

## 平成26年度研究開発成果概要書

課題名 : 光トランスパレント伝送技術の研究開発(λリーチ)  
 採択番号 : 153ウ01  
 個別課題名 : 課題ウ ダイナミック適応型フォトニックノード構成技術に関する研究  
 副題 : スケーラブルかつ柔軟に再構成可能なネットワークを実現

## (1) 研究開発の目的

フォトニックネットワーク上で転送されるトラフィック需要の 10G~100G 超ビット/秒にわたる広範囲のサービスを収容し、また、エネルギー効率最大化のための制御等を含む大規模なトラフィック変動に動的に適応する、光ネットワーク再構成技術の実現可能性を明らかにする。そのために、スケーラブル・再構成可能なフォトニックノード構成・制御、適応収容、光分岐挿入の各技術の研究開発を行い、これらを連携させたダイナミック適応型フォトニックノードのフェージビリティを検証し、ネットワーク全体で1桁以上の消費電力削減を可能にする。

## (2) 研究開発期間

平成23年度から平成27年度(5年間)

## (3) 実施機関

日本電信電話株式会社<代表研究者>、  
 国立大学法人名古屋大学(実施責任者 教授 佐藤健一)、日本電気株式会社

## (4) 研究開発予算(契約額)

総額 340百万円(平成26年度 64百万円)  
 ※百万円未満切り上げ

## (5) 研究開発課題と担当

課題ウ-1: スケーラブル光ノード構成・制御技術(国立大学法人名古屋大学)  
 ウ-1-1. スケーラブル光ノードアーキテクチャ・制御技術  
 ウ-1-2. スケーラブル光ノード実現技術  
 課題ア-2: 非線形補償信号処理技術  
 ウ-2-1. スケーラブル適応収容技術(日本電信電話株式会社)  
 ウ-2-2. スケーラブル光分岐挿入技術(日本電気株式会社)

## (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	13	4
	外国出願	4	2
外部発表	研究論文	11	1
	その他研究発表	60	20
	プレスリリース・報道	3	3
	展示会	7	2
	標準化提案	3	1

## (7) 具体的な実施内容と成果

## ・課題ウ-1 スケーラブル光ノード構成・制御技術

## ウ-1-1. スケーラブル光ノードアーキテクチャ・制御技術

## 【目標】

(1) 入出力ファイバ数が100程度まで拡張可能なノードの実現に向け、昨年度までに行った効率的なネットワークの実現に必要な光ノードの機能要求条件の分析と、複数の光ノード基本アーキテクチャの性能評価を継続するとともに、アプリケーションに応じた最適構成を確立する。特に、サブシステムモジュラー構成に関しては、経済性を含めた詳細評価を行う。

(2) 光ノード基本アーキテクチャ候補に関して、ノードに必要な光信号の add/drop 機能、スループスのルーティング、複数粒度の光パスを利用する場合のグルーミング機能、を含むトータルのハード規模の最小化の実現に向け、特にハード規模が大きい add/drop 部に関して、その効率的な削減手法を明らかにする。また、光チューナブルフィルタへの要求条件を緩和する方式を検討する。

## 【実施内容】

- ・（add/drop 部を含むノード基本アーキテクチャの性能比較）

入出力ファイバ数が100程度まで拡張可能なノードの実現に向け、昨年度までに考案した各種光ノードアーキテクチャの性能比較をサブシステムモジュラー構成を中心としてさらに詳細に行う。ノードの実現においては、光信号の分岐/挿入部の構成も重要なポイントであり、これに関して新たな方式を考案し評価する。評価に当たっては、パラメータが多岐にわたるため、当該年度では代表的な構成に関して評価を進める。得られた結果は、国際会議 ECOC 2014、OFC 2015 並びに電子情報通信学会全国大会/ソサイエティ大会、フォトニックネットワーク研究会等にて発表する。

## 【成果】

入出力ファイバ数が100程度まで拡張可能なサブシステムモジュラー構成に関する詳細評価を行った。その結果、express スイッチ部において60~70%を超えるハードウェア(WSS数)の削減、光信号の分岐/挿入部において、必要なEDFA数、ならびに $1 \times n$ のファイバ選択スイッチ規模を最大80%程度削減可能であることを明らかにした。得られた結果は、国際会議 ECOC 2014、OFC 2015、その他の国際・国内会議にて発表した。

## ウ-1-2. スケーラブル光ノード実現技術

## 【目標】

(1) 課題ウ-1-1のスケラブル光ノードアーキテクチャ・制御技術を実現する上で必要なキーとなる光機能部品の試作を行う。

(2) ダイナミック適応型フォトニックノード基盤技術の実現性の実証に向けたノード全体の機能検証を目的として平成27年度に予定されている、課題間での連携実験に備え、光伝達実験に必要な光モジュールを開発する。

(3) 昨年度開発した、ノードで始終端する光信号の効率的な add/drop を実現する上で重要なデバイスであるチューナブル光フィルタに関し、新しい構成を導入し、そのロスの低減を図る。

## 【実施内容】

- ・（機能評価用光デバイスの試作と特性評価）

課題ウ-1-1のスケラブル光ノードアーキテクチャ・制御技術を実現する上で必要なキーとなる光機能部品の実現性を評価する為の試作を行う。ダイナミック適応型フォトニックノード基盤技術の実現性の実証に向けたノード全体の機能検証を目的として平成27年度に予定されている、課題間の連携実験に向け必要な光

モジュールを開発する。特に大規模でスケラブルなノードに適用可能な add/drop トラヒック用インタフェース部に必要となる信号選択に用いるチューナブルフィルタや光スイッチに関しては、昨年度の構成より低ロス化が図れる構成を考案し、光導波回路技術等を適用して試作することによりその基本性能を評価する。

【成果】

平成 27 年度に予定されている課題間の連携実験に向けた光モジュールとして、これまでの研究成果を基に、非対称マツハツェンダ付 2 段型チューナブルフィルタを 1 チップに集積化した小型光モジュールならびに 1 段型チューナブルフィルタを 8 回路実装した小型光モジュールをおのおの開発し、その有効性を実験により検証した。

・課題ウ-2 スケラブル光スイッチインタフェース技術

ウ-2-1. スケラブル適応収容技術

【目標】

(1) 平成 25 年度までに試作してきた「可変レート基本機能検証回路」の再構成機能の機能改造を行い、「可変レート・再構成基本機能回路」をハードウェア実装による機能検証を実施する。

(2) 可変レート・可変変復調方式の光送受信器との接続検証を行うために「並列トランスポートレーン・実効レート整合機能」と「可変レート機能」の機能を有する「可変レート・並列トランスポートレーン接続インタフェース機能」をハードウェア実装による機能検証を実施する。

(3) フォトニックノード構成用光機能部品との接続性検討を行い、チューナブルフィルタとのインタコネクタ検証を実施する。

【実施内容】

「可変レート基本機能検証回路」の再構成機能の機能改造を行い、可変フレームとシェパとの連携機能を双方向での「可変レート・再構成基本機能回路」のハードウェア実装による機能検証を完了した。さらに、可変レート・可変変復調方式の光送受信器と接続するための「可変レート・並列トランスポートレーン接続インタフェース機能」の仕様検討を実施した。

課題ウ内で連携して、平成 27 年度の統合実験における系構成の検討を行うとともに、フォトニックノード構成用光機能部品「1 段型チューナブルフィルタを 8 回路実装した小型光モジュール(課題ウ-1)」とのインタコネクタ検証を実施した。

具体的には変復調方式(QPSK, 16QAM) 光送受信におけるノード内フィルタ特性による伝送特性劣化指標に対してシミュレーションによる評価を実施した。また、QPSK 光送受信によるインタコネクタ検証を実施し、統合実験系構成の具体化にフィードバックした。

【成果】

「可変レート・再構成基本機能回路」のハードウェア実装による機能検証を完了した。また、課題ウ内連携として、平成 27 年度の統合実験に向けたフォトニックノード構成用光機能部品とのインタコネクタ検証を実施した。

100G 超インタフェース国際標準化への提案に向けた活動を継続実施し、ITU-T SG15 (3 月会合) 会合に寄書提案を実施した。

OCS 研究会、OCS シンポジウムを通じて研究成果を広くアピールするとともに、電子情報通信学会での成果発表に対して平成 26 年度学術奨励賞を受賞した。

## ウ-2-2. スケーラブル光分岐挿入技術

### 【目標】

8×24 光スイッチカードおよびこれを複数個用いた最大 100 入出力ファイバ規模のトランスポンダ集約光スイッチインタフェースの実現性検証と課題内連携検証を実施する。さらに、トランスポンダ集約光インタフェースを実システムで運用するうえでの課題を抽出し、課題から導かれる解決方式に関する一部試作・検証を行う。

### 【実施内容】

8×8シリコン光スイッチモジュールを3個搭載した8×24光スイッチカードの基本動作検証、および、8×24 光スイッチカードを複数個用いた最大 100 入出力ファイバ規模のトランスポンダ集約光スイッチインタフェースの実現性検証を実施した。さらに、実システム運用に向けた課題抽出と性能改善試作を実施した。課題内連携検証として、最終年度の課題間連携に向けた構成検討を実施した。

### 【成果】

8×24 光スイッチカードを 4 個搭載した 8×96 トランスポンダ集約光スイッチインタフェースの性能検証を行い、平均 25.1dB の低損失化と平均 0.32dB の低 PDL 化を実証し、100 ポートクラスまでの容量拡張の目処を得た。実システム運用に向けて切替特性の均質化試作を行い、全経路間で 1.2ms の高速動作を実現した。課題ウ-1 と連携し、課題間連携に向けた構成検討を実施した。