

平成 26 年度研究開発成果概要書

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
採択番号 : 171A01
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

(1) 研究開発の目的

通信トラヒックの継続的な増大傾向により、10 G ~ 100 G のイーサネットクライアントの効率的収容と転送のため、現在 100 G ビット/秒のリンクシステムの商用化が進展しており、最近では 400 G イーサネットの標準化が IEEE において開始されつつある。一方で、モバイルやクラウド等の新しいサービスの進展と浸透により、トラヒックの量や分布を正確に予測し、ネットワーク設計に反映することがますます困難になっている。また 2012 年 ITU-T において、これまでの固定グリッドに代わる新しい光周波数リソースの活用方法として、フレキシブルグリッドが提案・合意され、G.694.1 勧告の改訂が完了した。このように、今後 100 G 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の柔軟性を最大限に引き出す、エラスティック光通信ネットワーク構成技術の開発が急がれる。通信オペレータ、システムベンダ、大学の 3 者がそれぞれの強みを持ちより、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、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の実現可能性を示す。さらに、東日本大震災などの大規模災害に対して、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ェージビリティを検証する。課題 A は特に、エラスティック NW を実現するにあたってのネットワーク全体を考慮した管理設計面の課題を解決することを目的とする。固定グリッドの場合に比べ、フレキシブルグリッドにおいては、高い周波数利用効率や、高い復旧性能、さらには低消費電力化の恩恵にあずかる一方で、これを実現するには、スロット配置やスロット幅の自由度が高まり、加えて距離やビットレートに応じて適応的に変調符号等を最適化する必要もある。さらには、高信頼化のために冗長系を確保する場合においても、冗長系との間で距離が異なる場合もあり、このように、従来にはなかった複雑性が設計において課題となる。本課題のねらいはまさにこの課題を解決して、ネットワーク全体の観点からエラスティック NW のポテンシャルを最大限に引き出すことを目的としている。

(2) 研究開発期間

平成 25 年度から平成 28 年度 (4 年間)

(3) 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 (実施責任者 准教授 長谷川 浩)

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 220 百万円 (平成 26 年度 57 百万円) ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

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
(日本電信電話株式会社)

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
(富士通株式会社)

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
(国立大学法人名古屋大学)

(6) これまで得られた成果（特許出願や論文発表等）

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	2	1
	外国出願	1	1
外部発表	研究論文	1	1
	その他研究発表	16	12
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	1	1
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

- 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
(NTT)

【目標】

平成 25 年度に試作した「レイヤ統合設計基本機能部」をベースとし、特にエラスティック NW に固有のノード/リンクに関するパラメータを考慮した、マルチレイヤ統合設計を実現するための設計システムの拡張および評価を実施する。

【実施内容】

より精度の高い設計を実現するため、昨年度の成果に基づいた NW 収容設計データベースの詳細検討を実施した。特に、ノードの内部構成情報や制約情報の加味、および課題 B において検討されるリジェネレータ機能等への対応を、レイヤ統合設計基本機能部の試作にて行った。

また、モバイル環境やデータセンタの普及に伴う IP トラフィックの地理的・時間的な変動を想定し、動的なトラフィックを高効率で収容し、下位レイヤであるエラスティック光パス需要を生成するためのマルチレイヤ統合設計アルゴリズムを考案した。さらに、考案したアルゴリズムをシミュレーションにより検証した。

【成果】

(地理的・時間的に変化する IP トラフィックの効率的な収容設計技術)

運用中のマルチレイヤ NW においてより少ないコストで変動トラフィックを収容するための設計技術(論理パス設計および光パス需要設計技術)を考案し、権利化を実施した。多様なトポロジ/トラフィック環境にて、提案方式が他方式に対して 10%以上のトランスポンダ数削減効果が期待できることをシミュレーションにより示した。

(ノード・リンク情報連携機能拡張)

上記実施内容に基づき「ノード・リンク情報連携機能拡張」を試作することにより、上位レイヤとエラスティック NW とを連携させた統合設計を実現するための基盤機能を構築した。さらに、ノード内モジュールのパラメータ設定を可能にすることで設計における柔軟性の向上や、ネットワークにおける単一障害点の算

出機能を付加することでNWの高信頼化に寄与できる機能拡張を実施した。

- 課題 A-2 変動トラフィックトラヒ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）

【目標】

平成 25 年度に効果を確認した、パスの到達性等を考慮した経路/周波数スロット配置アルゴリズムを用いて、周波数利用効率の 30%に迫る改善のためのネットワーク設計方式の検討と試作を行う。具体的には、トラヒックの変動を契機として、既存トラヒックの経路変更および光パスの変調符号、周波数スロット割当ての再配置を計算するアルゴリズムを検討する。

【実施内容】

ネットワーク設計・制御技術に関しては、スロット再配置と再配置時の変更手順を同時に考慮できるネットワーク再配置設計の統合基本アルゴリズムの検討・試作・評価を実施した。ネットワーク状況可視化・評価技術に関しては、ネットワーク資源(波長スロット・タイムスロット)の断片化状況の可視化のための指標、及び再配置時の変更手順の可視化手法についての検討・試作を実施した。

【成果】

ネットワーク設計・制御技術に関しては、ITU-T G.709 インターフェース勧告の ODU 信号を対象として、資源依存グラフと、資源依存管理変数を導入し、平成 25 年度成果の数理計画手法を活用したスロット配置アルゴリズムの一部をベースに、変更手順を考慮するアルゴリズムを拡張して実現した。本アルゴリズムを実装した設計ツールを試作し、1000 パターンのネットワークに対して評価を行い、再配置による 30%に迫る周波数利用効率改善効果は維持しつつ、従来手法に比べ、信号切断数 0 で再配置可能なネットワークパターン数を大幅に増加(10 倍以上)できることを確認した。ネットワーク状況可視化・評価技術に関しては、断片化を簡易的に表現できる指標を開発、この指標に基づく可視化ツールを試作し一例として JPN48 ネットワークに対して動作を検証した。更に、変更手順を可視化するために、上記ツールの結果である資源依存グラフから具体的な変更手順を生成するアルゴリズムを開発し、基本検証を行った。

- 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（名古屋大学）

【目標】

動的予備パス網逐次再構成および共有型プロテクションによる高信頼大規模ネットワークの構築手法開発および数値シミュレーションによる検証を行う。

【実施内容】

今年度は、共有型予備パス網の逐次再構成アルゴリズムの検証および性能向上に加え、切替系の特性評価実験によるフィードバックを実施した。

【成果】

上記実施内容を高いレベルで実現するため、スケーラブルな光クロスコネクタアーキテクチャや、大容量ルーティングを実現するパス集約法の導入による、高信頼かつ大規模・大容量の光ネットワークを効率的に実現するための検討を行った。スケーラブルな光クロスコネクタノードの特性を陽に考慮したネットワーク最適化手法を提案し、スケーラビリティは無いが最大限のルーティング能力を持つ光クロスコネクタ(技術・コスト面から非現実的)とほぼ同等の性能を発揮させることに成功した。また、障害等の様々な要因を包含するネットワーク再構成問題として、通信トラフィックの増加に伴い高信頼性を維持したままネットワークを

(26-3)

順次増設するための手法を開発した。本手法は現用パス網はそのままに、予備パス網を新規現用・予備パスとあわせて逐次最適化することで光ファイバの帯域を効率的に利用する。以上のアーキテクチャに応じた切替系の実験をあわせて実施し、検討結果をより強固なものとした。