

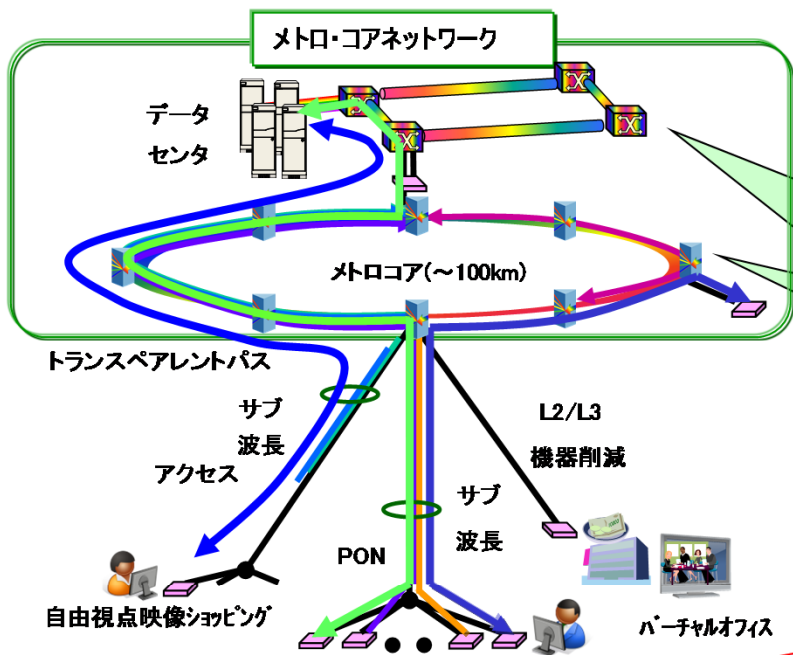
1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

- ◆ 課題名 : 光トランスペアレント伝送技術の研究開発(λリーチ)
- ◆ 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
- ◆ 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、日本電気株式会社
- ◆ 研究開発期間 : 平成23年度から平成27年度(5年間)
- ◆ 研究開発予算 : 総額340百万円(平成27年度 60百万円)

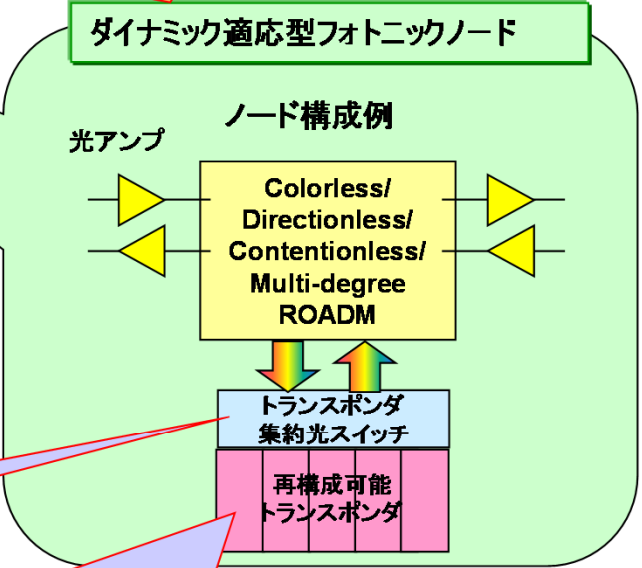
2. 研究開発の目標

・トランスペアレント領域(ファイバあたりの伝送容量×リンク長)を現状の100倍以上に相当する4 [Pビット/秒 × km] に拡大したメトロコアネットワークのフォトニックノードに対して、「スケーラブル光ノード構成・制御技術」による25%以上の消費電力削減と、「スケーラブル適応収容技術」と「スケーラブル光分岐挿入技術」を適用した「スケーラブル光スイッチング技術」を研究開発することで25%以上のインタフェース数削減を目標とする。

研究開発目標



課題ウ-1: スケーラブル光ノード構成・制御技術(名古屋大学)
 ●大規模かつスケーラブルで、エネルギー効率最大化のための制御等を含むダイナミックな変動に適応可能な光ノード構成方式ならびに制御技術



課題ウ-2-1: スケーラブル適応収容技術(日本電信電話)
 ●トラフィック需要に応じて動的に変復調ビットレートの再構成が可能なトランスポンダにおけるクライアント収容再構成技術

課題ウ-2-2 スケーラブル光分岐挿入技術(日本電気)
 ●トラフィック需要に応じて再構成可能なトランスポンダを、方路制約や波長制約や波長競合なく効率的にネットワークに収容可能するための光スイッチ技術

3. 研究開発の成果

研究開発成果: 課題ウ-1 スケーラブル光ノード構成・制御技術

主な研究開発成果

- ① 複数粒度の光信号を收容し、100入出力ファイバ数規模にスムーズにスケール可能な経済的な光ノード構成・制御技術を開発。
- ② add/dropトラフィックに対するスケラブルなインタフェースを実現する小型チューナブルフィルタを開発。試作によりその有効性を実証。
- ③ 開発した光ノード構成・制御技術の有効性を課題間の統合実験により実証。

課題ウ-1-1 スケーラブル光ノードアーキテクチャ・制御技術 (国立大学法人名古屋大学)

(i) ノードディグリティとファイバディグリティの意味の違いを利用した各種の効率的な大規模ノード構成法の研究開発

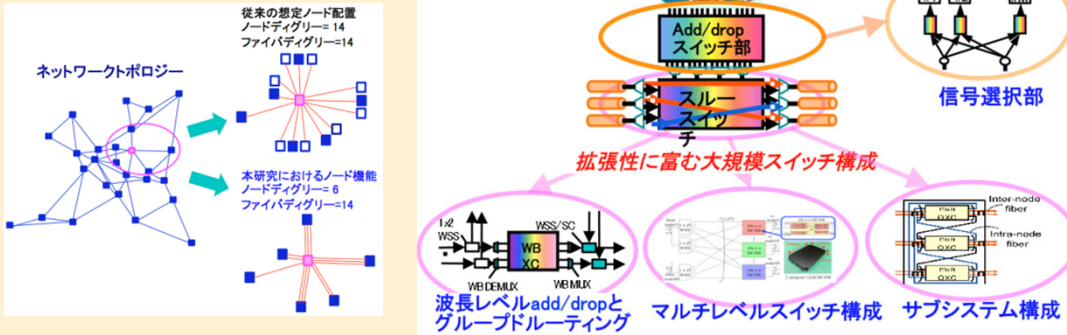


図1 ノードディグリティとファイバディグリティ 図2 開発した各種ノード構成

(ii) サブシステムモジュラ構成により、大幅にハードウェアコストを削減可能。收容効率2%の低下で、必要WSS規模を50%以上、WSS数を65%以上削減。

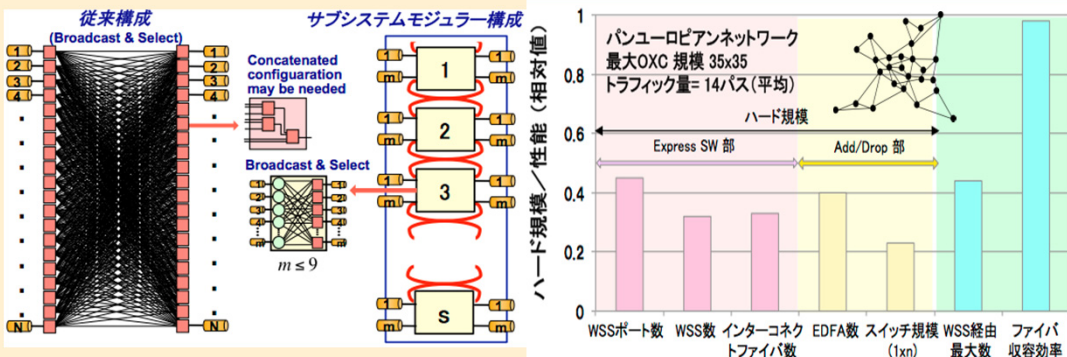


図3 (a) サブシステムモジュラ構成 (b) ハード規模削減効果と性能

(iii) ノード構成を考慮した新しいネットワーク設計アルゴリズムの開発、ならびに広範囲のパラメータを用いたシミュレーションによる有効性の検証。

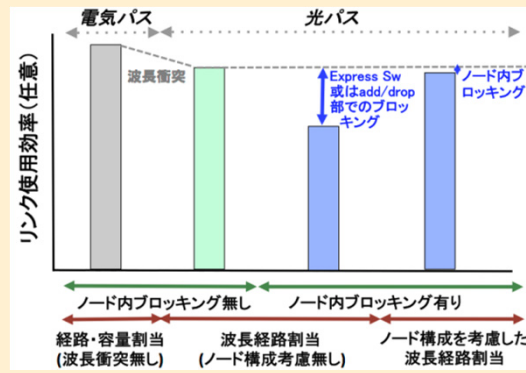


図4 ノード構成を考慮したネットワーク設計

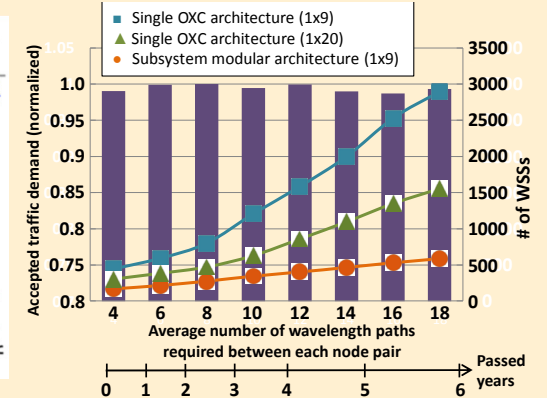


図5 收容効率とノードのハード規模削減

課題ウ-1-2 スケーラブル光ノード実現技術 (国立大学法人名古屋大学)

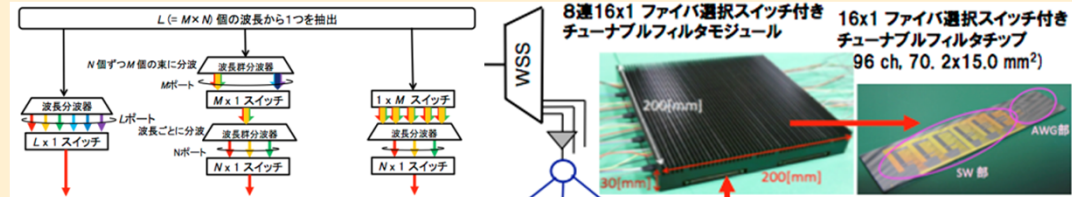


図6 提案チューナブルフィルタ構成

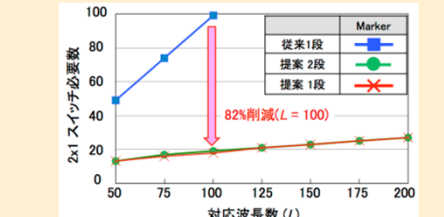


図7 提案チューナブルフィルタの規模削減効果

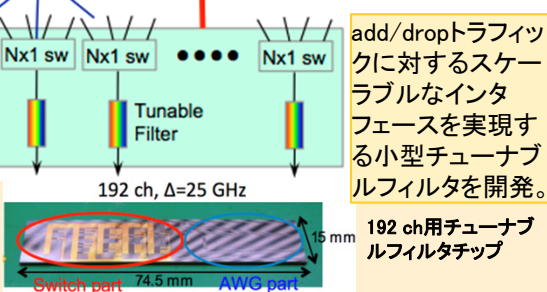


図8 試作各種チューナブルフィルタ

受賞関連

- 平成23年度電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会 若手研究賞
- A semi-finalist in the 2013 Corning Outstanding Student Paper Competition at OFC/NFOEC 2013
- 電子情報通信学会第9回フォトニックネットワーク研究会学生ワークショップ(平成25年3月) ショートプレゼン賞
- 電子情報通信学会 フォトニックネットワーク研究会(平成24年3月)若手研究賞
- Shortlisted for student paper prize, ECOC 2013, We.2.E.2. (平成25年9月)
- レーザー学会第35回年次大会優秀論文発表賞(平成26年5月)

招待論文(4件)

- 信学会誌 Vol. J96-B (2013) ・IEEE/OSA JOCN, vol. 4 (2012) ・OSA Optics Express, Vol. 21 (2012) ・OSA Optics Express, Vol. 22 (2014)
- 国際会議招待講演(8件)
- ACP 2011, PS 2012, ICTON 2013, PS/OECC 2013, ONDM 2014, OFC 2015, ICTON 2015, IWOO 2015
- 国外特許(PCTを含む):5件, 国内特許(7件)

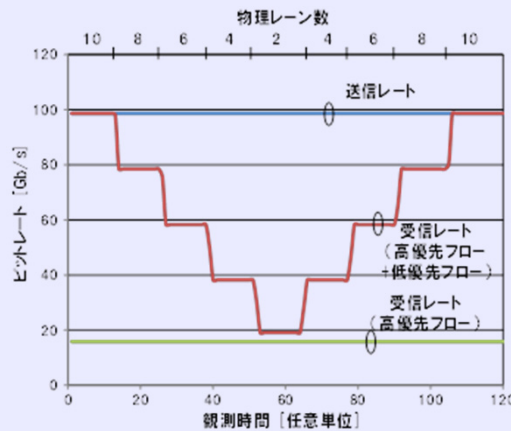
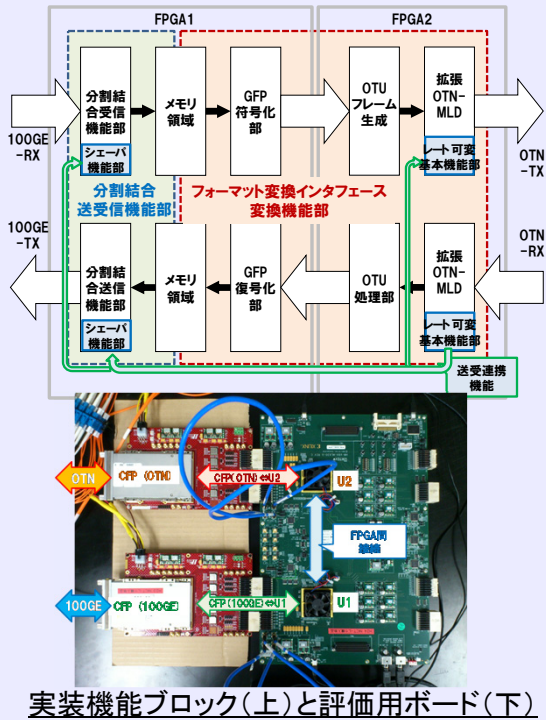
研究開発成果: 課題ウ-2 スケーラブル光スイッチング技術

課題ウ-2-1 スケーラブル適応収容技術

(日本電信電話株式会社)

主な研究開発成果

- ①「再構成可能トランスポンダ」のアーキテクチャを検討し、「分割結合送受信機能」と「可変トランスポートフレーム機能」を主機能とする「可変レート・再構成基本機能回路」の機能設計を実施した。
- ②「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、10G~100Gビット/秒にわたる突発的な負荷変動するクライアントに対し、再構成可能な可変トランスポートフレームによるスケーラブル適応収容技術のフィジビリティを検証した。
- ③ITU-T SG15に「100G超OTNに対する要求条件」の寄書提案を行い、ITU-T G.709改定勧告に採録予定である。
- ④ 4リーチ各課題と連携した統合実験においてITU-T G.709勧告化に先がけてB100Gトランスポートフレーム(OTLcN)を400G試験機に実装し、再構成トランスポンダに適用する可変トランスポートフレームを実証した。



レート可変基本機能の評価結果
クライアントフロー(高優先:低優先パケット比率=15%:85%)に対する高優先フローの無欠落切替の実証実験

課題ウ-2-2 スケーラブル光分岐挿入技術

(日本電気株式会社)

主な研究開発成果

- ①12×14mmサイズのシリコン光回路を用いた8×8シリコン光スイッチモジュールの試作を行い、20×50mmの小型性、40dBの高消光比特性等を実証した。
- ②シリコン光回路の均質化を行い、簡易な制御系での動作を実証した。
- ③光結合部の特性改善を行い、シリコン光スイッチモジュールの低損失化(15dB)を実現した。
- ④8×96トランスポンダ集約光スイッチングインター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、最終目標である100ポートクラスまでの容量拡張の目処を得た。
- ⑤課題内連携によってダイナミック適応型フォトニックノードを構築し、課題ア、イと連携して400Gビット/秒/chリアルタイム伝送実験を行うことで400Gビット/秒/chフォトニックネットワークのフィジビリティを実証した。

This section provides a detailed look at the silicon optical switch module. It includes:

- A 3D schematic of the optical coupling part (光結合部) and the optical switch functional part (光スイッチ機能部) with dimensions 12mm and 14mm.
- A cross-sectional view of the silicon waveguide (シリコン光導波路) showing a 100 μm heater (ヒータ) and electrical pads (電極パッド).
- A photograph of the 8x24 switch card (8×24 スイッチカード) with a single current driver circuit (単一電流ドライバ回路).
- A photograph of the 8x8 optical switch module (8x8光スイッチモジュール) with dimensions 50mm and 20mm.
- A transmission spectrum graph showing a 40dB on-off level difference across a wavelength range of 1530-1610 nm.
- A graph of optical loss (dB) vs. port number, showing an average of 25.1 dB, a minimum of 23.0 dB, and a maximum of 27.8 dB.
- A graph of PDL (dB) vs. port number, showing an average of 0.32 dB, a minimum of 0.06 dB, and a maximum of 1.10 dB.
- A photograph of the 8x96 transponder integrated optical switch (8x96トランスポンダ集約光スイッチ) with a 1x6 optical splitter (1x6光スプリッタ).

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
光トランスペアレント伝送技術の研究開発(入リーチ)課題ウ	17 (3)	9 (3)	15 (5)	78 (18)	3 (0)	10 (3)	4 (1)

※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

- ・電子情報通信学会「光通信システム研究会(平成24年1月26日)」にて「光トランスペアレント伝送技術の研究開発(入リーチ)」の研究計画概要を発表(H23)
- ・電子情報通信学会「フォトニックネットワーク研究会(平成24年3月11日)」にて若手研究賞を受賞(名大・山田祥之)(H23)
- ・Photonics in Switching 2012(PS 2012)で「光トランスポートネットワークとノードアーキテクチャ」ならびに「シリコン光スイッチデバイス」の現状と展望を発表(H24)
- ・OFC/NFOEC 2013でA semi-finalist in the 2013 Corning Outstanding Student Paper Competition at OFC/NFOEC 2013を受賞(名大・岩井祐斗)(H24)
- ・電子情報通信学会第9回フォトニックネットワーク研究会学生ワークショップ ショートプレゼン賞(名大・小坂駿)(H24)
- ・Shortlisted for student paper prize, ECOC 2013, We.2.E.2.(名大・沈志舒)(H25)
- ・平成25年度電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会 若手研究賞(名大・沈志舒)(H26)
- ・電子情報通信学会平成26年度学術奨励賞(NTT・北村圭)(H26)
- ・レーザ学会第35回年次大会優秀論文発表賞(名大・丹羽真規)(H27)

(2) 展示会

- ・H24年度: 第26回 光通信システム(OCS)シンポジウム(2012年12月、静岡県三島市、パネル展示)
- ・H25年度: GLEO-PR & OECC/PS 2013(2013年7月、京都府京都市、パネル展示)、FOE2013(2013年4月、東京ビックサイト、静態デモ展示)、第27回光通信システム(OCS)シンポジウム(2013年12月、静岡県三島市、パネル展示)、フォトニックネットワークシンポジウム2014(2014年3月、東京都小金井市、パネル展示)
- ・H26年度: 第28回 光通信システム(OCS)シンポジウム(2014年12月、静岡県三島市、パネル展示)、フォトニックネットワークシンポジウム2015(2015年3月、東京都小金井市、パネル展示)
- ・H27年度: 第29回 光通信システム(OCS)シンポジウム(2015年12月、静岡県三島市、パネル展示)、フォトニックネットワークシンポジウム2016(2016年2月、東京都小金井市、パネル展示)

(3) 報道発表

- ・NEC、世界初、ネットワーク規模に応じて信号の入出力数を拡張できるシリコン集積光スイッチを開発(H26)

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

「課題ウ-1 スケーラブル光ノード構成・制御技術」の成果は、低消費電力ネットワーク社会に向けた超スケーラブルフォトニックノードアーキテクチャの創出とそれに基づく世界トップの学術貢献に資する。一部のノード関連成果はNICT委託研究「大規模フラットネットワーク基盤技術」等でさらに展開する。

「課題ウ-2-1 スケーラブル適応収容技術」の成果は400G要素技術の確立(400G-DSPのプロダクト化)とあわせて、B100G-OTNの標準化推進に資する。

「課題ウ-2-2 スケーラブル光分岐挿入技術」の成果は、シリコンフォトニクスによる超省電力小型スケーラブル光スイッチのデバイスビジネスの創出、トランスポート装置、データセンタ装置等へシステムビジネスの展開に資する。