

(27-1)

平成 27 年度研究開発成果概要書

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
採択番号：160イ
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

(1) 研究開発の目的

本研究では、エラスティック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アクセス・メトロ統合ネットワークの光メディアアクセス制御を実現する上でキーテクノロジーとなる、距離・リンク数スケールフリーアグリゲーション技術、マルチサービス・QoSアグリゲーション技術、高可用性ライフラインサービス技術の研究開発を推進し、エラスティック光アグリゲーションネットワークを世界に先駆けて実用化することを目的とする。

(2) 研究開発期間

平成 24 年度から平成 28 年度（5 年間）

(3) 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、
学校法人慶應義塾大学（実施責任者 教授 山中直明）

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 529 百万円（平成 27 年度 99 百万円）
※百万円未満切り上げ

(5) 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内動的帯域割り当て機能の高度化
（日本電信電話株式会社）
 - 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
（沖電気工業株式会社）
 - 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
（株式会社日立製作所）
 - 課題イ-1-4…OLT間動的帯域割り当て機能の検討
（慶應義塾大学）
- 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
（株式会社日立製作所）
 - 課題イ-2-2…マルチサービス収容アーキテクチャの検討
（慶應義塾大学）
- 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…高可用アグリゲーション網の構築
（慶應義塾大学）
- 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
 - 課題イ-4-1…OLT内動的帯域割り当て機能の実証実験
（日本電信電話株式会社）

(27-1)

- 課題イ-4-2…エラスティック光信号パラメータ制御方式の実証実験
(沖電気工業株式会社)
- 課題イ-4-3…OLT間動的帯域割り当て機能の実証実験
(慶應義塾大学)
- 課題イ-4-4…マルチサービス制御方式の実証実験
(株式会社日立製作所)
- 課題イ-4-5…高可用アグリゲーション網の実証実験
(慶應義塾大学)

(6) これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

		累計(件)	当該年度(件)
特許出願	国内出願	24	4
	外国出願	2	0
外部発表	研究論文	6	3
	その他研究発表	68	19
	プレスリリース・報道	8	5
	展示会	21	7
	標準化提案	3	0

(7) 具

体的な実施内容と成果

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

目標：異なる光リンク方式(ポイントツーマルチポイントとポイントツーポイント)が混在するネットワークにおいて求められる多リンク動的帯域制御技術の各要素技術の開発を行う。また、OLT/ONUの省電力化、多様なサービスへの対応、伝送距離の可変化を実現するために、エラスティックに光電気多重化レベルを変更する各要素技術の確立を行う。

課題イ-1-1 OLT内動的帯域割り当て機能の高度化(日本電信電話株式会社)

実施内容：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。また、アルゴリズムに使用するパラメータ一覧を確定した。

成果：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、フローチャート化した。また、アルゴリズムに使用するパラメータ一覧を作成し、パラメータ設定範囲を確定した。更に、フローチャートとパラメータは、実装予定のFPGAのメモリ等を鑑みて、実機実装可能であることを確認した。

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(沖電気工業株式会社)

実施内容：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。

成果：上記アルゴリズムを適用することで、平均74%の帯域利用効率を得られることを計算で確認した。輻輳時のユーザ間割当帯域公平性を担保する方策を明確化した。

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

(株式会社日立製作所)

実施内容：サブキャリアグループ毎に、2種以上の多値数や2種以上のシンボルレートを動的制御可能なOFDM-PON対応拡張パラメータ制御部を開発し、論理シミュレーションにより評価した。また、光送受信器、PCS機能部、MAC機能部との相互接続動作を実機で評価し、連携した動作が可能であることを確認した。

成果：OFDM-PON向けのパラメータ制御部を開発し、2種以上の多値数や2種以上のシンボ

(27-1)

ルレートに基づいた帯域制御が可能であること、通信断なく多値数やシンボルレート、サブキャリア数を切替可能であることを論理シミュレーションにより検証した。また、約 10 ms以内での動的サブキャリア割当動作が可能であることを示した。

課題イ-1-4 OLT間動的帯域割り当て機能の検討（慶應義塾大学）

実施内容：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規定値以内に抑制しながら、P-OLTのスリープ率の最大化を目的とするトラヒックおよび光パス経路割り当て問題を検討し、ILPを用いた定式化を行った。さらに、物理的に離れた複数拠点のP-OLTをJGN-X網を介して接続し、L-OLTマイグレーションに要する時間の距離依存性を検証する実験を行った。

成果：P-OLT 8 台/P-ONU 2048 台のネットワーク環境において、ペナルティなしで理論値 57ms、P-OLT 2 台分のスリープ率劣化で理論値 10msのサービス停止時間となることを示した。また検証実験の結果より、L-OLTマイグレーションを行うP-OLT間の物理的距離からサービス停止時間を推定する式を導出した。

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

目標：光パス当たりの容量可変に対応可能なようにトラフィック制御機能を拡張し、異なるレートのトラフィックをプログラマブルに収容できるアグリゲーション技術の要素技術を完成させる。

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

実施内容：サブキャリアグループ毎に、2 種以上の多値数や2 種以上のシンボルレートを動的に変更可能なOFDM-PON対応MAC機能部を開発し、論理シミュレーションにより評価した。また、開発したMAC機能部と、他の機能部である光送受信器、PCS機能部、パラメータ制御部との接続動作を評価する相互接続評価実験を実施し、連携動作が可能であることを確認した。

成果：OFDM-PON向けMAC機能部を開発し、2 種以上の多値数や2 種以上のシンボルレート、各グループのサブキャリア数に基づいて、各サブキャリアグループの送信レートを動的に変更して通信可能であることを論理シミュレーションにより検証した。

課題イ-2-2 マルチサービス収容アーキテクチャの検討（慶應義塾大学）

平成25年度で完了済。

課題イ-3 高可用性ライフラインサービス技術の開発

目標：高可用ライフラインサービスの実現性検証を目的として、平成 26年度に作成したPC上での高可用ライフラインサービスエミュレータ拡張し、512/1024 ONUに対する救済モードの実証方式を確立する。

課題イ-3-1 高可用アグリゲーション網の構築（慶應義塾大学）

実施内容：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。

成果：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。

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

目標：平成 28 年度に実施予定の最終実証実験にむけて、各小課題の実証実験項目の検討を行う。

(27-1)

課題イ-4-1 OLT内動的帯域割当機能の実証実験（NTT）

実施内容：課題ア-1～ア-4-2と課題イ-1-1～イ-4-5の開発成果を統合し、エラスティック光アグリゲーションネットワークを模擬する最終実証実験構成の検討を進めた。

成果：故障発生時における冗長システムへの切替動作検証を行うことで、エラスティック光アグリゲーションネットワークのフェージビリティを確認する検証構成を明確化した。

課題イ-4-2 エラスティック光信号パラメータ制御方式の実証実験（沖電気工業株式会社）

実施内容：課題イ-1-2に関する、最終実証実験の実験項目の検討を進めた。

成果：実証実験で使用する光信号パラメータ制御アルゴリズムを実装可能な形式にコーディングした。またアルゴリズムの入力パラメータと出力パラメータの対応関係を一覧表にまとめた。

課題イ-4-4 マルチサービス制御方式の実証実験（株式会社日立製作所）

実施内容：平成28年度に実施する、課題イ-1-3の統合リソース制御部、課題イ-2-1のMAC機能部、課題アのプログラマブルPHYおよびプログラマブル光送受信器と接続した動作を実機にて検証するための、実証実験項目を検討した。課題イ-2-1で開発したレート可変で複数のサービスを収容するトラフィック制御の動作を検証する実験系の構成、評価条件、評価指標を検討した。

成果：課題イ-1-3の統合リソース制御部、課題イ-2-1のMAC機能部、課題アのプログラマブルPHYおよびプログラマブル光送受信器と接続して、レート可変で複数のサービスを収容する動作を実証するため実験項目の策定を完了した。