

(29-2)

様式1-4-2

平成 29 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 17601

課 題 名 : 大規模フラットネットワーク基盤技術の研究開発

副 題 : 超高速光スイッチサブシステムと複数サービスを提供する弾力性のある光ネットワーク制御技術

(1) 研究開発の目的

本研究では、コア網からメトロ・アクセス網までを一気通貫で柔軟かつ高速可変性なネットワークを提供可能とする大規模フラットネットワークの基盤技術を確立する。具体的には、信号方式によらず高速可変性をもたらす超高速光スイッチ技術、通信路を適切に把握するための光信号品質モニタ・監視技術、光のトランスペアレント性を活かして多数ノードにより構成される大規模ネットワーク制御技術、光パス設定制御および高速スイッチを活かした弾力性のある光パス設定制御技術の検討を行うとともに、それらを融合することにより、効率的で柔軟な大規模フラットネットワークの実証を目指す。

(2) 研究開発期間

平成 26 年 5 月 26 日～平成 31 年 3 月 31 日 (5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  
公立大学法人大阪府立大学  
国立大学法人大阪大学

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 887 百万円 (平成 29 年度 167 百万円)  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

課題 A : 超高速光スイッチサブシステムの開発

研究項目 A-1 超高速光スイッチサブシステム基盤技術の研究開発  
(日本電信電話株式会社)

研究項目 A-2 フラット網光信号品質モニタ・監視技術の研究開発  
(富士通株式会社)

課題 B : 柔軟な高速可変性を活用する大規模フラットネットワークの検討

研究項目 B-1 マルチサービスを提供する大規模フラットネットワーク制御技術  
(国立大学法人名古屋大学)

研究項目 B-2 大規模フラットネットワーク構築のための  
弾力性のある光パス設定制御 (公立大学法人大阪府立大学・国立大学法人大阪大学)

## (6) 特許出願、論文発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	20	6
	外国出願	6	0
外部発表	研究論文	9	2
	その他研究発表	121	28
	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 : 超高速光スイッチサブシステムの開発

## 研究項目A-1 超高速光スイッチサブシステム基盤技術の研究開発

(日本電信電話株式会社)

超高速光スイッチの低損失化技術としてファイバ接続部を削減するとともにMZI-EAM をモノリシック集積した4×4低損失小型スイッチを提案・実現し、従来より4 dB程度の低損失化を確認した。

16×16規模のスイッチの実現性検証にむけて3次元実装として、Siガイドによる光スイッチ素子の整列および直交光接続技術の検討をすすめ、Siガイドを型抜き型フォトリソ加工によりガイド自体の精度としては1 μm以下を実現した。

さらに、フリップチップ実装によりドライバと光スイッチの一体集積化を行い、スイッチを構成するマッハツェンダー干渉型スイッチ素子と電界吸収型スイッチ素子をそれぞれ、実装状態で駆動してサブナノ秒の高速スイッチング動作を確認した。

## 研究項目A-2 フラット網光信号品質モニタ・監視技術の研究開発

(富士通株式会社)

OSNR モニタサブシステムの集積化を検討し、OSNR モニタユニットを試作した。3種類の変調フォーマット(QPSK, 8QAM, 16QAM)信号についてモニタ精度評価を行った。コヒーレント送受信技術を用いたPDLモニタの原理検証実験を行った。光ノードの大規模化検討について1×20WSS導入のための制御インタフェースを試作し、動作検証を行った。課題B-1との連携に関して、信号品質モニタ(課題A-2)と設計制御技術(課題B-1)による高信頼、高効率大規模フラットネットワークの有効性を実証した。また、OSNRモニタを活用した信号品質劣化要因の切り分け技術を提案し、実験検証を行った。

## 課題B : 柔軟な高速可変性を活用する大規模フラットネットワークの検討

## 研究項目B-1 マルチサービスを提供する大規模フラットネットワーク制御技術

(国立大学法人名古屋大学)

前期までに開発したGRE(Grouped Routing Entity)方式においては、GREパイプの収容効率を最大化するために途中のノードでadd/dropを許容したが、これはダイナミックトラフィック制御において効率を低下させる主要因となる。そこで、Add/dropを廃し、一方、GREパイプの収容効率を上げるために、端点領域における光パスのアグリゲーションを行う新たなVDL(Virtual Direct Link)技術を用いるネットワークの設計法を開発した。開発したアルゴリズムを用いてネットワーク設計を行い、ダイナミックなトラフィックに対するブロッキング特性を評価することにより、

GRE ネットワーク並びに従来のネットワークとの性能比較評価を行なった。その結果、ダイナミックトラフィック制御においても最大約 25% 程度ファイバ数を削減可能であることを実証した。また、パス数、パス容量分布、並びに総パス容量の変化等に対する効率的なネットワークアップグレード設計法を開発し、従来技術と比べて、ファイバ数を最大 15% 程度削減可能であることを確認した。

さらに課題 A との連携実験を行った。当初、中間評価までには連携実験の実験シナリオを確定させることが目標であったが、本期間中に検討を加速し、経年劣化等に由来する伝送特性変化を考慮した Grouped Routing の性能を評価した。課題 A-2 で開発した OSNR モニタリングに基づく精密なマージン管理を行うことで、高密度という特長を保持したまま Grouped Routing ネットワークを高信頼に運用可能であることが数値計算並びに A-2 との連携伝送実験により実証された。

#### 研究項目B-2 大規模フラットネットワーク構築のための弾力性のある光パス設定制御 (公立大学法人大阪府立大学・国立大学法人大阪大学)

大阪府立大学と大阪大学とで連携し、下記に記載の課題ア-ウを設定して、それぞれについて以下の成果を創出した。

##### 課題ア 弾力性のある光パスの波長/ファイバ割当・変更制御の研究開発

平成 28 年度までの成果の中で、特に、周波数資源の高効率利用に向けた光パス・パケット統合網環境下での境界制御を中心に方式改良を行った。線形計画法を取り入れた性能改善手法の仕様を明確化した。

##### 課題イ 弾力性のある経路決定・選択制御の研究開発

高速光スイッチング能力を活かすことを指向して、特にトラヒックオフローディング技術に焦点を絞って方式改良を行った。主に強化学習を取り入れた OPS-to-OPS オフローディング、プロアクティブな保存パス事前設定を取り入れた OPS-to-OCS オフローディングの 2 種類を対象として方式改良を行い、その有効性を実証した。また、実証実験に向けて提案方式の仕様を明確化した。最先端課題として、空間分割多重網におけるクロストークを考慮に入れた RSCA 設計法を提案・評価した。

##### 課題ウ 弾力性のある光パス設定方式のコントロール部構成法の開発と実証実験

課題 A との連携実験に向けて、フィージビリティの面から、実証実験対象をプロアクティブな保存パス事前設定を取り入れた OPS-to-OCS オフローディング技術に確定し、具体的な方式に適した実験網構成と実験シナリオを確定した。また、別途、NICT の仙台テストベッドを使用して、OPS フローオフローディング実験を行い、その基本動作の正当性を確認した。