都)にて本研究の成果を口頭発表(香川大学)

(2) 展示会・報道発表

- ・第29回光通信システム(OCS)シンポジウム(2015年12月、静岡県三島市)でパネル展示(H27)

5. 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】

平成28年度は、平成27年度までに行った「冗長度可変符号化・復号処理基本機能回路」、「符号化信号の分離・結合回路」、ならびに「符号化信号の可変分離・結合機能拡張」等の回路の統合制御を行う回路試作を行い、模擬的な故障や災害に対する実証実験により、方式の妥当性を検証する。

・【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

平成28年度は、平成27年度までに試作した制御ソフトウェアの復旧性能向上機能、および高信頼エラスティック光パス制御機能を統合するエラスティック光ノードの制御ソフトウェアを試作する。課題B-2-2による光ノード構成技術との組合せにより、固定グリッド網比で、障害復旧性能を50%以上向上することを実証する。

B-2-2. エラスティック光ノード構成技術

平成28年度は、ノード構成およびフィルタ帯域特性、周波数精度などの各種パラメータを最適化したエラスティック光ノードの試作品を用いて、課題B-2-1による光ノード制御技術と組み合わせることにより、固定グリッド網と比較して、障害復旧性能を50%以上向上することを実証する。

・【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】

平成27年度の実績を踏まえ、トランスルーセントエラスティック光ネットワークにおいて、エラスティックリジェネレータと資源共有縮退プロテクション(SP-FB)方式による故障復旧率向上の実現性を明らかにする。