

平成26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 (課題ア: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・研究開発予算

- ◆ 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

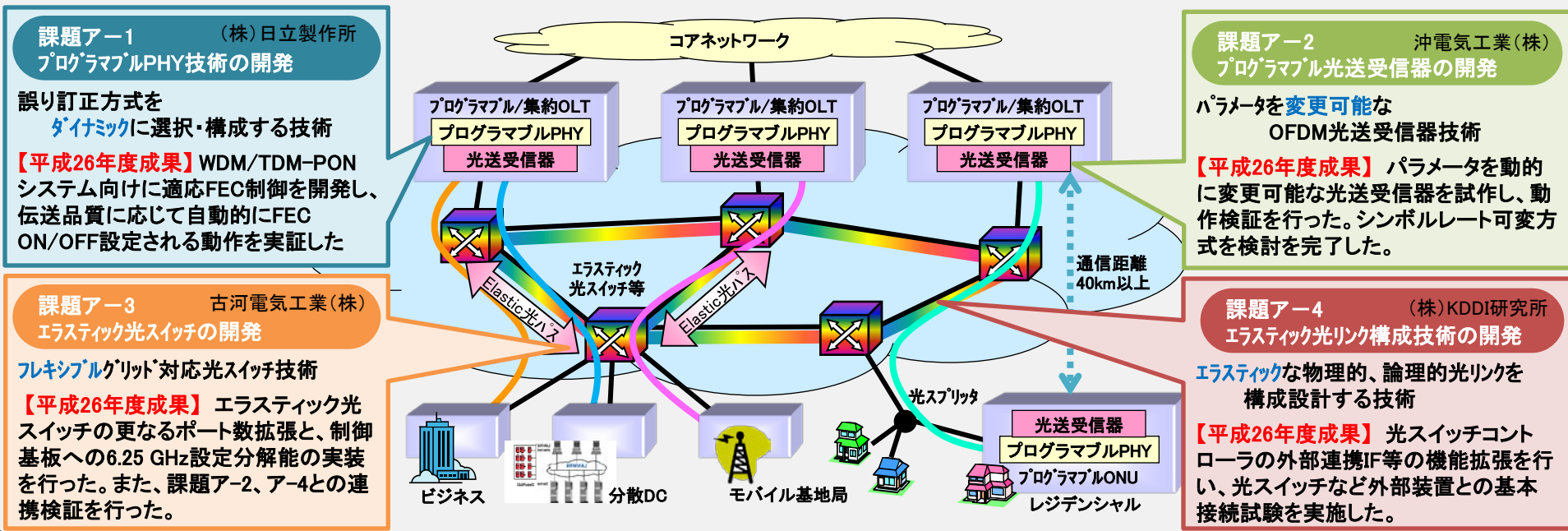
平成26年度末までに、プログラマブルPHY技術、プログラマブル光送受信技術、エラスティック光スイッチ技術、エラスティック光リンク構成技術の各基本技術を開発して、各部の連携動作を部分的に検証し、波長や伝送容量等が可変なエラスティック光信号の伝送の実現に向けた課題を抽出する。

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

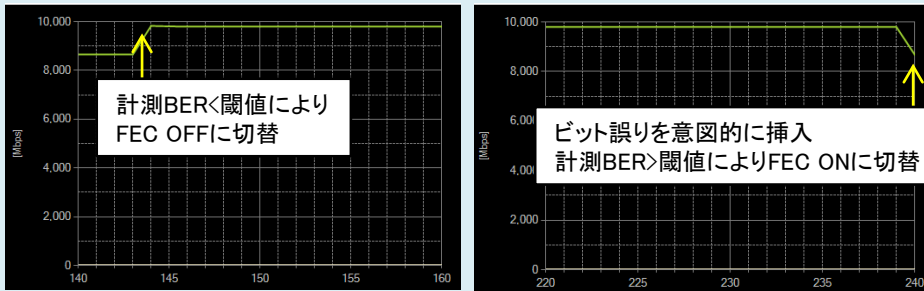
研究概要と平成26年度(当年度)成果

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(EλAN)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：伝送品質に基づく自動FEC ON/OFF設定動作を実証

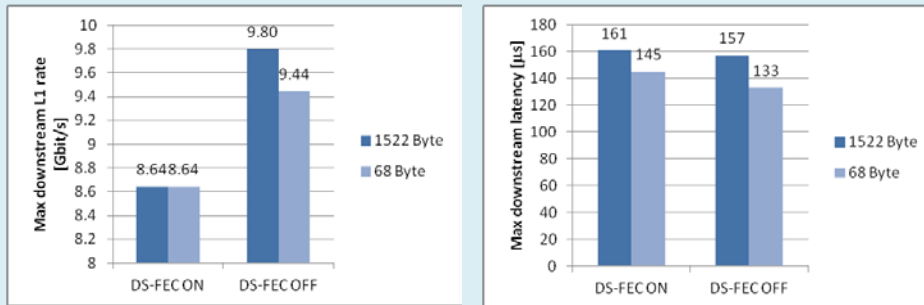
- 伝送品質に基づいてFEC ON/OFFを判定し、FEC ON/OFF切替を実行する適応FEC制御部を開発
- WDM/TDM-PON向けのOLT/ONU機能検証機に適応FEC制御部を実装し、自動的なFEC ON/OFF切替動作を実証



<FEC ON/OFF切替発生時の下り通信レートの推移>

■ 研究開発成果：FEC ON⇒OFFへの変更により13%レート向上を実証

- FEC ON動作時及びFEC OFF動作時の通信レート及びレイテンシをWDM/TDM-PON向け機能検証機で評価
- FEC ON⇒OFFにより通信レート13%、レイテンシ数 $\mu s \sim 10 \mu s$ 向上を確認



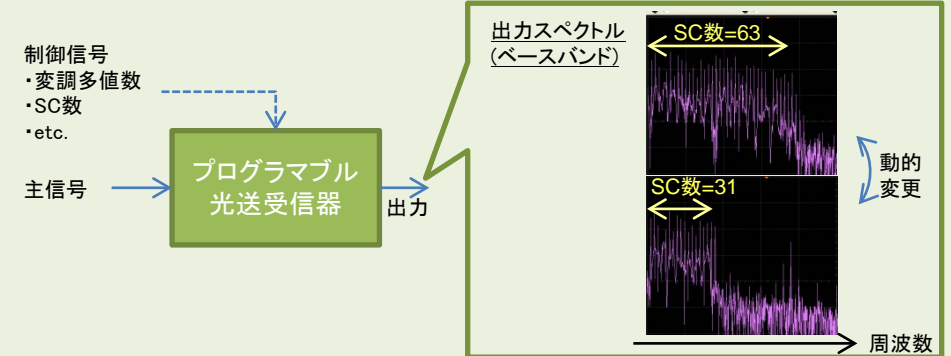
<FEC ON/OFF動作時の通信レート及びレイテンシの評価結果>

■ 研究開発成果：EλAN向けPHYフレーム生成終端部の機能仕様を策定

- OFDM-PON方式に対応した光送受信器とPCS機能部間のインタフェース及びPCS機能部の仕様を策定
- サブキャリアのグループ単位に、多値数やシンボルレート等の変更可能な送受信方法を策定

■ 研究開発成果：光信号パラメータ動的変光送受信器を試作

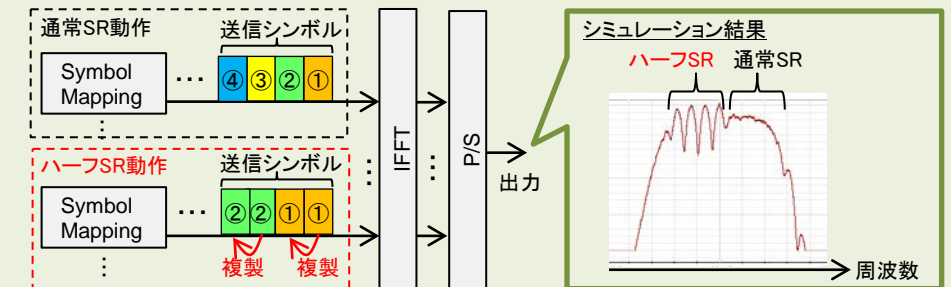
- 光OFDM信号の変調多値数およびサブキャリア(SC)数を動的に変更可能な送受信器を試作。
- 各変調フォーマット(QPSK,16QAM)に対応したマッピング・デマッピング回路を並列に用意し、制御信号に従って回路を選択する方式を実装
- 高周波側SCの使用・未使用を制御信号に従って選択する方式を実装



<SC数動的変更の確認実験>

■ 研究開発成果：シンボルレートの動的制御方式を検討

シンボルレート(SR)を動的に変更可能な回路方式を検討。同一シンボルを複数送信することでSRを下げる方式を検討し、シミュレーションで原理確認。



<シンボルレート動的制御方式>

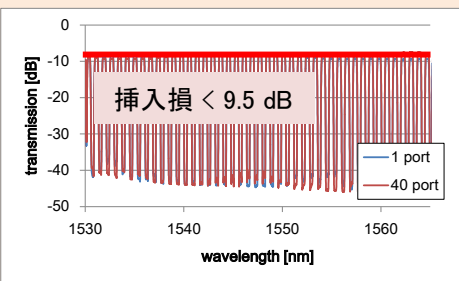
■ 研究開発成果：エラスティック光スイッチとの接続検証を実施

光送受信器間に課題アー3で開発したエラスティック光スイッチと40km伝送ファイバを挿入した伝送実験を実施。大きな信号劣化がないことを確認。

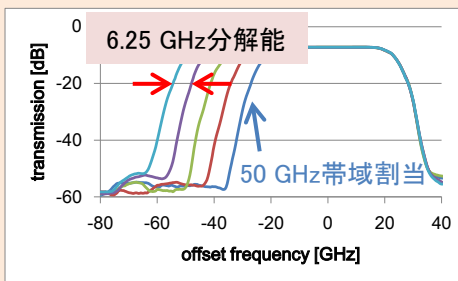
■ 研究開発成果：40ポート出力エラスティック光スイッチの開発

エラスティック光スイッチの基本的な特性である出力ポート数の向上の開発と、6.25 GHz設定分解能の帯域可変機能の開発をし、それらの開発成果を試作機に実装して検証

- 出力ポート数を30(昨年度成果)から40へ拡張し、9.5 dB以下の挿入損を実現。
- 50 GHz-grid帯域割當時の0.5 dB帯域が平均36.8 GHzと、広帯域な透過スペクトルを実現。
- H25年度に方式検証した6.25 GHz設定分解能の帯域可変機能を制御基板に実装し、試作機にて検証。
- 0.5 s以下の切り替え時間の原理確認。〈エラスティック光スイッチの外観〉



〈エラスティック光スイッチの透過率〉



〈6.25 GHz設定分解能のスペクトル〉

■ 研究開発成果：実証実験に向けて他課題との連携実験

最終年度に予定している実証実験に向けて、課題アー2、アー4との連携実験を進めた。

- 課題アー2との連携：課題アー2のプログラマブル光送信器と光受信器の間にエラスティック光スイッチを挿入し、透過帯域が平坦な領域では伝送特性に影響がないことを確認。
- 課題アー4との連携：課題アー4とのコマンド仕様に従い、ポート切替および帯域可変用のコマンドを制御基板に実装。課題アー4の光スイッチコントローラと接続検証を行い、正常動作を確認。

■ 研究開発成果：FFTサイズ推定方式の検証実験

簡易光OFDM伝送テストベッドを構築し、H24年度に考案したFFTサイズ推定方式の検証実験を実施した。送信信号のFFTサイズ(サブキャリア数)が変更されても適応的に受信可能であることを、光信号を用いて確認した。



〈光OFDM伝送テストベッド(送信器)〉

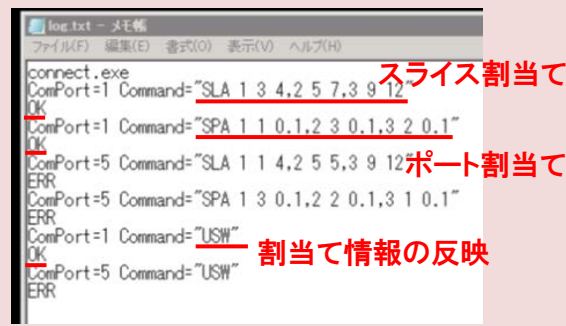
■ 研究開発成果：EλANスケジューラの機能拡張・接続試験

Optical Distribution Network (ODN) のプロビジョニングシステムである光スイッチコントローラ(開発名：EλANスケジューラ)のアルゴリズム・インタフェース拡張を行うと共に、外部との接続試験を実施し以下を確認した。

- ODN内部で冗長経路を設計する機能、及び障害時切換え機能の拡張実装
- 様々な光スイッチを制御可能にするインタフェースの拡張実装
- 課題アー3のエラスティック光スイッチ(制御基板)とのコマンド応答試験を実施し、共通仕様の妥当性と接続性を確認
- 課題イー4-1のリソースコントローラとの接続試験を実施し、共通仕様の妥当性と接続性を確認



〈課題イー4-1 リソースコントローラとの接続デモ〉



〈課題アー3 エラスティック光スイッチとのコマンド応答〉

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	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)	21 (8)	4 (1)	0 (0)	34 (16)	0 (0)	2 (2)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 中間実証目標であるWDM/TDM方式におけるアグリゲーション機能、プログラマブル機能を実現

WDM/TDM-PONシステムにおいて、特定波長・通常ルート(距離10km)・FEC OFF設定で通信時に障害発生した際に、別波長・迂回ルート(距離40km)・FEC ON設定で通信復旧することを、課題アで開発したFEC ON/OFF切替機能と、課題イで開発した波長切替機能とを組み合わせた実験により実証した。

(2) エラスティック光スイッチ、光スイッチコントローラ、リソースコントローラ間での接続検証を実施

課題ア-3(エラスティック光スイッチ)、課題ア-4(光スイッチコントローラ)、課題イ-4-1(リソースコントローラ)の各システム間の相互接続に関して、慶應テクノモール(2014年12月)にて、「自動で再構成する次世代アクセスネットワーク - エラスティック光アグリゲーションネットワーク -」として、デモ展示した。

(3) プログラマブル光送受信器とエラスティック光スイッチを組み合わせた接続検証を実施

最終年度に予定している実証実験に向けて、課題ア-2のプログラマブル光送受信器と課題ア-3のエラスティック光スイッチを組み合わせた接続検証を行った。その結果、エラスティック光スイッチの挿入による大きな伝送特性の劣化が無いことを確認した。また、エラスティック光スイッチのスペクトル形状による伝送特性の劣化具合を把握した。これらの成果は2015年3月の電子情報通信学会総合大会で報告した。

5. 今後の研究開発計画

- 【課題ア-1】平成26年度に策定したPCS層の機能仕様に基づき、OFDM-PON方式に対応可能なようにPCS機能部を拡張する。拡張したPCS機能部を論理回路に実装し、課題ア-2で開発したプログラマブル光送受信器と接続した相互接続実験を行い、課題抽出及び仕様のすりあわせを実施する。
- 【課題ア-2】本年度の試作を通じて得られた知見をもとに、すべての光パラメータを制御可能な光OFDM光送受信器の試作を行う。上り通信方式としてバーストOFDM信号の送受信を実験的に検討し、その可否判断を行う。検証機と光送受信器間のインタフェース回路の具体設計を進め、試作した光送受信器に実装する。
- 【課題ア-3】エラスティック光スイッチの制御基板の設定パラメータを決めるための測定方法と計算方法について検討する。そして、最終年度に予定している連携実験に向けてエラスティック光スイッチの試作機を4台作製する。また、エラスティック光スイッチの更なる多ポート化に向けて、光学構成の検討と実験による検証を行う。
- 【課題ア-4】光スイッチコントローラ(EλANSケジューラ)について、経路探索アルゴリズム及び外部インタフェース等のさらなる機能拡張を行い、開発を完了する。また、他の課題と連携をとりながらODNテストベッドを構築し、光OFDM信号を用いたエラスティックな光リンクの構成設計技術に関する統合検証を実施する。