

平成23年度「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 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」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

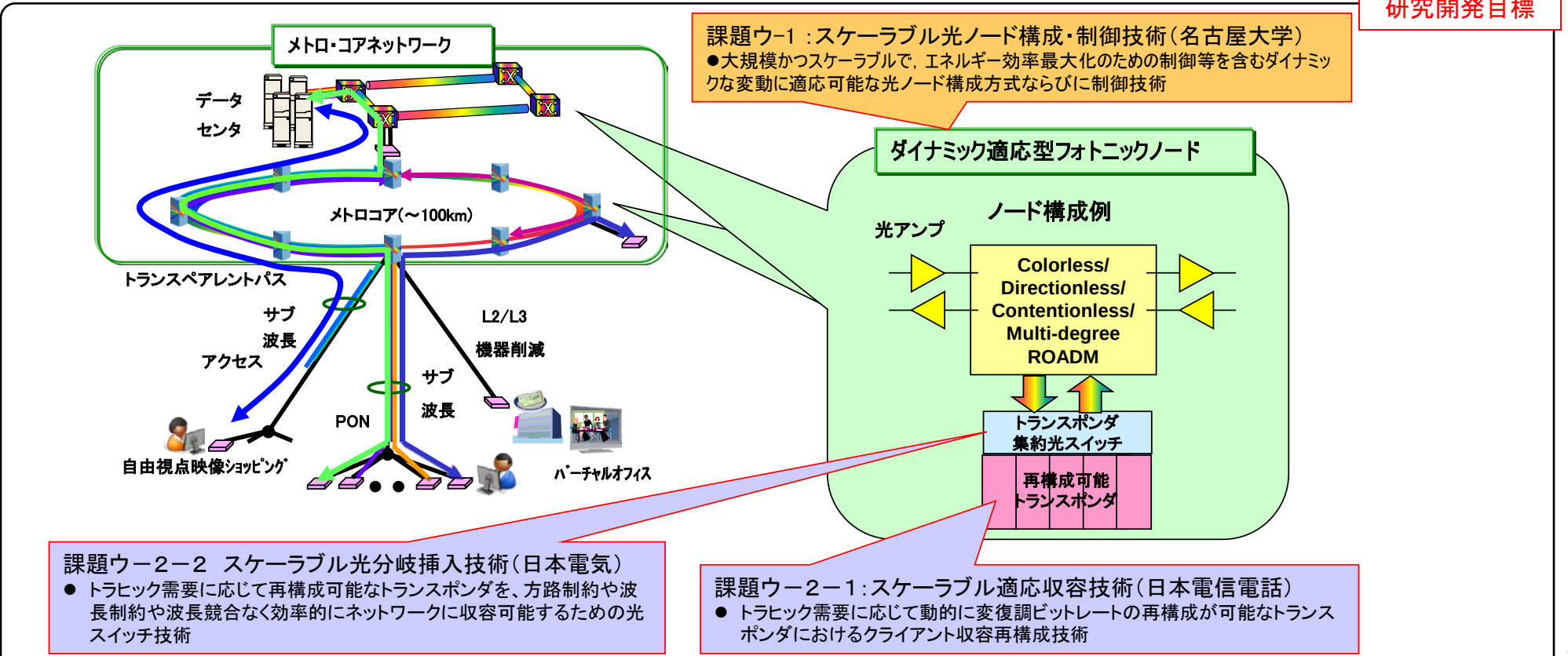
1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 日本電信電話株式会社(幹事者)、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)
- ◆研究開発費 総額343百万円(平成23年度:77百万円、平成24年度:73百万円、平成25年度:68百万円、平成26年度:64百万円、平成27年度:61百万円)

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。

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

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)

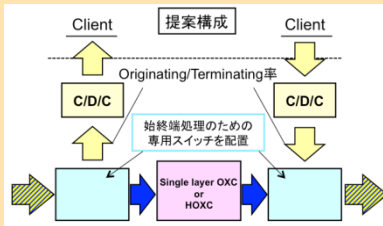
目標:① 入出力ファイバ数が100程度まで拡張可能なノードに必要な機能を分析。それを基に複数の光ノード基本アーキテクチャを考案。

② 光ノードの性能を、ネットワーク設計と連携して評価する為の解析手法の検討。

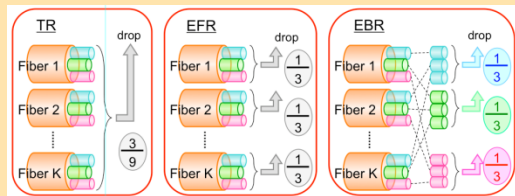
成果:①入出力ファイバ数が100程度まで拡張可能なノードの実現に向け、ノードに必要な機能を分析し、複数の光ノード基本アーキテクチャ候補を考案し特許出願(特願2011-221418、特願2011-221417)を行った。

②-1 光信号の始末端部のスイッチ規模がノード全体のスイッチ規模を大きく左右。ノードで始末端する光信号の割合を制限することにより始末端部のスイッチ規模を大幅に削減可能。始末端信号を効率的に制限可能なノードの機能分割を達成。

クライアント(電気レイヤ)へのterminate機能部/方路切替機能部/クライアント(電気レイヤ)からのoriginate機能部の3つの機能に分離。機能分割により機能部毎に要求条件に合わせた最適化が可能。C/D/Cを効率的に実現。

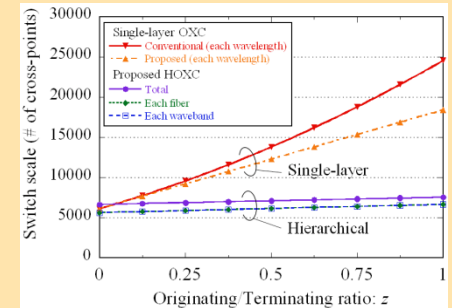
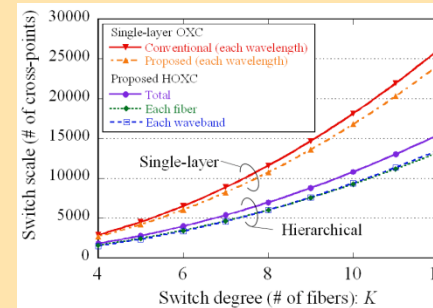
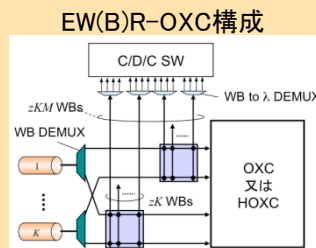
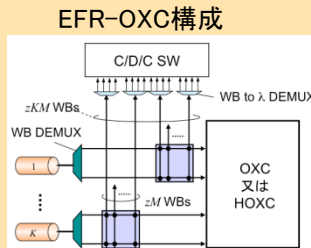
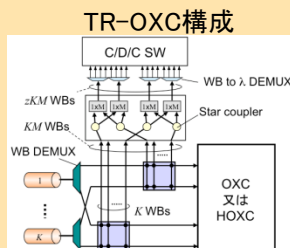


②-2 始末端光信号の割合を制限する各種の方式を実現する始末端処理部の構成をマトリックススイッチベース並びにWSSベースのノードアーキテクチャの各々に対して考案。それぞれについて各種の制約に関してスイッチ規模を評価。



- ◆ 始末端処理における3種類の制約
- ✓ 全波長(群)パスの制約 (Total Restriction: TR)
- ✓ ファイバ毎の制約 (Each Fiber Restriction: EFR)
- ✓ 波長(群)番号毎の制約 (Each Wavelength(Band) Restriction: EW(B)R)

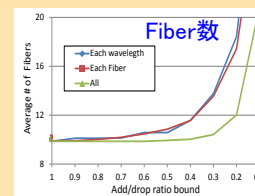
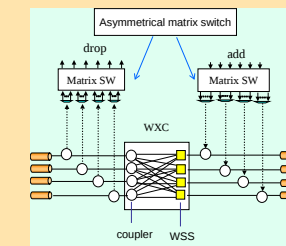
マトリックスタイプスイッチ構成



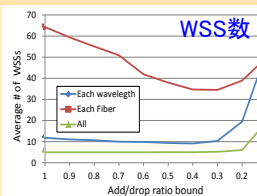
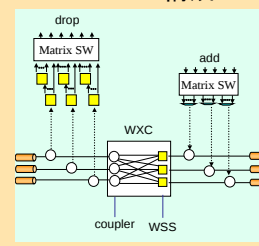
単一レイヤ光XCにおいて始末端率にほぼ比例してスイッチ規模削減。始末端率50%においてほぼ50%削減。提案構成により、さらに10%削減。階層的な光XC構成は、単一レイヤと比較し60%削減。

波長選択スイッチ(WSS)ベース構成

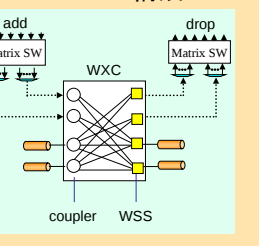
TR-OXC構成



EFR-OXC構成



EWR-OXC構成



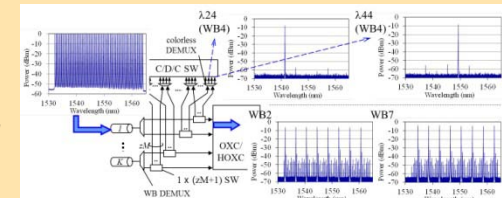
WSSベースアーキテクチャに関し、各制約の基でネットワーク全体で必要とするファイバ数を含めた評価。必要WSS数の観点では、ノード全体、或は波長毎の制約が最も有効であることを明らかにした。

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)

目標: 課題ウ-1-1で開発した光ノードアーキテクチャを構成する上でキーとなる光機能の一部試作し特性を評価。

成果: キーとなる光機能部に用いる集積化光部品を試作し、その適用性を明らかにした。



研究開発成果:課題ウ-2 スケーラブル光スイッチインタフェース技術

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)

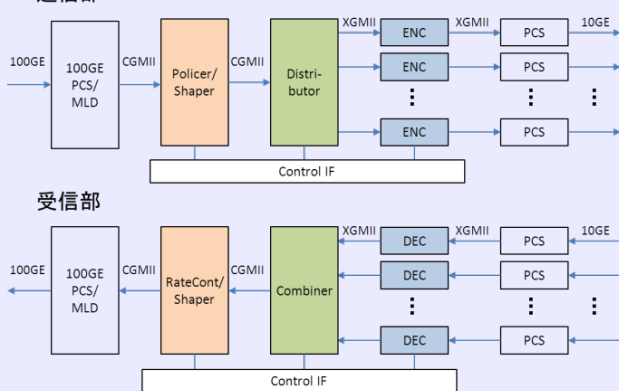
目標:

ノードあたりのインタフェース数を削減可能なスケーラブル光スイッチインタフェース技術の実現に向け、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、再構成することで適応収容する「クライアント収容再構成技術」のキーとなる「再構成可能トランスポンダ」の要素技術の試作とその初期評価を実施する。

成果:

- ①クライアント収容再構成技術のキーとなる「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」による機能配備とし、各機能の機能要件を検討した。また、「可変トランスポートフレーム機能」は機能要件に対する検討結果の一部成果を電子情報通信学会総大会にて発表した。
- ②「分割結合送受信機能」は詳細な機能検討を進め、クライアントからのフローを識別し、可変トランスポートフレームのペイロードレートに帯域制御する「フロー制御」、また、可変トランスポートフレームを複数の物理レーンを用い送受信を行う「分割送信」、ならびに「結合受信」の機能設計を行った。具体的には、100Gイーサネットをクライアントにフロー単位での流量制御ならびに、10Gビット/秒の物理ポート単位に分割結合送受信を行う「100Gイーサネット分割結合送受信機能」の機能設計を行った。
- ③上記の「100Gイーサネット分割結合送受信機能」の機能設計をもとにハードウェア実装試作により機能の実現性を評価した。「再構成可能トランスポンダ」における可変トランスポートフレームのペイロード帯域に相当したフロー制御の機能実現を検証するために、複数物理ポートをバンドルした合計帯域見合うフロー制御が実現できることにより確認した。さらに同フロー制御機能を含め、分割送受信を行う送信部と受信部を対向に接続し、分割結合送受信機能が実現できることを検証した。

送信部



分割結合送受信回路のブロック構成

フロー帯域
(シェパ後)

フロー帯域制御結果

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)

目標:

トランスポンダ集約光スイッチインタフェースの要素技術となるシリコン光スイッチのモジュール試作を行うことを目標とする(対応方路数:8、1つのモジュールあたりの収容トランスポンダ数:8)。具体的なモジュール化の試作の内容としては、光信号を入出力するシリコン光回路基板とファイバアレイの光結合部の試作及び、モジュールパッケージ化の研究開発を実施する。

成果:

- ①試作するシリコン光スイッチ・モジュールの基本構成を検討した。具体的には、シリコン光回路基板と光ファイバアレイとの光信号接続、シリコン光回路基板と制御ボードとの電気信号接続の形態に関する基本方針を検討した。その結果、光信号接続に関しては、シリコン光回路基板の端面と光ファイバアレイの端面を接着する方式とした。また、電気信号接続に関しては、モジュールはソケットを介して着脱可能な形態で制御ボードと接続することとし、さらにソケットとチップキャリア、チップキャリアとシリコン光回路基板を接続することとした。また、チップキャリアには、フレキシブル基板を用いて、ソケットとシリコン光回路基板が積み重なる形態とし、シリコン光回路基板の小さなサイズの特長を活かした小型のモジュールとすることとした。
- ②シリコン光回路基板は、シリコン光導波路技術に基づき、光伝送路側 8ポート、トランスポンダ側 8ポートの間を自由に接続できるよう構成された光回路を用いるものであるが、今回、ファイバ接着時の光結合モニターを行えるよう構成を追加して試作を行った。
- ③シリコン光回路基板に備えられた16ポートに対応するファイバアレイの試作を行った。
- ④フレキシブル基板を用いたチップキャリア、ソケットを用いたモジュールケースの試作を行った。
- ⑤上記試作した各部品を用いてモジュール試作を行い、光信号の接続を確認した。



8x8超小型シリコン光スイッチモジュール

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

	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	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)	2 (2)	0 (0)	6 (6)	8 (8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

5. 研究成果発表会等の開催について

- (1) 主な学会発表・表彰
- 1. 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。
 - 2. 電子情報通信学会「フォトリ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)

6. 今後の研究開発計画

- 平成23年度は、既存技術の問題点、改善点等の抽出を行いながら、研究開発や標準化の方向性、実現上の課題を探り、中間目標に対する今後の研究開発の進め方を定めてきたところである。平成24年度は、平成23年度に得られた成果を発展させ、課題ごとに以下の研究開発計画にて進める。
- 【課題ウ-1 スケーラブル光ノード構成・制御技術】
 - 平成23年度に考案した複数の光ノード基本アーキテクチャの性能を評価するために、各々のアーキテクチャ毎に対応するネットワーク設計アルゴリズムを考案し、各アーキテクチャの性能評価を開始する。
 - 考案した一部機能を試作しその特性を評価する。特に大規模でスケーラブルなノードに適用可能なadd/dropトラヒックに対するインタフェース部に必要となる信号選択部の機能検証を行う。
- 【課題ウ-2 スケーラブル光スイッチインタフェース技術】
 - 平成23年度に検討した「100Gイーサネット分割結合送受信機能」を機能拡張し、「動的に再構成を可能とする制御機能の方式検討」を実施する。また、平成23年度に試作した「分割結合送受信検証能回路」を母体として、「フォーマット変換インタフェース基本機能」の回路実装により、ハードウェア動作を検証する。
 - 平成23年度の研究開発成果を踏まえて、試作したシリコン光スイッチモジュールがトランスポンダ集約光スイッチとして必要な特性を有することを検証し、モジュールを駆動制御するボードの仕様を策定する。