

1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

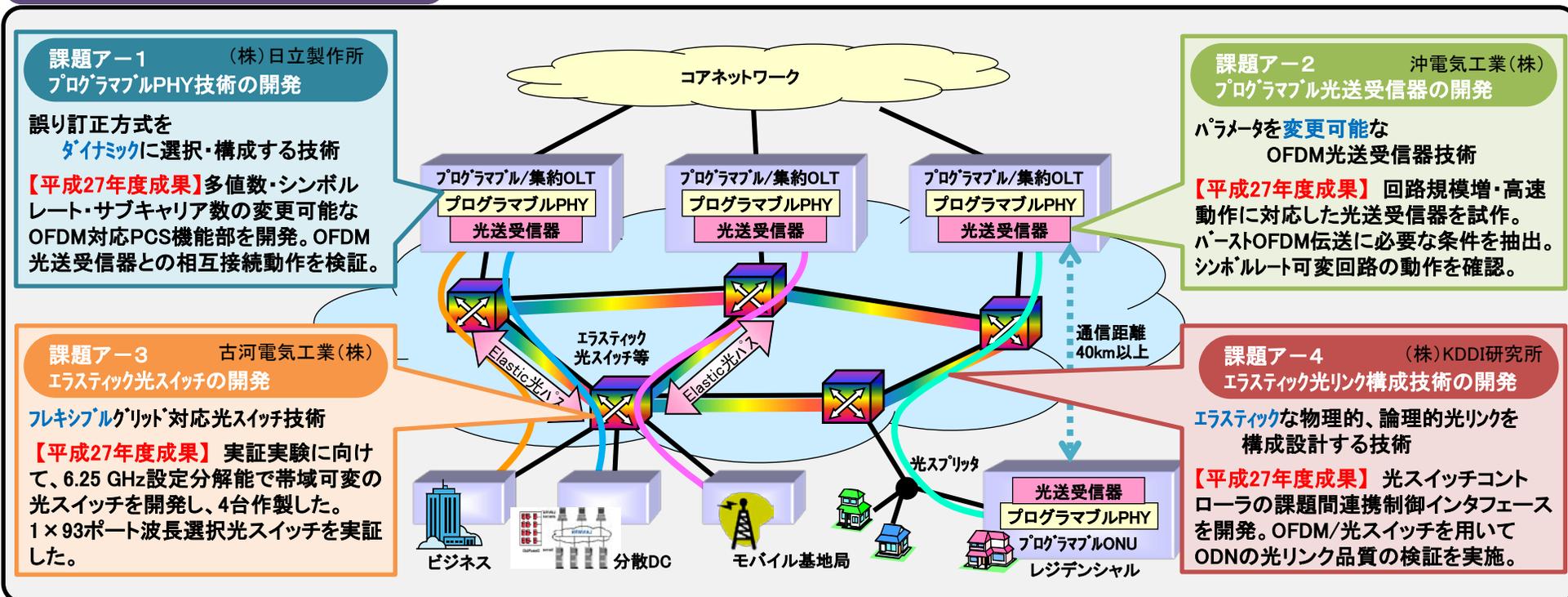
- ◆ 課題名 : エラスティック光アグリゲーションネットワークの研究開発
- ◆ 個別課題名 : 課題ア エラスティック光リンク技術
- ◆ 副題 : 多様なサービス、多様なネットワーク構成を実現する伸縮自在光リンク技術
- ◆ 実施機関 : 株式会社日立製作所(代表研究者)、沖電気工業株式会社、古河電気工業株式会社、株式会社KDDI研究所
- ◆ 研究開発期間 : 平成24年度から平成28年度(5年間)
- ◆ 研究開発予算 : 総額661百万円(平成27年度:124百万円)

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。

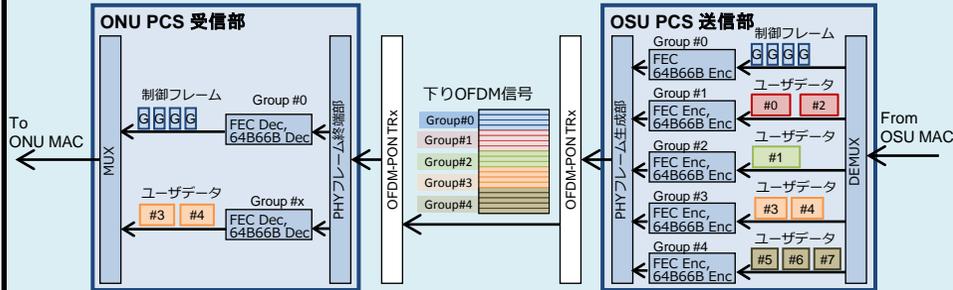
3. 研究開発の成果

研究概要と平成27年度(当年度)成果



■ 研究開発成果：異なる多値数・シンボルレート・サブキャリア数を多重して通信可能なOFDM対応PCS機能部を開発

- サブキャリアグループ毎に符号化・復号化する機能構成を考案
- 複数サブキャリアグループ多重による通信を論理シミュレーションで検証



＜パラメータ可変OFDM信号に対応したPCS機能部の構成＞



＜OLT/ONUのPCS機能部の論理シミュレーション＞

■ 研究開発成果：OFDM光送受信器との相互接続動作を検証

- 波長・多値数・シンボルレート・サブキャリア数をそれぞれ2種以上変更して送受信できることを検証



＜OFDM光送受信器との相互接続実験の様子＞

■ 研究開発成果：プログラマブル光送受信器を再試作

H25年度に試作したプログラマブル光送受信器V1から得られた知見を元に、改良した光送受信器V2を試作。その基本動作を確認。

- FPGAの内部リソース増強。偏波多重分離処理回路実装に対応
- デジタル化されたOFDMベースバンド信号の平行数を増加。高サンプリングレート動作に対応

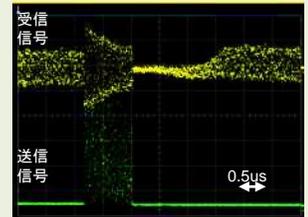


＜光送受信器V2外観＞

■ 研究開発成果：バーストOFDM送受信の検証

上り時間多重通信のための、バーストOFDM送受信を検証

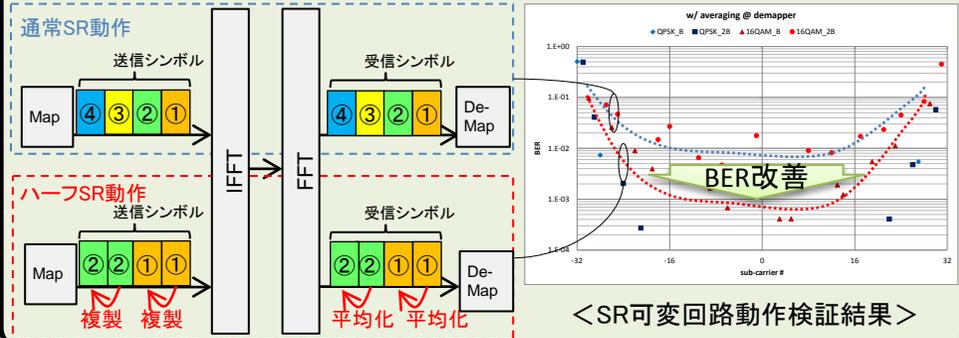
- バースト間隔0.8ms,バースト長800nsのOFDMバースト信号を送受信。ビット誤り率 10^{-3} 以下を確認
- 光変調器バイアス制御のゲーティング動作および光受信器のバースト利得制御機能が必要であることが判明



＜バーストOFDM信号＞

■ 研究開発成果：シンボルレート可変回路の実装

昨年度検討した、同一シンボルを複数送信することでシンボルレート(SR)を動的に変更する回路を実装し、その動作を検証



＜SR可変回路動作検証結果＞

■ 研究開発成果:実証実験に向けた光スイッチの開発

最終年度に予定している実証実験に向けて、6.25 GHz設定分解能で帯域可変できる光スイッチを開発した。

- 光スイッチのモジュール(190×140×38.5 mm)の開発と検証。
- メト・アクセス統合光ネットワークに向けた、31入出力ポートを持つ疑似4×30 Contention波長選択スイッチの実証。
- 実証実験に導入する光スイッチ4台と光増幅器を作製。



<光スイッチモジュールの外観>

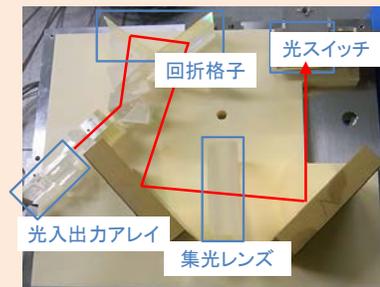


<31入出力ポートを持つ疑似4x30 Contention波長選択スイッチの概念図>

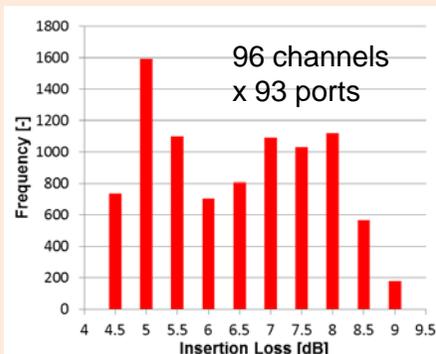
■ 研究開発成果:1×93ポート波長選択光スイッチを実証

昨年度までは1×40ポート波長選択スイッチを開発してきたが、更にポート数の向上を目指し、1×93ポート波長選択スイッチを実証した。

- 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.) の特性確認。



<1x93ポート波長選択光スイッチの外観>



<挿入損失のヒストグラム>

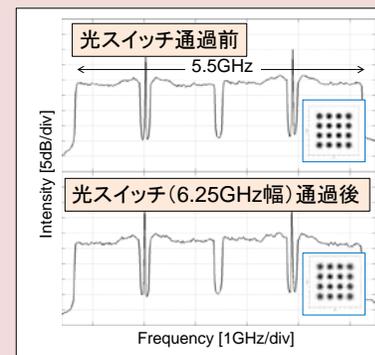
■ 研究開発成果:光リンク品質に関する検証実験

エラスティック光スイッチによって構成されるWSS区間の光リンク品質について検証

- 課題アー3と連携し、エラスティック光スイッチを一台通過させた場合の信号品質を検証。信号帯域幅に応じて、エラスティック光スイッチの透過帯域幅を変更することにより、著しい品質劣化はないことを確認
- WSS区間伝送後の光信号対雑音比(OSNR)や符号誤り率(BER)の推定方法を検討し、有効性を実証



<エラスティック光スイッチ透過実験>
(課題アー3と連携)



<光スイッチ通過前後の信号波形>

■ 研究開発成果:光スイッチコントローラのパス設定機能拡張

エラスティック光スイッチによって構成されるネットワーク(WSS区間)の経路探索やリソース割当などを行うシステム(光スイッチコントローラ)の拡張実装を進めた

- 課題イー1-4が開発するシステムとの連携インタフェースをWindows Communication Foundation(WCF)通信からより一般的なWeb API(HTTP通信:JSONで記述)に拡充実装した。
- 経路探索から光スイッチ設定までの一連の動作を自動化する仕組みやエラスティック光スイッチの一芯双方向動作に対応した経路探索機能の拡張実装などを進めた。

```

1 {
2   "results": [
3     {
4       "RoutePathID": 0,
5       "RouteNumber": 0,
6       "Latency": 0,
7       "PathOSNR": 0,
8       "Latency": 0,
9       "PathOSNR": 0,
10      "RemovePathCount": 0,
11      "TotalFiberPort": 0,
12      "Modulator": 1,
13      "ModulationType": null,
14      "ModulationFormat": null,
15      "BitRate": null
16    },
17    {
18      "RoutePathID": 0,
19      "RouteNumber": 0,
20      "PathNumber": 0,
21      "QualityChecked": false,
22      "OriginalPathID": 0,
23      "OriginalPathID": 0,
24      "ModelName": null,
25      "ModelName": null,
26      "CentralFrequency": 0,
27      "SignalBandwidth": 0
28    }
29  ],
30  "completionCode": 0
31 }
    
```

<JSON記述によるアクセスパス探索結果の一例>

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A: エラスティック光リンク技術)	27 (6)	6 (2)	0 (0)	50 (16)	0 (0)	7 (5)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

「ナショナルプロジェクト特集講演会 & 最先端ラボツアー」の開催

本委託研究の成果を紹介する「ナショナルプロジェクト特集講演会 & 最先端ラボツアー」を、2016年1月13日、慶應義塾大学新川崎タウンキャンパスにおいて開催した(超高速フットニックネットワーク開発推進協議会(PIF)、電子情報通信学会フットニックネットワーク研究会共催)。各受託者による講演、参加者を交えた全体討議(EλANの適用先や将来課題に関する議論)、および、ポスター発表と展示を行った。参加した産学官の光ネットワーク研究者53名と活発な議論を行い、盛況であった。



5. 今後の研究開発計画

- 【課題A-1】平成27年度に開発したPCS機能部を用いて、課題A-2の光送受信器と接続してOLT及びONUからなるシステム動作を評価する。OLT-ONU間でエラスティック光パラメータである波長、多値数、シンボルレート、サブキャリア数を変更してPHYフレームの送受が可能であることを実機にて検証する。
- 【課題A-2】本年度試作したプログラマブル光送受信器を用いて最終実証実験を実施し、システム動作検証を行う。本年度までに開発したデジタル信号処理回路を改良し、動作の安定化を図る。開発したプログラマブル光送受信器を収容する筐体設計および製造を行う。動作安定性向上および放熱設計の課題を抽出し、最終製品に向けたデータを取得する。
- 【課題A-3】エラスティック光アグリゲーションネットワークの実証実験を実施するため、エラスティック光スイッチと光増幅器等の光モジュールを導入した光ネットワークを構築する。そして、実証実験の光ネットワーク環境において、エラスティック光スイッチを通過したエラスティック光信号の伝送を検証する。
- 【課題A-4】課題A-4-2において開発を進めてきた光スイッチコントローラを用いて、エラスティック光リンクを構成変更するための経路・波長割当てアルゴリズム(運用指針や運用手法含む)などの各機能の有効性を、課題A-4-1の成果も活用し、総合的に検証する。他課題と連携して光リンクの構成変更を想定した検証を実施し、最終統合実証実験へ反映する。