

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A エラスティック超高信頼光NW設計技術
- ◆副題 : グリーンで高信頼なエラスティックネットワーク設計を実現
- ◆実施機関 : 日本電信電話株式会社(代表研究者)、富士通株式会社、国立大学法人名古屋大学
- ◆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220百万円(平成28年度:50百万円)

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、「L2以上の上位レイヤを含むエラスティックNW統合設計技術」、「変動トラフィックを想定したエラスティックNWの柔軟性向上技術」、「冗長系を考慮したエラスティックNW高信頼化技術」を研究開発することで、光周波数の利用効率を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の実現可能性を示す。

課題A-1 L2以上の上位レイヤを含むエラスティックNW統合設計技術(日本電信電話株式会社)

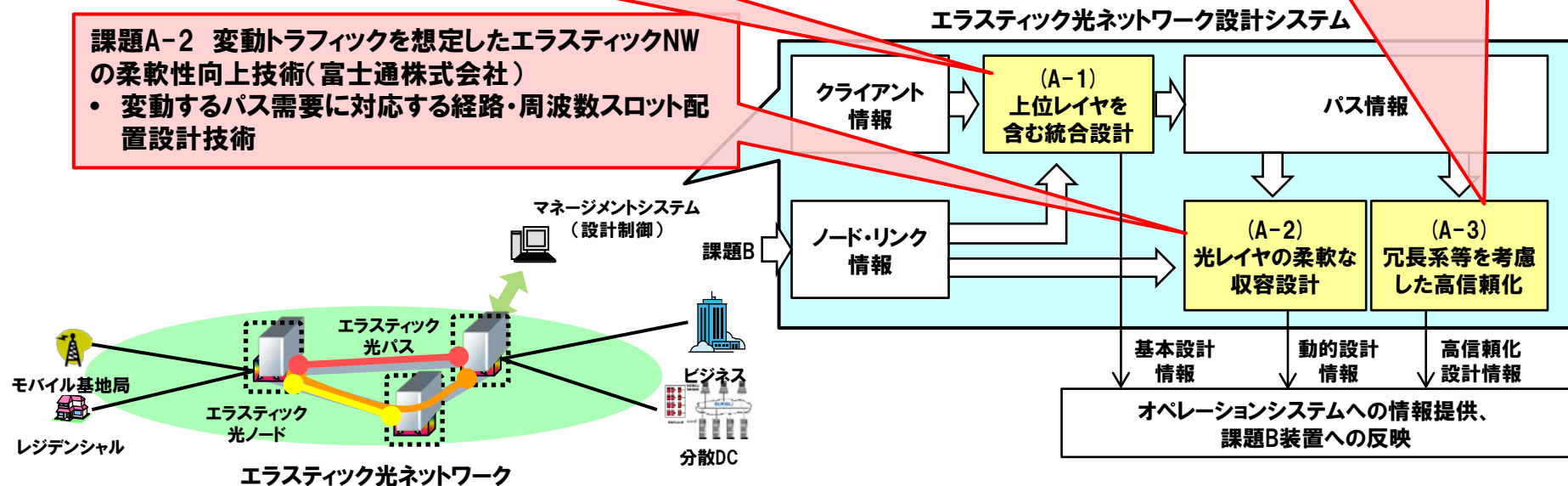
- ・L2以上の上位レイヤトラフィック入力値に対して、最適なIP網トポロジや光パス情報を導出する設計技術

課題A-2 変動トラフィックを想定したエラスティックNWの柔軟性向上技術(富士通株式会社)

- ・変動するパス需要に対応する経路・周波数スロット配置設計技術

課題A-3 冗長系を考慮したエラスティックNW高信頼化技術(国立大学法人名古屋大学)

- ・エラスティックNW高信頼化のため、災害等に対応して予備パス網の最適化を実現する技術



3. 研究開発の成果

A-1 L2以上の上位レイヤを含むエラスティックNW統合設計技術の研究

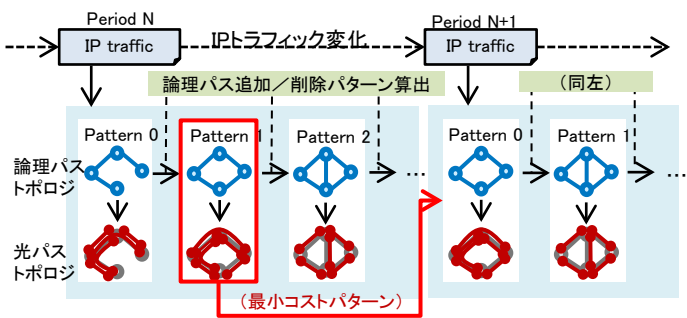
(日本電信電話株式会社)

主な研究開発成果

- ① IPトラフィック変動に対応可能なマルチレイヤ動的設計アルゴリズムを考案。
- ② エラスティック光パスに対応した論理パスの静的設計アルゴリズムを考案。
- ③ 収容設計システムを構築し、DBへの設計結果の格納から光送受信ボードへのエラスティック光パス設定までのシステム間連携動作を確認。

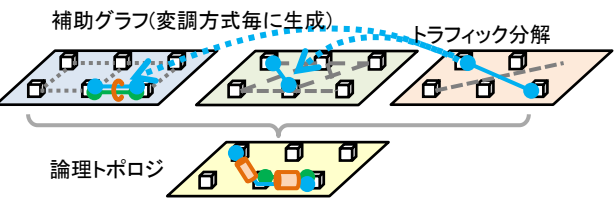
① マルチレイヤ動的設計アルゴリズム

複数の論理トポロジパターンの生成・評価に基づいた繰り返し最適化により、IPトラフィック変動に対して適切なトポロジを構成
→ 消費電力を最大50%削減

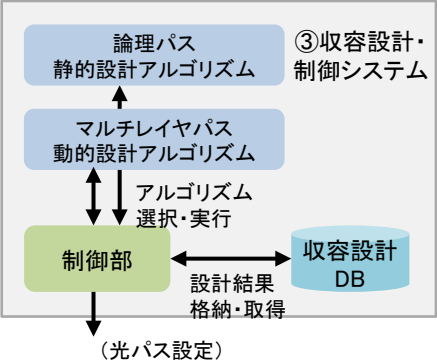
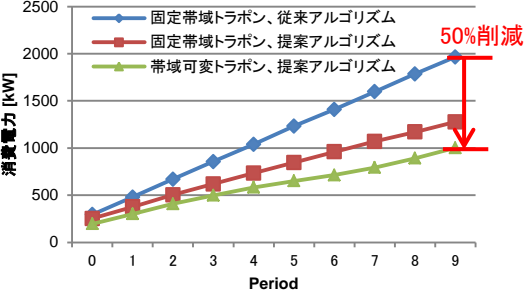


② 論理パス静的設計アルゴリズム

補助グラフを用いたトラフィックの繰り返し分解によるグルーミング
→ 所要光パス数の大幅削減(~55%)を確認



マルチレイヤ動的設計アルゴリズム評価結果 (JPN48)



③ 収容設計・制御システム

A-2 変動トラフィックを想定したエラスティックNWの柔軟性向上技術の研究

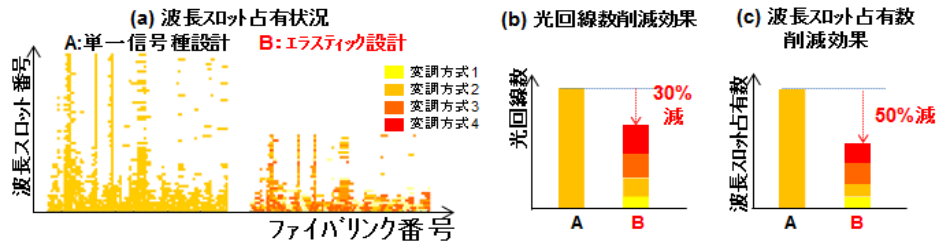
(富士通株式会社)

主な研究開発成果

- ① 最適な変調符号選択を考慮した経路/波長スロット配置設計手法を考案。
- ② 移行手順を考慮したスロット再配置設計の基本アルゴリズムを構築。
- ③ ②をエラスティック光NW向けに拡張し波長スロット再配置と移行手順を同時に考慮可能な光回線スロット再配置設計アルゴリズムを構築。

経路/波長スロット配置設計

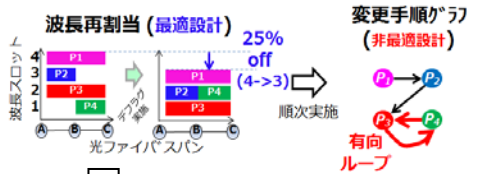
エラスティックNWの適用により30%以上の周波数利用効率の改善が図れることを原理確認



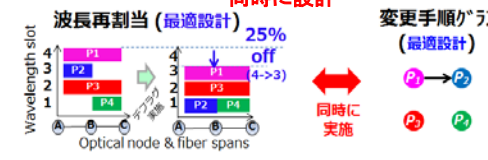
移行手順を考慮したエラスティック光NW向けスロット再配置設計

30%以上の周波数利用効率改善を維持しつつ、移行手順もシンプルにできることをJPN48ネットワークにおいて確認

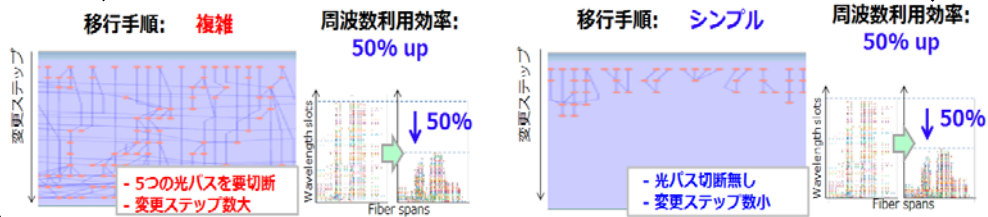
従来手法: 波長割当⇒移行手順設計の順に設計



本プロジェクトの手法: 波長割当とその移行手順を同時に設計



JPN48における評価結果



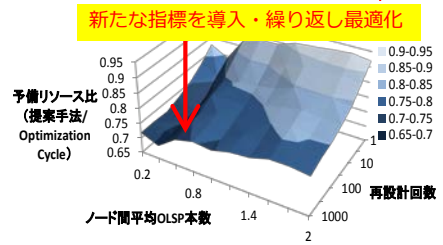
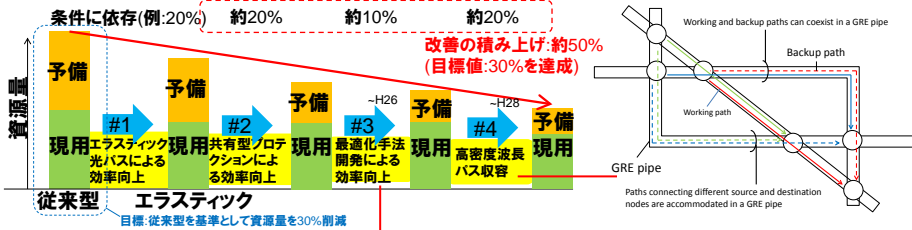
A-3 冗長系を考慮したエラスティックNW高信頼化技術の研究

(国立大学法人名古屋大学)

主な研究開発成果

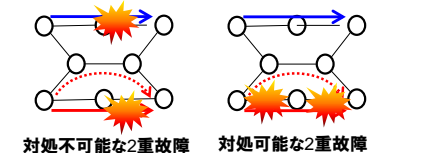
- ①高信頼エラスティック光パスネットワークの設計法とアーキテクチャを開発。
- ②多重故障に対応する高信頼エラスティック光パスネットワークを実証。
- ③スケーラブル光クロスコネクトノードを想定した高信頼ネットワーク設計法を提案。

①高信頼エラスティック光パスネットワークの設計法とアーキテクチャ



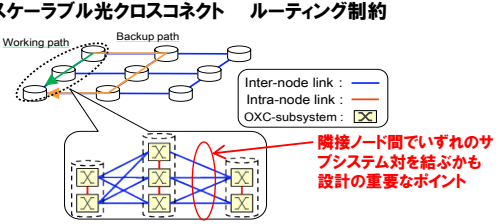
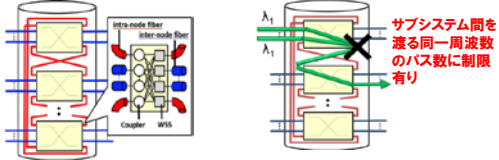
高密度波長パス収容条件下におけるルーティング制約(粗粒度ルーティングが定義するパイプの配置最適化)

②多重故障に対応する高信頼エラスティック光パスネットワーク



想定される故障クラスについてリストラクション用のリソースを確保しておく、ネットワーク資源の増加を評価した。高密度波長パス収容条件下に於いてもルーティング制約の影響が限定的であり、高い周波数利用率を維持できていることを確認。

③スケーラブル光クロスコネクトノードを想定した高信頼ネットワーク設計法



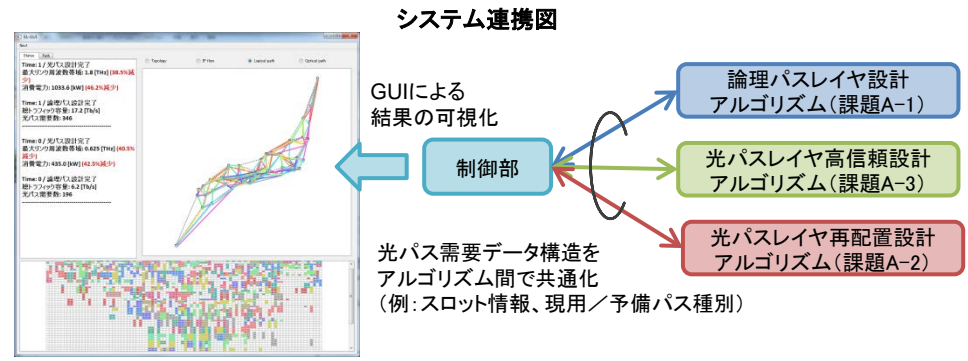
サブシステム構成を考慮したファイバ接続や光パスルーティングにより従来型とほぼ同等のルーティング性能を維持

課題内連携

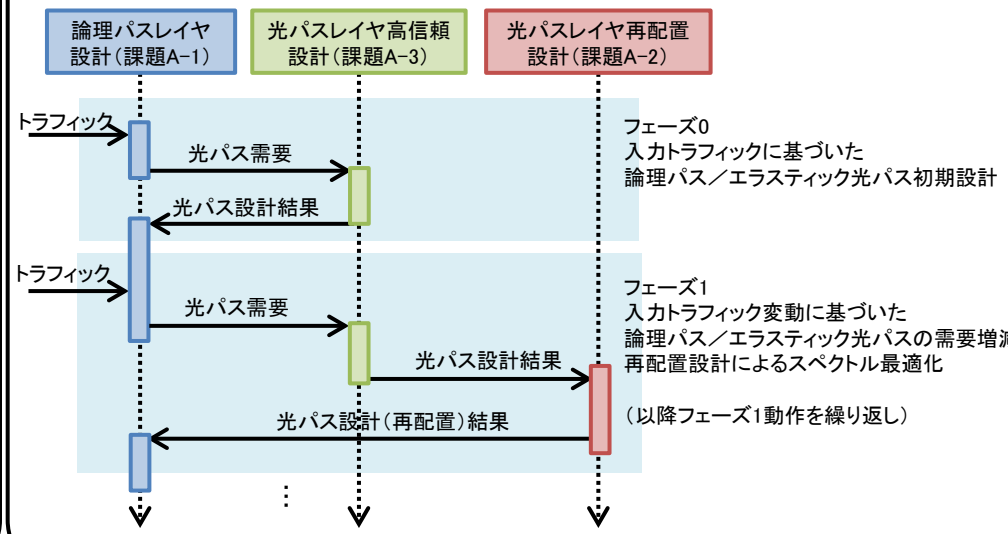
(日本電信電話株式会社、富士通株式会社、国立大学法人名古屋大学)

マルチレイヤパス連携設計デモ

トラフィックの時間変化に対して、課題A-1, 2, 3の設計アルゴリズムを連携させて論理パス/エラスティック光パスの設計および再構成を行うことにより、周波数利用効率および消費電力が目標数値を達成できていることを実証した。



課題内連携シーケンス図



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A	2 (0)	1 (0)	6 (5)	35 (7)	0 (0)	5 (3)	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

表彰

- ・電子情報通信学会フォトニックネットワーク研専学生ワークショップにて優秀賞を受賞(H25、名古屋大学)
- ・電子情報通信学会 PN研究会 Japan Photonic Networkデザインコンテスト 優秀賞(H26、富士通)
- ・電子情報通信学会 第10回PN研究会学生ワークショップ 優秀賞(H26、名古屋大学)

主な学術論文

- ・電子情報通信学会論文誌にて学術論文「Recent Advances in Elastic Optical Networking」採録(H25、NTT)
- ・JOCNならびに電子情報通信学会論文誌にて本研究の学術論文採録(H27、名古屋大学)
- ・JOCNIにて招待論文「シームレスなサービスマイグレーションのための波長デフラグメンテーション」採録(H28、富士通)

主な国際会議講演(招待講演)

- ・COIN2014(2014年8月、韓国)で「フレキシブルで高信頼なネットワークング技術」に関する招待講演を実施(H26、NTT)
- ・OFC2015(2015年3月、アメリカ)で「シームレスなサービス移行による高速なネットワーク再最適化手法」に関する招待講演を実施(H26、富士通)
- ・OECC2015(2015年7月、中国)ならびにPS2015(2015年9月、イタリア)にて本研究の成果発表を実施。PSは招待講演(H26、富士通、名古屋大学)
- ・ECOC2016(2016年9月、ドイツ)で「適応的かつ高効率なマルチレイヤエラスティック光ネットワーク設計」に関する招待講演を実施(H28、NTT)
- ・OFC2017(2017年3月、アメリカ)で「トラフィック変動に対応したネットワークの高速な再最適化」に関する招待講演を実施(H29、富士通)

(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、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)

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

・【課題A-1 L2以上の上位レイヤを含むエラスティックNW統合設計技術の研究】

今後、キャリアNWをエラスティック光ネットワークへ移行していく際の設計技術としてマルチレイヤ設計アルゴリズムの活用を検討する。また、パス設計機能やプロビジョニング機能をAPIとして提供するTransport API技術のエラスティック対応に向けた標準化活動を検討する。

・【課題A-2 変動トラフィックを想定したエラスティックNWの柔軟性向上技術の研究】

開発設計アルゴリズムは当社の光ネットワーク再最適化設計サービス、もしくは開発技術によるネットワーク資源の移行を可能とする光ノード開発、光ネットワーク制御技術開発に活用予定。

・【課題A-3 冗長系を考慮したエラスティックNW高信頼化技術の研究】

雑誌論文・国際会議等で本課題の成果を積極的に発信している。今後の研究実施においても、これら成果を可能な限り用いると同時に、前述の文献を参照して周知に努めたい。