

平成25年度「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)」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	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)
研究開発費	総額661百万円 (平成24年度:150百万円、平成25年度:140百万円、平成26年度:132百万円、平成27年度:124百万円、平成28年度:116百万円)

2. 研究開発の目標

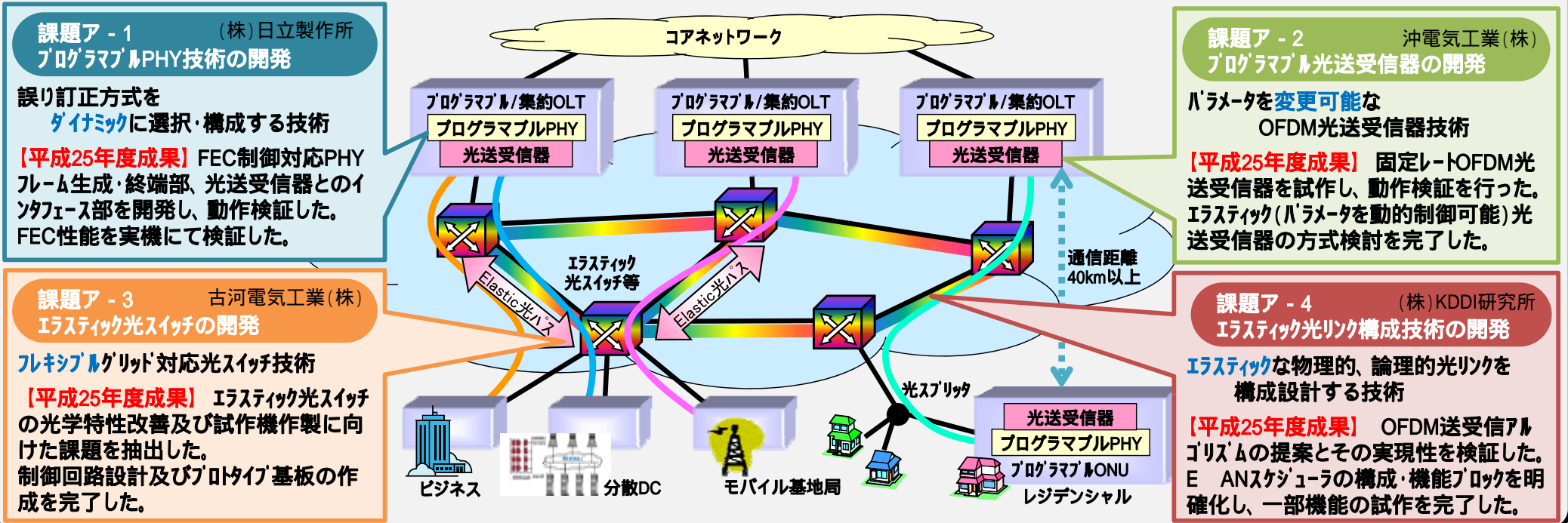
平成26年度末までに、プログラマブルPHY技術、プログラマブル光送受信技術、エラスティック光スイッチ技術、エラスティック光リンク構成技術の各基本技術を開発して、各部の連携動作を部分的に検証し、波長や伝送容量等が可変なエラスティック光信号の伝送の実現に向けた課題を抽出する。

平成28年度末までに、抽出した課題を解決する技術を開発し、試作したOLTやONU、エラスティック光スイッチを接続して、エラスティック光信号の伝送を検証し、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

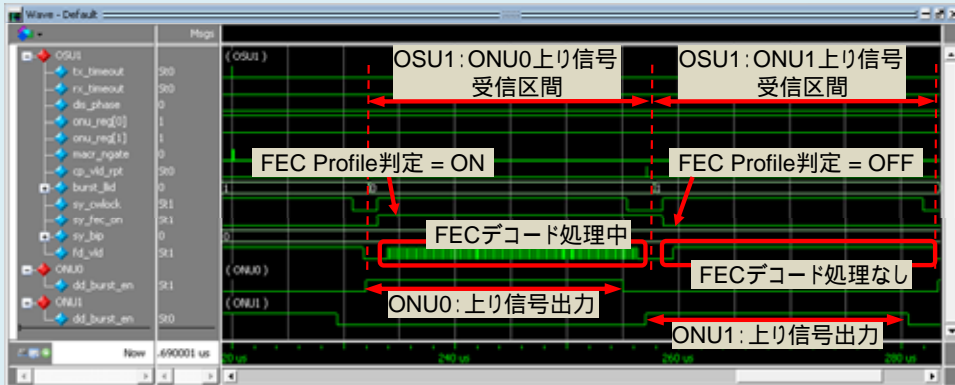
研究概要と平成25年度(当年度)成果

エラスティック(伸縮自在)な光パスおよび複数のサービスへの対応が可能な新たな光メトロ・アクセス統合ネットワークを実現する上でキーテクノロジーとなるエラスティック光リンク技術を、下記4つのサブ課題に分けて研究開発し、エラスティック光アグリゲーションネットワーク(E-AN)を世界に先駆けて実用化することを目指す。



■ **研究開発成果：FEC ON/OFF対応PHYフレーム生成・終端部の10Gbps動作を検証**

誤り訂正符号(FEC)のON/OFF制御に対応したPHYフレーム生成・終端部を開発し、ビットレート10GbpsでのFEC ON/OFF混在の信号を送受信可能であることを論理シミュレーションにより検証

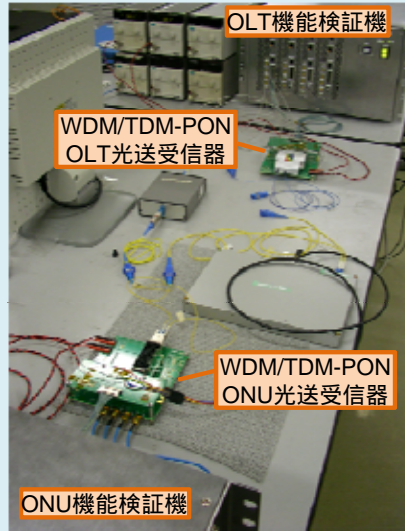


< FEC ON/OFF混在上り信号伝送時のPHY機能部の論理シミュレーション結果 >

■ **研究開発成果：波長可変WDM/TDM-PON光送受信器との相互接続動作を検証**

他社製WDM/TDM-PON光送受信器と日立製OLT/ONU機能検証機との接続動作を実機検証

- ビットレート10Gbpsの信号が送受信可能なことを検証
- 光送受信器インタフェース部から出力される制御信号により、光送受信器で4種の送受信波長設定の実機動作を検証



< WDM/TDM-PON光送受信器 - 機能検証機接続実験の様子 >

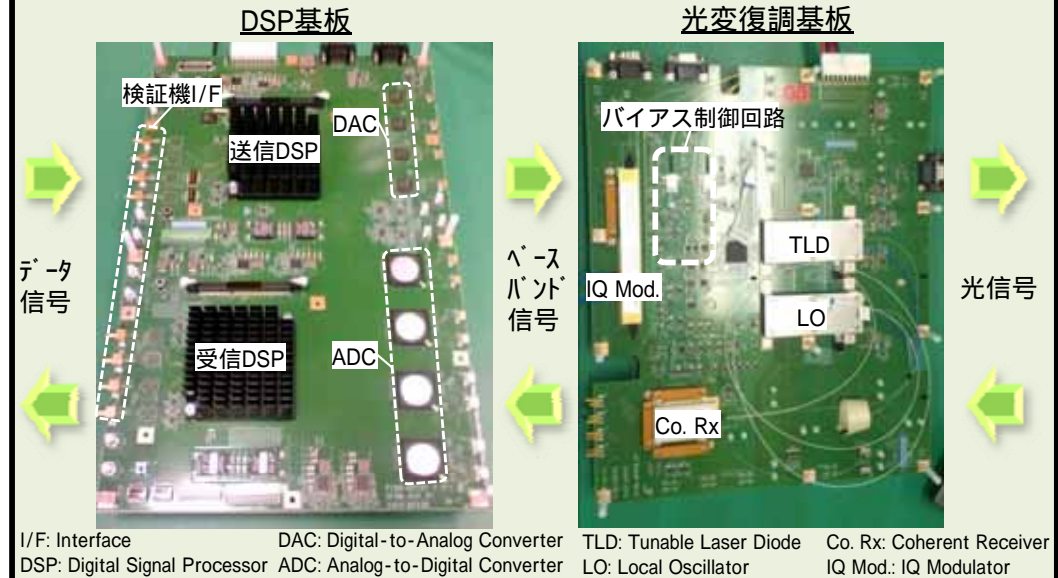
■ **研究開発成果：FEC性能を実機検証**

- PHY機能部のFECエンコーダ・デコーダの入出力動作を実機にて検証
- FECをONに設定した場合に、ビットレート10Gbpsの信号でのビット誤り率が 10^{-3} から 10^{-12} 以下に改善されることを検証

■ **研究開発成果：固定レートOFDM光送受信器を試作**

プログラマブル光送受信器開発のための基礎技術となる、光パラメータ固定のリアルタイムOFDM送受信器を試作

- ベースバンド信号処理を行うデジタル信号処理(DSP)基板と光信号の変復調を行う光変復調基板で構成
- ベースバンド処理を行うDSP回路設計およびハードウェア回路生成完了
- 伝送路の波長分散がOFDM信号に与える影響をオフライン実験で確認
- 変調器のバイアス制御回路の安定動作を確認



I/F: Interface DAC: Digital-to-Analog Converter TLD: Tunable Laser Diode Co. Rx: Coherent Receiver
 DSP: Digital Signal Processor ADC: Analog-to-Digital Converter LO: Local Oscillator IQ Mod.: IQ Modulator

< リアルタイムOFDM光送受信器 >

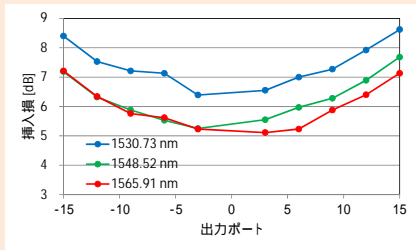
■ **研究開発成果：光パラメータの動的制御方式を決定**

光パラメータの一つである変調フォーマットを動的に変更可能な回路方式を検討

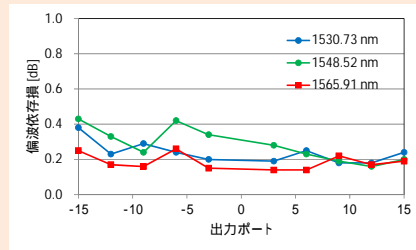
- 送信データをそれぞれ異なる変調フォーマットにマッピングする回路を並列に用意し、制御信号に従って出力を選択する方式を採用
- 回路構成が簡単かつ高速な切替動作が可能
- 計算機上で本回路を動作させ、変調フォーマットを変更できることを確認

■ 研究開発成果：30ポート出力エラスティック光スイッチの試作

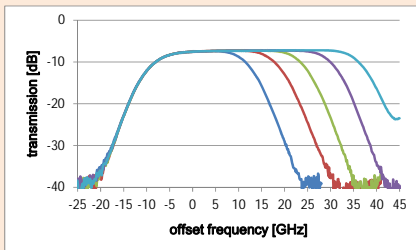
- 光学系と光スイッチの設定の検討をし、9 dB以下の挿入損と0.5 dB以下の偏波依存損を確認
- 設定分解能6.25 GHzの帯域割当を実現するため、2次元的な画素配列をもつ光スイッチへの描画方法を検討し、実験にて検証
- 光学部材を光学ベースへ実装し、実装に関する課題を抽出



< 挿入損 >



< 偏波依存損 >



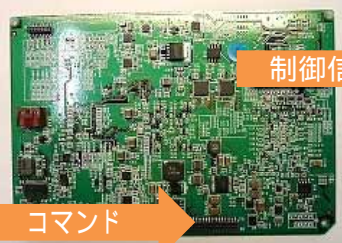
< 6.25 GHz間隔で帯域変更時のスペクトル >



< 筐体収納時の外観 >

■ 研究開発成果：エラスティック光スイッチのプロトタイプ基板作製

- インタフェース機能や動的な帯域可変機能を実現するためのハードウェアの回路設計を行い、エラスティック光スイッチのプロトタイプ基板を作製



上位基板

コマンド

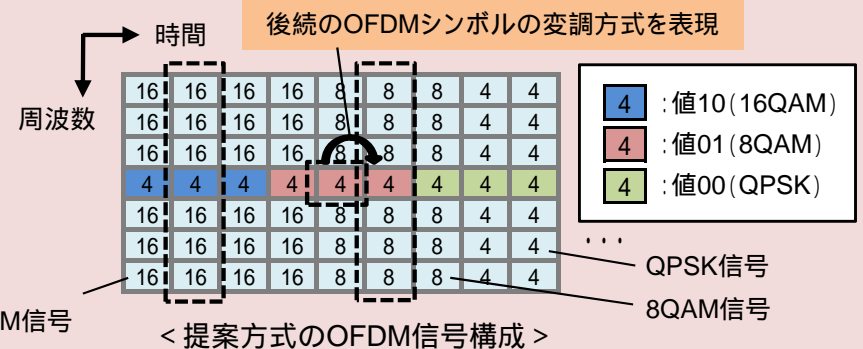
制御信号

光スイッチ

< プロトタイプ基板の外観 >

■ 研究開発成果：光OFDM信号のサブキャリア変調方式通知法を考案

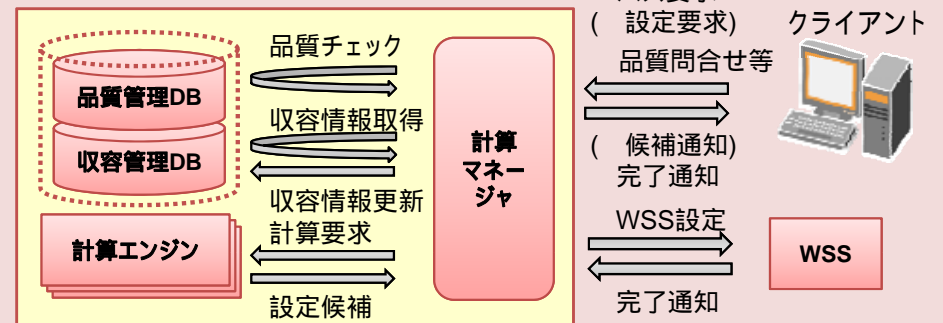
- 光OFDM信号の各種パラメータがエラスティックに変更される場合においても、適応的かつ正常に受信可能な光OFDM送受信アルゴリズムを考案
- 送信信号のサブキャリア変調方式の情報を受信器へ通知するための方法を考案し、計算機シミュレーションにより実証
- 平成24年度に考案した光OFDM信号のFFTサイズ推定技術について、電気信号を用いた簡易実験により実証



< 提案方式のOFDM信号構成 >

■ 研究開発成果：E-ANスケジューラを試作

- Optical Distribution Network (ODN) のプロビジョニングシステムとして E-ANスケジューラの構成を決定し、一部機能の試作を完了
- E-ANスケジューラは、計算マネージャ・収容管理データベース(DB)・品質管理DB・計算エンジンにより構成
- 品質管理DBは光OFDMリンクシミュレータを用いて作成
- エラスティック光スイッチを制御するためのコマンド仕様を決定



< E-ANスケジューラのアーキテクチャ >

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
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)	13 (7)	3 (1)	0 (0)	18 (14)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

5. 研究成果発表会等の開催について

(1) 電子情報通信学会 通信方式研究会(CS、1月)/光通信システム研究会(OCS、1月)/フォトニックネットワーク研究会(PN、3月)・発表

- ・マルチサービス効率収容を実現するプログラマブル性を備えたWDM/TDM-PONシステムの提案 (CS、株式会社日立製作所)
- ・波長分散歪みの影響を回避するCO-OFDMサブキャリア割当方法 (OCS、沖電気工業株式会社)
- ・帯域可変型1x30波長選択スイッチの開発 (PN、古河電気工業株式会社)
- ・エラスティック光OFDM受信方式とシステムアーキテクチャに関する一検討 (PN、株式会社KDDI研究所)
- ・エラスティック光アグリゲーションネットワークのプロビジョニングシステムアーキテクチャの一検討 (PN、株式会社KDDI研究所)

(2) 電子情報通信学会 2014年総合大会(2014年3月)・発表

- ・エラスティック光アグリゲーションネットワークのための光OFDM信号のサブキャリア変調方式通知方法に関する一検討 (株式会社KDDI研究所)
- ・広帯域バイアス制御回路による光OFDM信号の安定化 (沖電気工業株式会社)
- ・帯域可変型Twin 1x20波長選択スイッチの挿入損と帯域の評価 (古河電気工業株式会社)
- ・FEC ON/OFF混在光アクセス向けONU起動時FEC適用制御方法 (株式会社日立製作所)

6. 今後の研究開発計画

各課題において基本動作を検証した機能を部分的に接続し、中間年度(平成26年度)の実証実験として、連携動作を検証する。

【課題A-1】次年度は課題イと連携して、伝送品質や距離などに基づいて自動的にFEC ON/OFFを判定し、PHY機能部のFEC ON/OFFを動的に設定し、ONU-OLT間でフレーム送受信を実現する。また、最終年度に向けて、OFDM用のPHYフレームフォーマット及びそのフレームを送受信可能なPHYフレーム生成・終端部の機能仕様を策定する。

【課題A-2】本年度の試作を通じて得た知見をもとに、光パラメータ可変の連続OFDM信号を送受信できる光送受信器の試作を行う。本年度に試作した光送受信器とエラスティック光スイッチとの接続検証を行う。シンボルレートを動的に変更可能な回路方式の検討を行い、来年度以降の試作機設計へ反映させる。

【課題A-3】エラスティック光スイッチの挿入損とスペクトルの更なる改善と、0.5 s以下のスイッチの動作確認を検討する。また、実証実験にむけて、課題A-2の光送受信機と接続し、信号特性を評価をする。さらに動的帯域可変制御のインタフェース機能を制御回路に実装し、課題A-4のエラスティック光アグリゲーションネットワークスケジューラとのコマンドの連携動作の検証を行う。

【課題A-4】模擬光テストベッド(ODNを含む)を構築して、本年度までに提案した光OFDM送受信アルゴリズムの実現性を確認するとともに、光スイッチを複数経由する場合やパスが複数存在する場合の課題を抽出する。また、本年度に開発したE-ANスケジューラについて経路探索アルゴリズム及び光スイッチなど外部との接続インタフェースの拡張を行う。