

1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

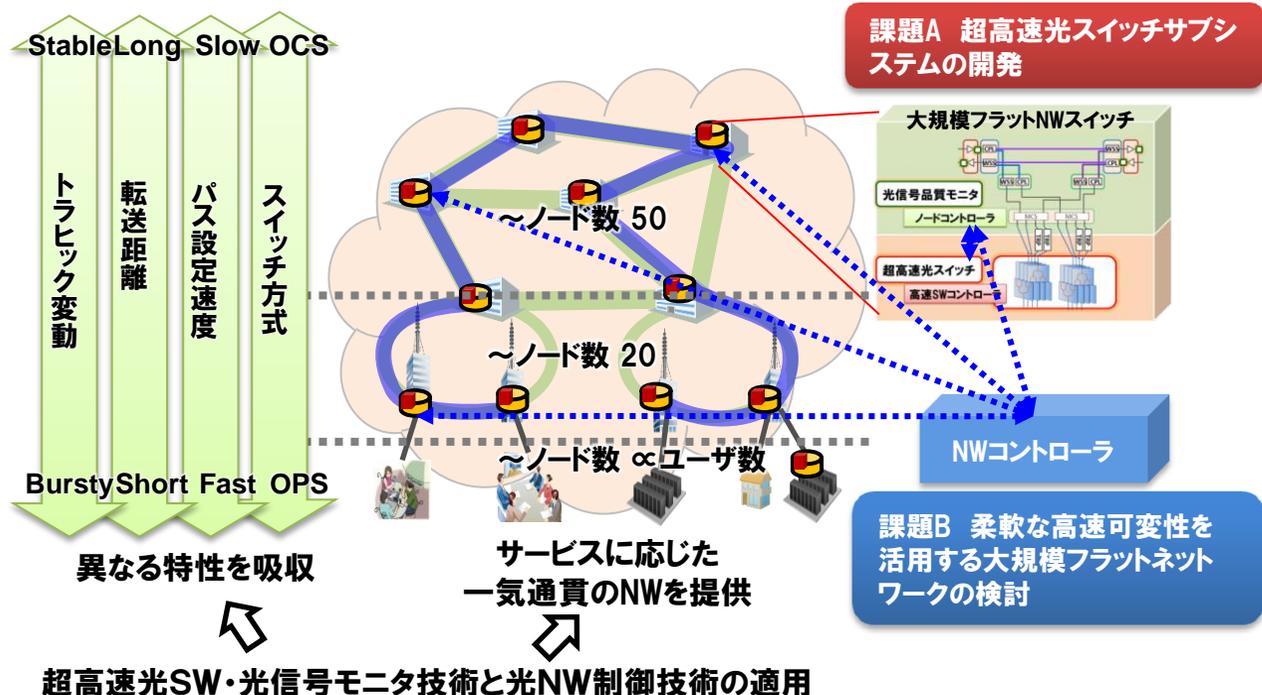
- ◆研究開発課題名 : 大規模フラットネットワーク基盤技術の研究開発
- ◆副題 : 超高速光スイッチサブシステムと複数サービスを提供する弾力性のある光ネットワーク制御技術
- ◆実施機関 : 日本電信電話株式会社、富士通株式会社、国立大学法人名古屋大学、公立大学法人大阪府立大学、国立大学法人大阪大学
- ◆研究開発期間 : 平成26年5月26日～平成31年3月31日
- ◆研究開発予算 : 886, 986, 589円

2. 研究開発の目標

コア網からメトロ・アクセス網までを一気通貫に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、下記の課題A(デバイス技術～ハードウェア技術)と課題B(制御技術～ソフトウェア技術)の両面の要素技術に取り組むとともに課題Aと課題Bで連携し課題間連携実験を行いソフトとハードの融合による大規模フラットネットワークの実証を行う。

3. 研究開発の成果

目標: 超高速光SWと光NW制御技術による大規模フラットNW基盤技術の確立



本年度の成果

A-1 超高速光スイッチサブシステム基盤技術

- ・スイッチ素子チップレベル低損失化技術実証
- ・16x16規模のスイッチの実現性検証
- ・ドライバと光スイッチの集積化および特性検証

A-2 フラット網光信号品質モニタ・監視技術

- ・OSNRモニタユニットの作製・動作検証
- ・大規模化試作ノードを作製・動作検証
- ・コヒーレント受信技術によるモニタの開発・実証

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

- ・新たなVDL技術を提案. 有効性を実証
- ・大規模フラットNW設計制御技術の有効性を実証
- ・A-2との連携実験により開発技術の有効性を実証

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

- ・実証実験に向けてトラヒックオフローディングに焦点を絞り、方式設計・改良技術を提案
- ・実証実験に向けての仕様検討とテストベッドによる基礎実験検証

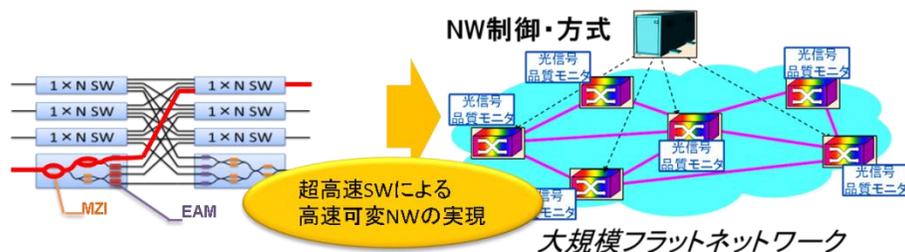
課題A-1 超高速光スイッチサブシステム基盤技術の研究開発

課題:大規模フラットネットワークの実現に向けて多種多様な大容量光信号の柔軟かつ高速転送を可能とする光スイッチの実現が求められる。

目標:超高速・超小型・低電力の超高速スイッチサブシステムと、フラットネットワークの実現を目指した応用技術の研究開発と実証を行う。

取り組み・ポイント:

- (1) ナノ秒級の超高速光スイッチ要素の開発
- (2) 16x16級のスイッチを実現する光スイッチの大規模化・低損失化
- (3) 光スイッチサブシステムの実現



研究開発成果: 光スイッチ素子検討(チップレベル低損失化技術実証)

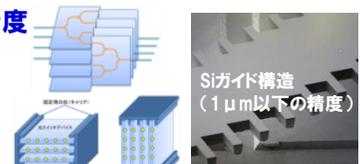
(a) **小型低損失超高速光スイッチを実現**

- 3.1x2.4mmサイズ
- 挿入損失~20dB (PDL ~1dB)
- 消光比 < 40dB
- スwitching速度 < 2nsec)



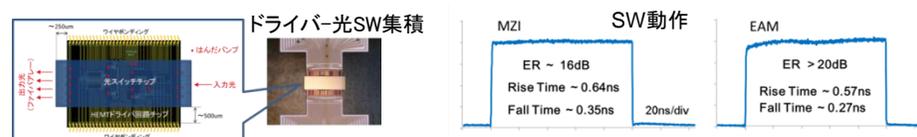
研究開発成果: 16x16規模のスイッチの実現性検証(3次元実装)

(b) **型抜き型フォトリソ加工によりガイド構造を高精度化(ガイドとしては1μm以下の精度を達成)InPチップと光ファイバブロックとの光結合を確認**
⇒現状2μm以上のズレ(不十分)



研究開発成果: ドライバと光スイッチの集積化

(c) フリップチップ実装で**ドライバ-光SW集積を実現**
(d) MZIとEAMを個別駆動: **SW動作 < 1nsec 確認**



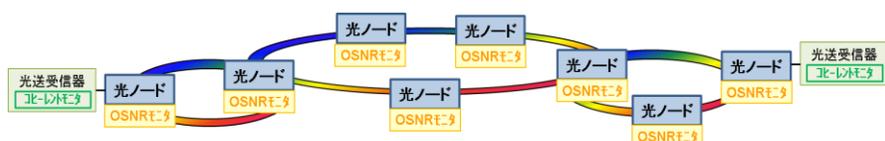
課題A-2 フラット網光信号品質モニタ・監視技術の研究開発

課題:大規模フラットネットワークの実現に向けて、任意経路での光パスの光伝達特性の検証、運用中でのモニタ技術の実現が求められる。

目標:様々な伝送方式に対応した光パスモニタ・監視技術を開発する。それらのモニタ結果を用いたネットワーク制御方式を実験実証する。

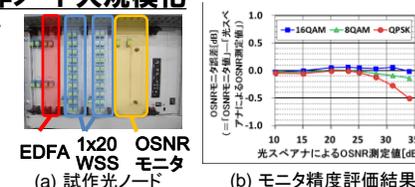
取り組み・ポイント:

- (1) RF解析型OSNRモニタの開発
- (2) コヒーレント受信技術に基づいたモニタの開発
- (3) 柔軟に拡張可能な光ノードの開発



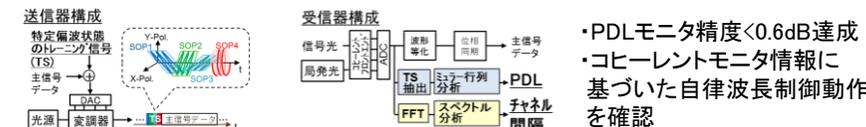
研究開発成果: OSNRモニタ集積化・試作ノード大規模化

(a) **OSNRモニタユニットを試作**。ポート数を拡大したWSS(1x20)の導入、ルート&セレクト型構成の**光ノードを試作**
(b) 複数種の変調フォーマット信号に対する**モニタ精度を評価**



研究開発成果: コヒーレント受信技術に基づいたモニタの開発

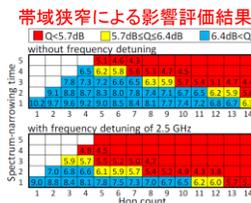
(c) **PDL (偏波依存損失)・チャネル間隔モニタ動作を実証**



- PDLモニタ精度<0.6dB達成
- コヒーレントモニタ情報に基づいた自律波長制御動作を確認

研究開発成果: 課題B-1との連携による高信頼、高効率大規模フラットネットワークの実証

(d) 課題B-1のGrouped-routingを実装し伝送性能を評価
⇒ **帯域狭窄化の信号品質への影響を検証**
⇒ **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。**

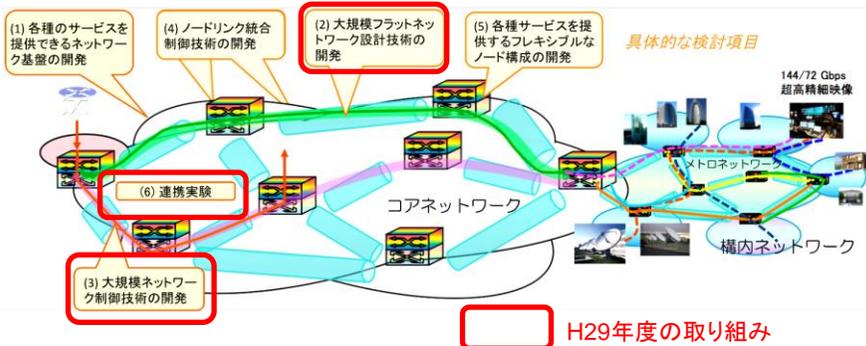


課題B-1 マルチサービスを提供する大規模フラットネットワーク制御技術

課題: 高速な光スイッチングを含む将来の多様なサービスを効率的に提供できる、高スループットで大規模なネットワークの実現技術

目標: 百ポート以上のファイバを収容可能な大規模から数ポートの小規模なノードを含む、数百ノードから構成される大規模フラットネットワークのアーキテクチャ並びに制御技術の開発

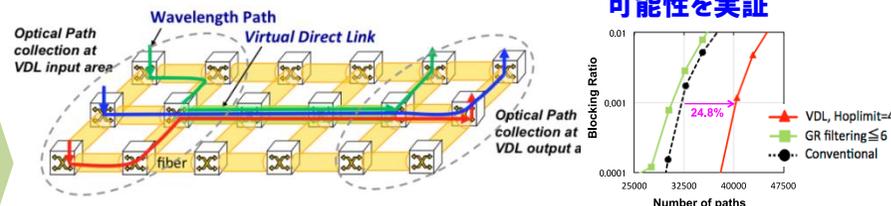
取り組み・ポイント:



研究開発成果: VDLネットワーク設計アルゴリズムの開発と有効性の実証

VDL ネットワーク設計でパスの設立・解放を考慮する動的経路波長割り当てアルゴリズムの開発

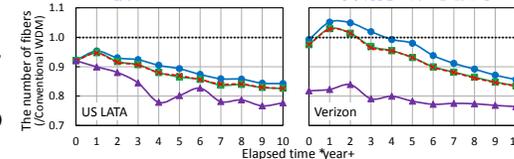
約 25%のファイバ数削減可能性を実証



研究開発成果: 課題A-2 と連携した大規模フラットネットワークの実証実験により、開発した設計制御技術の有効性を実証。

OSNRモニタリングに基づく精密なマージン管理で Grouped Routingネットワークを安定運用可能であることを数値計算及び A-2との連携実験により実証

最大 20%のファイバ数削減可能性を実証



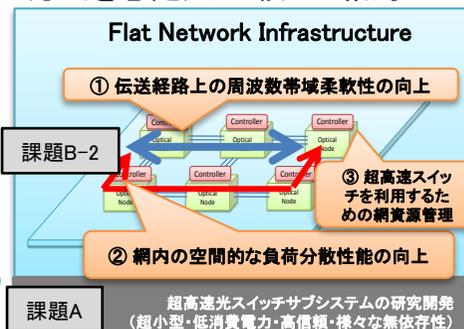
課題B-2 大規模フラットネットワーク構築のための弾力性のある光パス設定制御

課題: 状態変化に対する即時的な修正能力を強化した弾力性のある適応制御の新規導入

目標: 呼接続棄却確率を代表的な方式(波長割当はFirst Fit方式、経路選択はK-Shortest Paths方式を想定)と比較して相対的に1/10以下に低減させる。

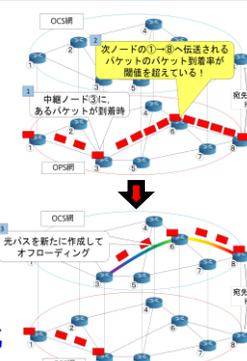
取り組み・ポイント:

- (1) 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
- (2) 弾力性のある複数経路決定・選択制御の研究開発
- (3) 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



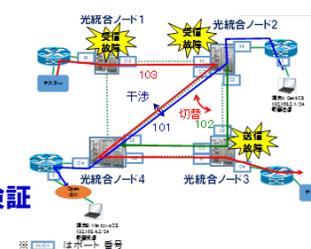
研究開発成果: 実証実験に向けてトラフィックオフローディングに焦点を絞り、方式設計・改良技術を提案

- ◆「プロアクティブなOPS-to-OCSオフローディング手法」
OPS-OCSオフローディング性能及び実現性の向上
- ◆「知的なOPSオフローディング経路の決定法」
 - ・パケット到着順序逆転の抑制
 - ・下流混雑状況を考慮したオフローディング規律学習法**OPS-OPSオフローディング性能の向上**
- ◆「OPS/OCS統合網の資源境界を動的に変更する手法」
ILP導入により、OCS特性を維持しつつOPS特性を最小化



研究開発成果: 実証実験に向けて仕様の検討とテストベッドによる基礎実験検証

- ◆「オフローディング連携実験」
 - ・課題間連携実験の網構成・シナリオを確定
 - ・テストベッドを利用した基礎実験検証**NICT仙台テストベッド上でOPSフロー切替の機能検証**



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
大規模フラット ネットワーク基盤 技術の研究開発	20(6)	6(0)	9(2)	121(28)	0(0)	1(1)	0(0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 当該年度の学会発表等

国際会議等で成果をアピールと当該分野を先導する招待講演

- EAMとMZIをモノリシック集積した高消光比の超高速スイッチ技術について国際会議ECOCにて1件発表を行った。(Y. Muranaka et al., ECOC2017 P1.SC2.33)
- コヒーレント受信技術に基づいたモニタの開発をすすめ、国際会議ECOCにて2件発表を行った。
(G. Huang et al., ECOC2017 P1.SC4.64, Y. Ge et al., ECOC2017, M.2.F.5.)
- International Conference on Transparent Optical Networks, ICTON 2017(招待講演、名大 佐藤)
- 光通信システム研究会 OCS 30周年記念シンポジウム・OCS Summer School 2017(招待講演、名大 佐藤)

(2) 当該年度の学会発表等

- 平成28年度電子情報通信学会東海支部学生研究奨励賞, 山岡 修平(名古屋大学)
- The IEICE General Conference English Session Award, 磯野 祐馬, 森 洋二郎, 長谷川 浩, 佐藤 健一(名古屋大学)

5. 今後の研究開発計画

本年度までに得られた成果を更に発展させるとともに、超高速の光スイッチとモニタ技術、ネットワーク制御技術を連携した実験を行いソフトとハードの融合による大規模フラットネットワークの基盤技術を実証する予定である。