

平成 25 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寄り、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) 委託先

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

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 220 百万円 (平成 25 年度 60 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) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	1	1
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	1	1
	その他研究発表	4	4
	プレスリリース	0	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な成果実施内容と成果

- ・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

【目標】

L2 以上の上位トラヒック等のクライアント情報をベースに、L2 以上の上位レイヤから最下層の物理レイヤまで、それぞれのレイヤの得失を考慮することで総合的に最適化するエラスティック NW 統合設計技術の方式設計やアルゴリズムを、課題 B エラスティック光ノード・リンク構成技術の研究との十分な連携のもと考案し、「レイヤ統合設計基本機能部」の試作とその初期評価を実施する。

【実施内容及び成果】

(ネットワークおよびトラヒックモデルの構築)

本課題にて達成される NW 設計技術が、将来のトラヒック変化に対して柔軟かつ効率的に対応可能かを検証するための基本モデルを、課題 A-1、A-2、A-3 の受託機関が協力して構築した。特に、データセンタに代表される将来の主要なトラヒック発生源の中長期的な発生や地理的な統合・分散を模擬できることを特徴とする。本課題にて今後確立される、上位レイヤを包含し、かつトラヒック変動に対応した高信頼なエラスティック光 NW 設計技術の有効性を、本モデルを用いて検証できることが期待できる。

(L2 以上を含むパス設計データベース基本構成)

上位レイヤを含むエラスティック光 NW 設計に必須となる、パス設計データベース基本構成の検討・構築を行った。ノード機能や送受信機能に関する物理的情報から、光パスや上位レイヤパス等の論理的情報に至るまで、論理-物理情報の整合性およびレイヤ間情報の整合性の保持と、エラスティック NW の持つパラメータへの対応が考慮されたデータベーススキーマを構築した。

(マルチフロートランスポンダ導入効果の評価)

固定量のトラヒックをマルチレイヤ NW に最適収容するマルチレイヤパス基本設計技術に基づき、各種トランスポンダ構成の比較評価を実施した。マルチフロートランスポンダを導入することにより、単一フローのみを生成する従来のトランスポンダに対して、トランスポンダや波長選択スイッチ等の所要設備数の低減が

可能であることを確認し、特に、IP トラフィックのオフロード効果により、ルータの所要ラインカード数を 30 %以上削減可能であることを確認した。

・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

【目標】

トラフィックデマンドの変動に対応可能なエラスティックパスの最適な変調符号選択、周波数スロット割当て、パスの到達性（最大伝送距離、最大経由ノード数など）を考慮した転送設計として、それぞれ複数の方式について特徴と利害得失を検討し、周波数利用効率 30 %に迫る改善能力を実現するための経路/周波数スロット配置アルゴリズムの候補を選択する。

【実施内容及び成果】

トラフィックデマンドの変動に対応可能なエラスティックパスの最適な変調符号選択、周波数スロット割当て、パスの到達性（最大伝送距離、最大経由ノード数など）を考慮した転送設計として、それぞれ複数の方式について特徴と利害得失を検討し、周波数利用効率 30 %に迫る改善能力を実現するための経路/周波数スロット配置アルゴリズムの候補を選択し、併せて要素技術試作を行う。

複数のアルゴリズム候補の特徴と利害得失を最適性、スケーラビリティ、開発コスト、将来性等の面で検討した。検討を踏まえ、信号種パス到達性考慮と高スケーラビリティの双方を実現するため設計候補準備プロセスを工夫した、数理計画ソルバを使用するアルゴリズムを考案した。簡単な効果検証ツールを試作し、周波数利用効率 30 %に迫る改善能力の可能性を有することを確認した。これらの結果から、本アルゴリズムの採用を決定した。

・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

【目標】

エラスティック光パスネットワークの高信頼化と、光ファイバの周波数スペクトル資源の利用最大化のための検討を実施する。このために、予備パス間で周波数帯域を共有する共有型プロテクション方式を採用したエラスティック光パスネットワークにおいて、与えられた通信需要・ネットワーク資源と計算時間の制約内で解精度を逐次高めるためのフレームワークを確立する。計算時間と解精度の関係性、ネットワーク規模や通信量等の各種パラメータのインパクトを大規模数値シミュレーションにより評価し、次年度以降のネットワーク最適化アルゴリズムの基本部分を構築する。

【実施内容及び成果】

エラスティック光パスネットワークの高信頼化を前提とし、光ファイバの周波数スペクトル資源を高めるためのフレームワークを確立した。大規模数値シミュレーションによる様々な観点からの解析を行うと同時に、強靱性やシームレスな再構成に関する初期検討を実施した。一例として、従来の優れるとされる手法に比べても、予備パスの利用帯域をさらに 15 %削減することに成功している。また、サービスに影響を与えずにパスをスケジュールに従い再配置する手法の開発により、同一の通信トラフィックを収容する上で必要となるネットワーク資源を削減するなど、次年度以降の発展に向けた基盤を築いた。