

## 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 : 課題イ エラスティック光メディアアクセス技術
- ◆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メディアアクセス技術
- ◆実施機関 : 日本電信電話株式会社(代表研究者)、沖電気工業株式会社、株式会社日立製作所、学校法人慶應義塾
- ◆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529百万円(平成26年度106百万円) ※百万円未満切り上げ

## 2. 研究開発の目標

平成28年度末までにプログラマブルOLTおよびプログラマブルONU装置の試作機を作製し、複数のサービス・QoSの収容および切り換えを実証する。

## 【課題イ:エラスティック光メディアアクセス技術】の研究開発課題と担当

## 課題イ-1 距離・リンク数スケールフリーアグリゲーション技術の開発

課題イ-1-1:OLT内動的帯域割当機能の高度化(日本電信電話(株))

課題イ-1-2:エラスティック光信号パラメータ制御方式の検討  
(沖電気工業(株))

課題イ-1-3:エラスティック光メディアアクセス統合リソース  
制御技術の開発((株)日立製作所)

課題イ-1-4:OLT間動的帯域割当機能の検討(慶應義塾)

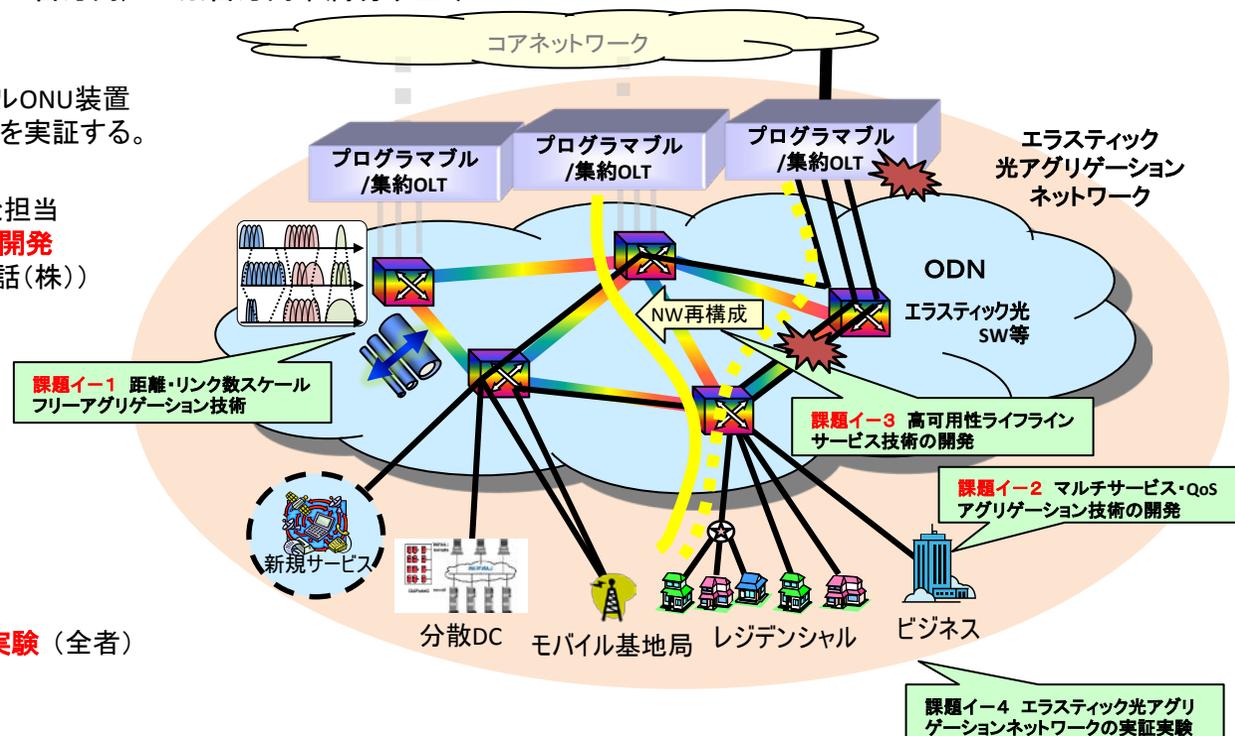
## 課題イ-2 マルチサービス・QoSアグリゲーション技術の開発

課題イ-2-1:マルチサービス制御方式の検討、および実装  
(株)日立製作所

## 課題イ-3 高可用性ライフラインサービス技術の開発

課題イ-3-1:高可用性アグリゲーション網の構築(慶應義塾)

## 課題イ-4 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(全者)



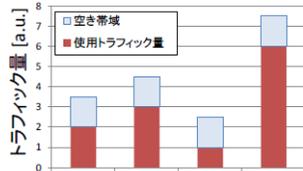
## 3. 研究開発の成果

- 【イ-1-1】異なる変調度とシンボルレートに設定された複数ユーザ間に等しい割当帯域を提供する動的帯域割当アルゴリズムを提案し、実装仕様を確定した。
- 【イ-1-2】従来のパラメータ制御アルゴリズムを拡張し、ネットワーク輻輳時においてもユーザ間の公平性を損なうことなく帯域を割り当てることが可能にした。
- 【イ-1-3】通信断なくサブキャリア数を変更する切替技術を開発し、論理シミュレーションにより動作検証した。
- 【イ-1-4】L-OLTマイグレーション実行時のサービス停止時間を理論値10msまで削減可能であることを確認した。P-OLT間の物理的距離から停止時間を推定する式を検証実験により導出した。
- 【イ-2-1】容量可変な光ネットワーク向けに多値数・シンボルレート・サブキャリア数と連携したトラフィック制御技術を開発し、論理シミュレーションにより動作検証した。
- 【イ-3-1】TDMAによる高優先サービス救済方式について具体的な動作シナリオを策定した。本シナリオをプロトタイプシステムに実装し、動作確認試験を実施した。
- 【イ-4】平成28年度に実施予定(検証実験構成や検証項目などの一部の事前検討についてはH27年度に実施した)

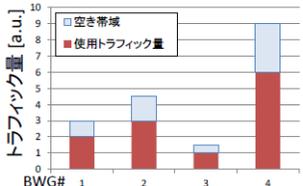
### イ-1-1 OLT内動的帯域割当機能の高度化

研究開発成果: 動的帯域割当アルゴリズムの提案と実装仕様の確定

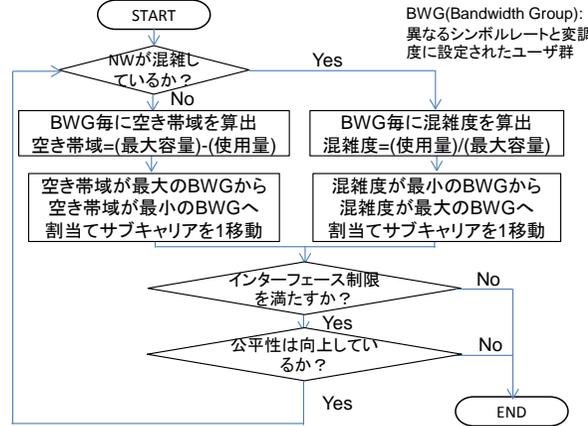
- NWの混雑度に応じて、空き帯域制御と混雑度制御の2方式を切替える動的帯域割当アルゴリズムを提案し、実装仕様を確定した
- アルゴリズムに使用するパラメータ一覧とパラメータ設定範囲を確定した



(a) 空き帯域制御



(b) 混雑度制御  
帯域割当イメージ



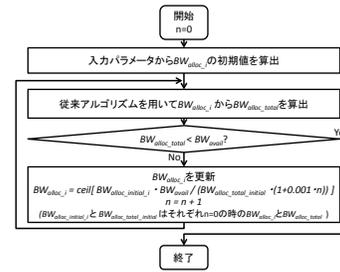
動的帯域割当アルゴリズムのフローチャート概要

### イ-1-2 エラスティック光信号パラメータ制御方式の検討

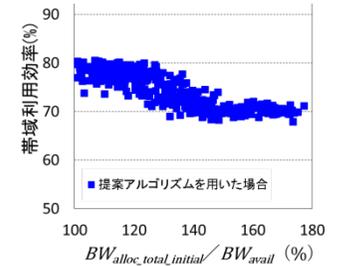
研究開発成果: NW輻輳時でも公平なパラメータ制御方式を策定

従来のパラメータ制御アルゴリズムを拡張し、ネットワーク輻輳時においてもユーザ間の公平性を損なうことなく帯域を割り当てることを可能にした。

- 従来アルゴリズムを用いて全ONUを収容するのに必要な帯域を算出。輻輳を検出した場合は、各ONUの割当帯域を徐々に減少させ、利用可能帯域幅に収まったところで終了
- 初期条件を変更したすべての試行でアルゴリズムが収束することを確認。平均74%の帯域利用効率を得られることを計算で確認



NW輻輳に対応したアルゴリズム

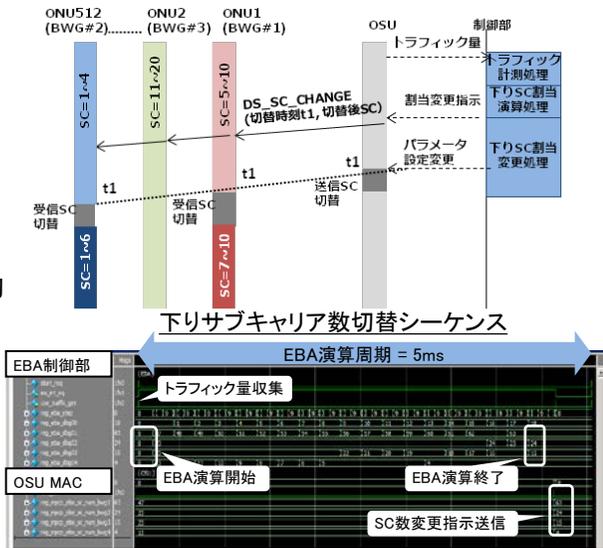


帯域利用効率計算結果

### イ-1-3 エラスティック光メディアアクセス統合リソース制御技術の開発

研究開発成果: 通信断なくサブキャリア数を変更する切替技術を開発

- 通信断なく動的にサブキャリア数を変更するシグナリング方式を提案
- 課題イ-1-1の動的サブキャリア数割当アルゴリズムや課題イ-2-1のMAC機能部と連携した動作をシミュレーションにより検証。約10 ms以内に割当演算が完了することを確認



動的サブキャリア数割当動作時の論理シミュレーション例

EBA: Elastic Bandwidth Allocation

### イ-1-4 OLT間動的帯域割り当て機能の検討

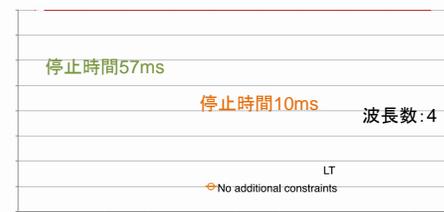
研究開発成果: L-OLTマイグレーションにおけるサービス停止時間の評価

OLT間動的帯域割り当てにおいて発生するL-OLTマイグレーションについて、実行時のサービス停止時間を理論と検証実験の双方から評価した。

- 理論値: P-OLT 8台の環境下で、P-OLTスリープ率の劣化なしで57ms、P-OLT 2台分のスリープ率劣化を許容で10msまで停止時間を短縮可能。
- 実験による推定: P-OLT間距離がX[km]の場合、下記の通り推定可能。

$$t = \alpha \times X + t_{init} \quad \alpha = 0.0014[s/km]$$

$t_{init}$ : Distance-independent device configuration time

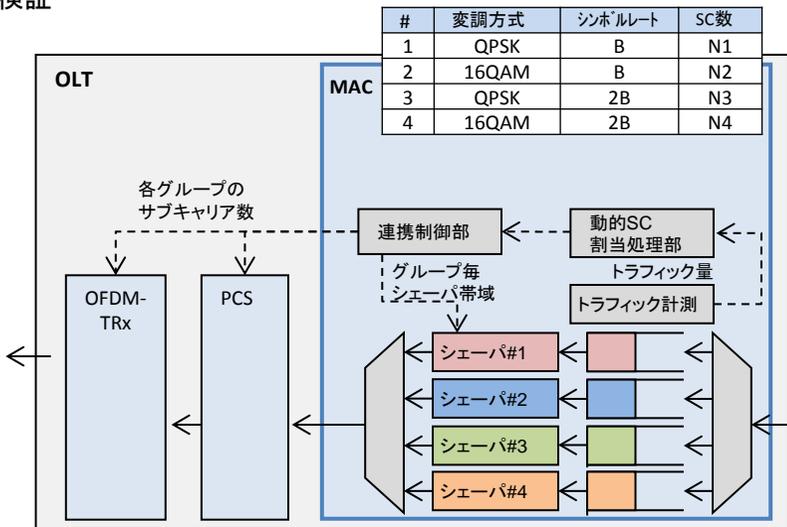


マイグレーション手順によるP-OLTスリープ率比較 P-OLT間距離による停止時間(実測)

### イ-2-1 マルチサービス制御方式の検討、および実装

研究開発成果：多値数・シンボルレート・サブキャリア数設定と連携したトラフィック制御技術を開発

- 多値数, シンボルレート, サブキャリア数 (SC数) 設定とグループ毎のシェーパ帯域の整合をとって制御する連携制御部を開発
- 課題ア-1PCS機能部, 課題イ-1-3制御部との連携動作をシミュレーションで検証

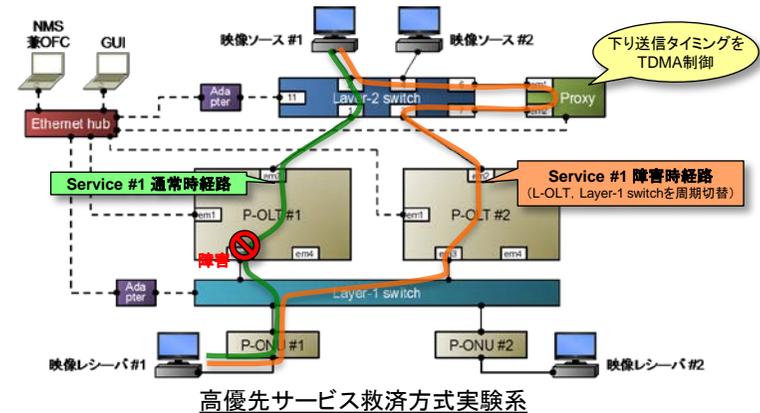


### イ-3-1 高可用性ライフラインサービス技術の開発

研究開発成果：高優先サービス救済方式のシナリオ策定および動作確認試験

昨年度に仕様設計を行ったTDMAによる高優先サービス救済方式について、具体的な動作シナリオを策定した。プロトタイプシステムの各機器を本シナリオに対応するようにチューニングし、動作確認試験を行った。

- 障害検知からTDMA救済モードへの移行、および障害復旧後の通常モードへの移行を含む一連の動作を、プロトタイプシステムを用いて確認した。



#### 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	24 (4)	2 (0)	6 (3)	68 (19)	8 (5)	21 (7)	3 (0)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

##### (1)「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(超高速フォ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ォ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。



##### (2)通信技術に関する国際的な展示会に継続的に出展して、研究開発成果を発表している。

今年度は、下記展示会等で、研究成果を動態デモンストレーション発表した(慶應義塾大学)。

- ・国際会議iPOP(2015年4月20-22日@那覇市)
- ・国際会議SDN/MPLS(2015年11月15-18日@ワシントンDC)
- ・KEIO TECHNO-MALL(2015年12月4日@都内)

#### 5. 今後の研究開発計画

- 課題イー-1: OFDM-PONシステムにおいて、動的帯域割り当てアルゴリズムの動作確認を行い、入力トラフィックを変更させて、BWG間での割当帯域の平準化効果について評価する。
- 課題イー-2: 容量可変な光アグリゲーションネットワークに対応したトラフィック制御技術により、複数のサービスを効率よく収容できることをOFDM-PONシステムで実証する
- 課題イー-3: 光アドホックネットワークにおいて光伝送特性を考慮した詳細な評価を行うとともに、課題イ-4-3、イ-4-5と連携し動作検証を実施する。
- 課題イー-4: 課題160アと連携した最終統合実証実験を行い、エラスティック光アグリゲーションネットワークを実現する。