

1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

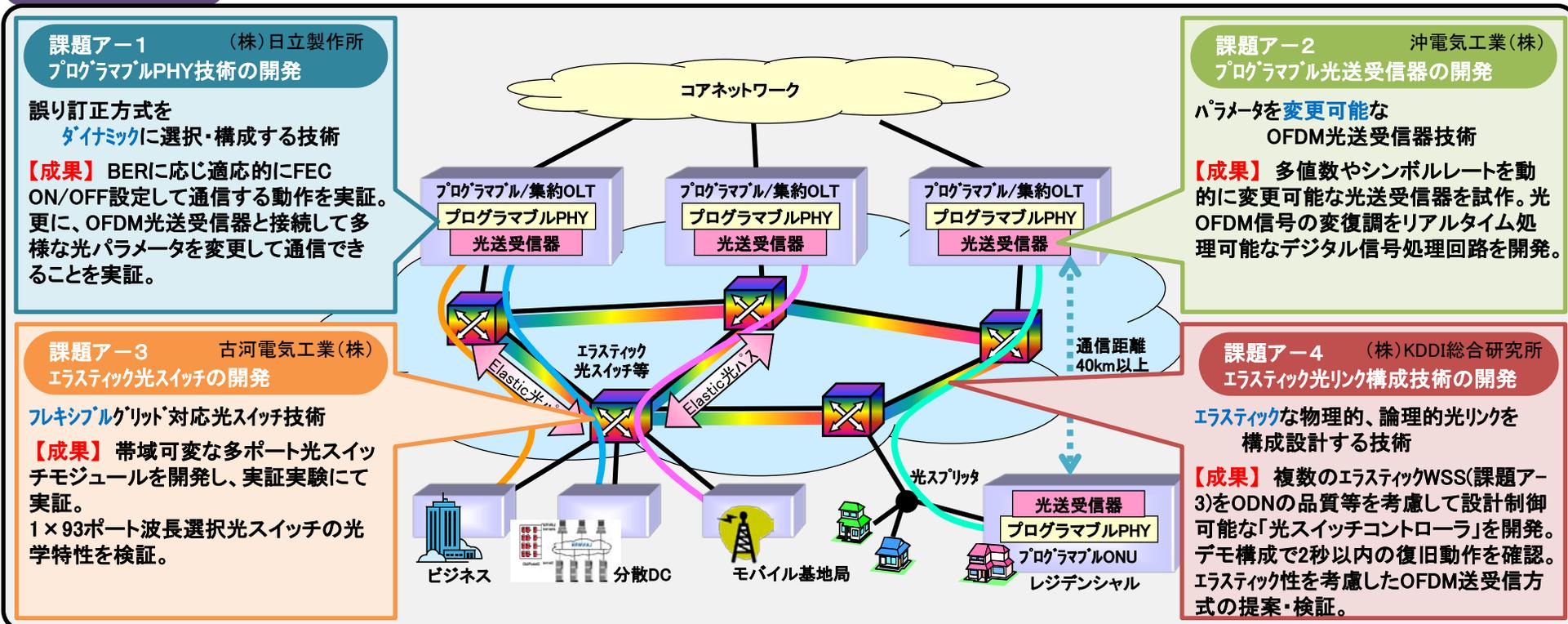
- ◆ 課題名 : エラスティック光アグリゲーションネットワークの研究開発
- ◆ 個別課題名 : 課題ア エラスティック光リンク技術
- ◆ 副題 : 多様なサービス、多様なネットワーク構成を実現する伸縮自在光リンク技術
- ◆ 実施機関 : 株式会社日立製作所(代表研究者)、沖電気工業株式会社、古河電気工業株式会社、株式会社KDDI総合研究所
- ◆ 研究開発期間 : 平成24年度から平成28年度(5年間)
- ◆ 研究開発予算 : 総額661百万円(平成28年度 116百万円)

2. 研究開発の目標

エラスティック(伸縮自在)な光パスを駆使して、平時にはグリーン・効率性に優れ、災害時にも物理リソースを組み替えてライフライン維持に資するメトロ・アクセス統合光ネットワークである、エラスティック光アグリゲーションネットワーク(EλAN)を世界に先駆けて実用化することを目指す。EλANの実現に向けて、プログラマブルPHY技術、プログラマブル光送受信器、エラスティック光スイッチ技術、エラスティック光リンク構成技術を開発し、これらを統合することにより、ネットワークの経路や容量を柔軟に変更可能なエラスティック光リンク技術を確立する。

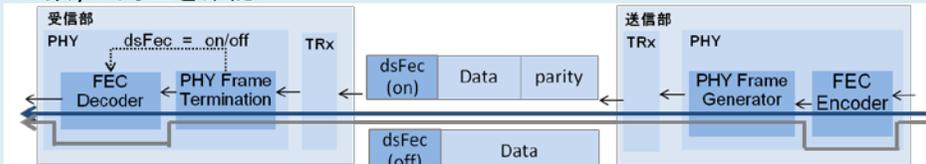
3. 研究開発の成果

研究概要と成果

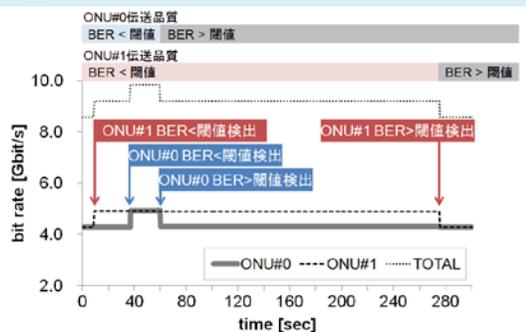


■ 研究開発成果：適応的にFEC ON/OFF設定して通信する動作を実証

- 伝送品質(BER等)に応じて適用するFEC ON/OFFを変更可能なプログラマブルPHYを開発。適応的にFEC ON/OFFが適用されることを実証
- RS(255,223)を実装し、FEC ON→OFFでのスループット15%向上、レイテンシ数 μs 向上を確認



＜FEC ON/OFF切替動作を実現するプログラマブルPHYの動作＞



＜ONU#0,#1のBER変化時の上りスループット変化＞

	FEC ON	FEC OFF
Throughput [Gbit/s]	8.55	9.85
Max Latency [μs]	1891	1868

＜FEC ON/OFFの上り通信品質＞

■ 研究開発成果：OFDM光送受信器と接続し、ロス無送受信動作を実証

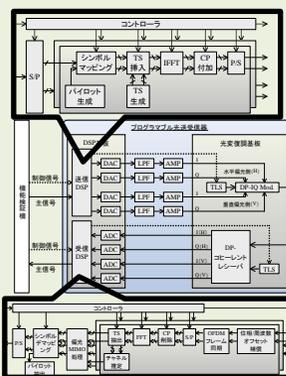
- 波長、サブキャリア毎の多値数・シンボルレート、サブキャリア総数をそれぞれ2種以上変更して送受信できることを確認
- プログラマブル光送受信器、課題イ開発のMACと接続して、グループ毎のサブキャリア数をフレームロス無で切替えて通信できることを実証



＜プログラマブル光送受信器を用いたOLT-ONU間通信実験の様子＞

■ 研究開発成果：プログラマブル光送受信器を設計・試作

- 最大の特徴であるプログラマブル性を実現するのに最適な方式を設計。比較的柔軟性の高いデジタル信号処理(DSP)回路でパラメータ変更を実現する方式を採用。
- 光OFDM信号をリアルタイムで処理可能なDSP回路を開発。実装に必要なFPGA等のメインICを選定。
- 方式設計に基づき、光送受信器プロトタイプを試作。送受各1つのFPGAおよび両偏波光位相変調に対応した4つのADC/DACを搭載。



＜光送受信器方式設計＞



＜プロトタイプ外観＞

■ 研究開発成果：パラメータ動的変更動作を検証

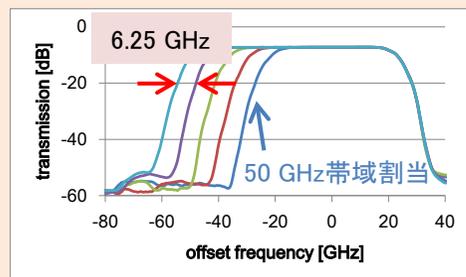
SC数、シンボルレート(SR)、および多値数を変更した際の実出力ベースバンド信号を測定。すべてのパラメータの動的変更動作を確認。



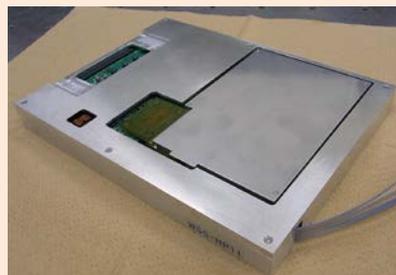
＜パラメータ動的変更検証結果＞

■ 研究開発成果: エラスティック光スイッチの試作機の開発

- 6.25 GHz設定分解能で帯域可変な1x40波長選択スイッチの光学部と制御部を開発し、試作機を作製(信学技報PN2014-72)
- 20 mm厚の1x30波長選択スイッチのモジュールを開発(信学技報PN2016-108)
- メトロ・アクセス統合ネットワークの実験系に波長選択スイッチを導入し、リングネットワークを構成



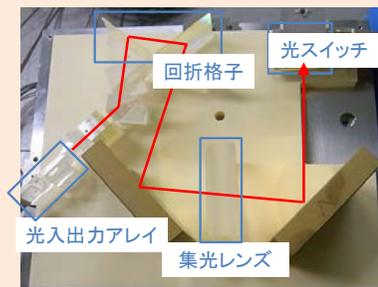
<6.25 GHz設定分解能のスペクトル>



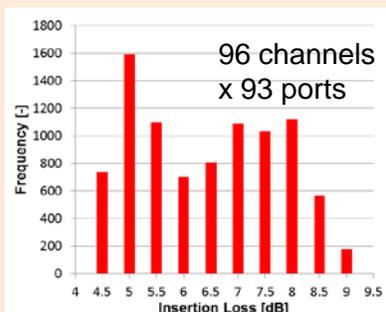
<1x30波長選択スイッチの外観写真>

■ 研究開発成果: 1x93波長選択光スイッチの検証

- 1x93波長選択スイッチの光学特性を検証 (ECOC2015, Mo4.2.2)
- 光導波路技術を導入し、狭ピッチ・大ビーム径の光入出力アレイを開発
 - 挿入損失が9 dB以下、50 GHz grid帯域割当時の0.5 dB帯域が±18.5 GHz (typ.)の特性を確認



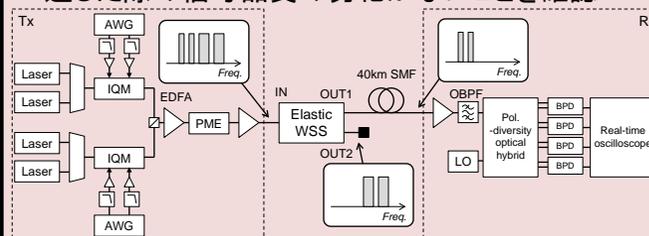
<1x93波長選択光スイッチの外観>



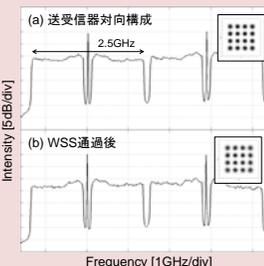
<挿入損失のヒストグラム>

■ 研究開発成果: エラスティック光OFDM送受信アルゴリズム

- 受信した光OFDM信号からFFTサイズを推定する方法および光OFDM信号のサブキャリア変調方式通知方法(特許出願)の提案を行い、計算機シミュレーションとテストベッドを用いた性能評価を実施
- 光OFDM信号のサブキャリア変調方式通知方法(特許出願)の提案を行い、計算機シミュレーションによる評価を実施
- 課題ア-3と連携して光OFDM信号の評価実験系を構築し、WSS区間における伝送品質の劣化要因の1つとして挙げられるエラスティックWSSを通じた際の信号品質の劣化がないことを確認



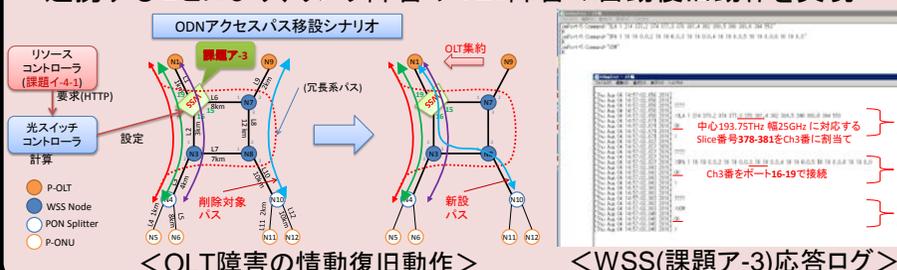
<WSS(課題ア-3)を介した光OFDM信号評価実験系>



<WSS通過前後のスペクトル>

■ 研究開発成果: エラスティック光リンク構成変更方式

- 伝送品質を求める光OFDMリンクシミュレータの構築を行うと共に、エラスティック光リンクの動的な構成変更を実現する為にリソース探索・プロビジョニングシステム(光スイッチコントローラ)を開発
- 大規模災害などの際に復旧優先度が高いパスを優先的に復旧させるアルゴリズム(特許出願)を提案すると共に、解析よりはその効果を確認
- 課題ア-3のエラスティック光スイッチ、課題イ-4-1のリソースコントローラと連携することにより、リンク障害やOLT障害の自動復旧動作を実現



<OLT障害の情動復旧動作>

<WSS(課題ア-3)応答ログ>

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
エラスティック光アグリゲーション ネットワークの研究開発(課題ア: エラスティック光リンク技術)	29 (1)	7 (0)	1 (1)	60 (10)	0 (0)	16 (9)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 世界トップクラスの多ポート化を実現する波長選択光スイッチを国内外の学会、展示会等にてアピール

波長選択スイッチの多ポート化において世界トップクラスの成果を上げ、国内外の学会および展示会にてそれらの成果をアピールした。また、本成果を高く評価され、2014年フォトニックネットワーク研究賞を受賞した。

(2) iPOP2016やPIF・PN研究会共催「チュートリアル講演会 & ナショナルプロジェクト一般公開デモ」等にて成果を発信

本委託研究の成果を下記の講演会、展示会にて発信した。

- PIF、PN研究会共催「ナショナルプロジェクト特集講演会 & 最先端ラボツアー」(2016年1月)
- IEEE HPSR 2016 Technical Visit (2016年6月)
- iPOP 2016(2016年6月)
- PIF、PN研究会共催「チュートリアル講演会 & ナショナルプロジェクト一般公開デモ」(2017年3月)

ポスター発表、プロトタイプ展示などを通じて、研究成果を参加者に広くアピールするとともに、活発な議論を実施した。



ナショナルプロジェクト一般公開デモの様子

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

【課題ア-1】 多様な通信パラメータを動的制御する通信制御技術を他の研究や事業(IoT向け通信制御等)へ活かしていく予定である。

【課題ア-2】 本プロジェクトで開発した光送受信器の技術を、2020年以降の第5世代モバイル通信のインフラ用製品へ適用する計画である。

【課題ア-3】 増加し続ける光ネットワークの消費電力を抑制するためにも、光スイッチの導入は有効な解決案の一つである。研究開発および市場の動向を踏まえ、培った光スイッチ技術および空間光学技術を活かした製品の展開を図る。

【課題ア-4】 本プロジェクトで研究開発したエラスティック光ネットワークの構築技術や運用方法を次世代のコア・メトロ網の設計や運用に活かしていく予定である。