

平成24年度研究開発成果概要書

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（160イ）

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

(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) 委託先

日本電信電話株式会社<幹事者>、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

(4) 研究開発予算（百万円）

平成24年度	120（契約金額）
平成25年度	112（ 〃 ）
平成26年度	105（ 〃 ）
平成27年度	99（ 〃 ）
平成28年度	93（ 〃 ）

(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

（学校法人慶應義塾）

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
(学校法人慶應義塾)

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
(学校法人慶應義塾)

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

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)

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
(学校法人慶應義塾)

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
(学校法人慶應義塾)

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 17 件	(当該年度) 17 件
特許出願	国内出願	5	5
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	1	1
	その他研究発表	7	7
	プレスリリース	0	0
	展示会	4	4
	標準化提案	0	0

具体的な成果

(1) 多様なサービスやネットワーク構成を実現する伸縮自在光メトロ・アクセス融合型アグリゲーションネットワーク技術の提案内容について、研究会での特別招待講演の実施、論文採録 (Cyber Journal) 及び各種展示会での報告を実施。

(2) 各課題における技術検討内容について、国内学会一般講演及び国内特許出願を実施。

(7) 研究開発イメージ図 (別添参照)

平成24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」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 日本電信電話株式会社(幹事者)、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528百万円(平成24年度120百万円)

2. 研究開発の目標

平成26年度末までにアグリゲーション技術について先行して課題毎に動作検証を行い、その有効性を確認する。また、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技術 (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

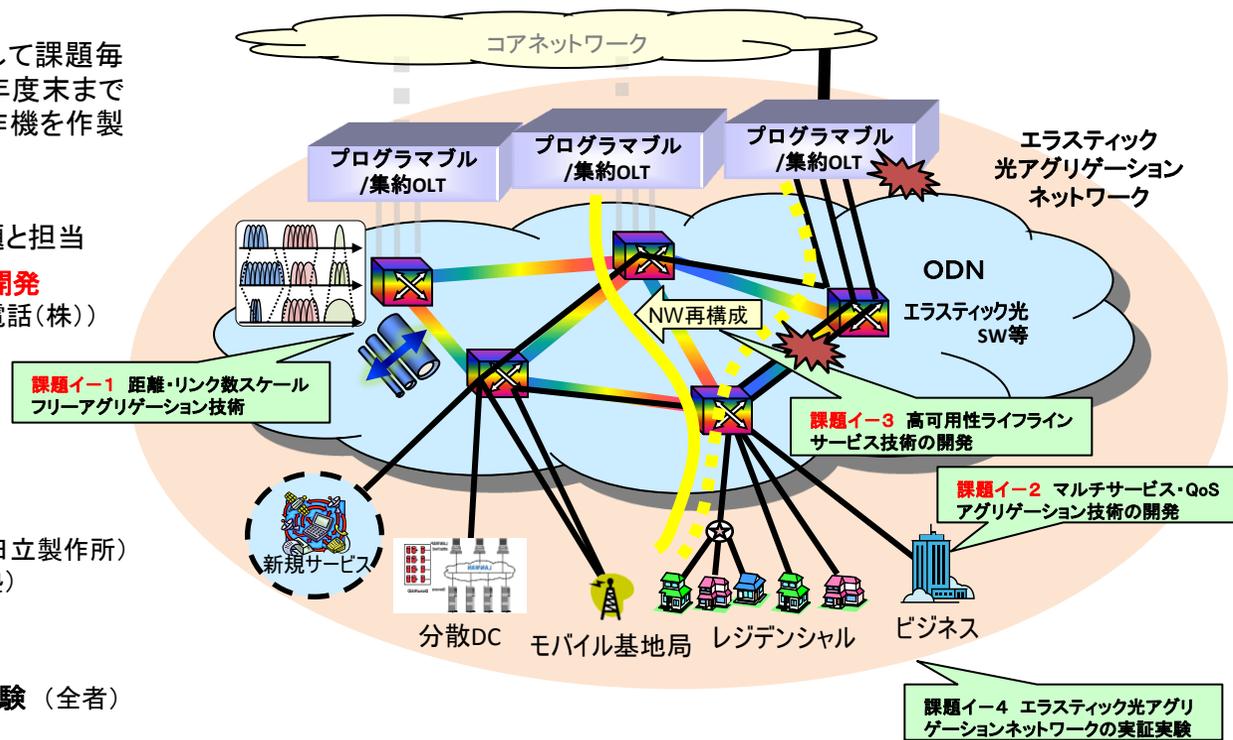
課題イ-2-1: マルチサービス制御方式の検討、および実装 ((株)日立製作所)

課題イ-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)

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)

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

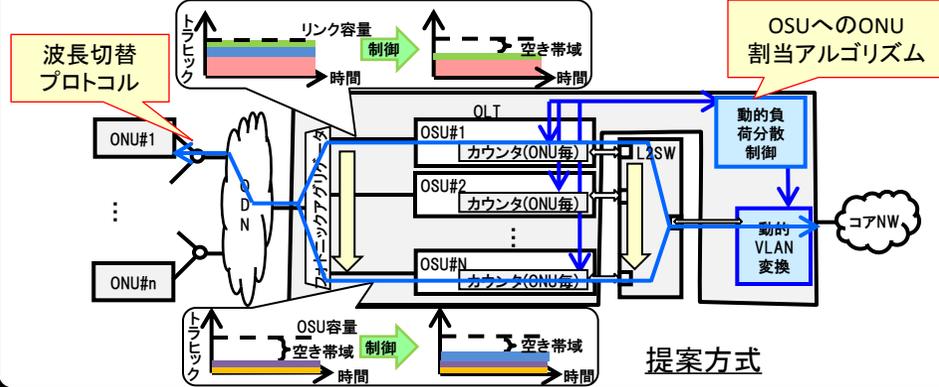
- 【イ-1-1】 アグリゲーション機能の基本検討を行い、OLT内OSUへのONU割当アルゴリズム・波長切替プロトコルを考案した。
- 【イ-1-2】 PON送受信パラメータである変調多値数を伝送距離に応じて変化させる方式を提案し、変調方式の変更基準を明確化した。
- 【イ-1-3】 各種条件下において効率的なリソース割当を実現する基本方式を検討し、方式仕様書及び各機能部とのインターフェース仕様書を作成した。
- 【イ-1-4】 空間スイッチ型光分配網を対象として、OLT群でのトラフィック最適化とODN再構成制御技術における定量的評価目標を確立した。
- 【イ-2-1】 マルチサービス収容に対応したMAC機能部の仕様及びプログラマブルPHYとのインターフェース仕様を作成し、OLT機能検証機を試作した。
- 【イ-2-2】 各種サービスをEPONをベースとしたシステムに収容するためのアーキテクチャやフレームフォーマットを検討し、サービス収用法等を提案した。
- 【イ-3-1】 大規模災害救済の仕組としてTDMAIによるONU群救済手法を提案し、拡張OpenFlowプロトコルによる光L2スイッチの制御に成功した。
- 【イ-4】 平成26年度及び平成28年度に実施予定

イ-1-1 OLT内動的帯域割当機能の高度化

研究開発成果: OSUへのONU割当アルゴリズム・波長切替プロトコルの考案

「OSU間でのトラフィック負荷の平準化」を狙いとして、以下の検討を行った。

- トラフィックの自己相関性を利用して「トラフィック負荷の平準化」を行う OLT内機能配置の決定、及び、OSUへのONU割当アルゴリズムの考案
- OSUへのONU割当に基づいて、フレーム損失なしでONU内波長可変デバイスの波長切替を実現する波長切替プロトコルの策定

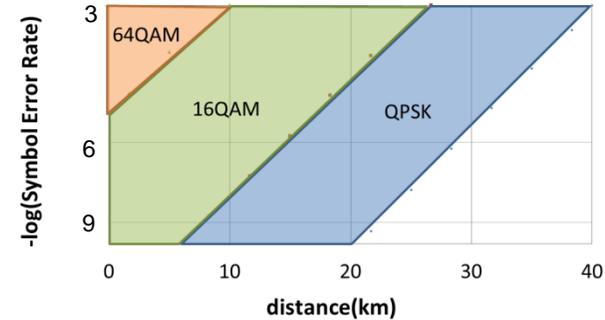


イ-1-2 エラスティック光信号パラメータ制御方式の検討

研究開発成果: 変調方式の変更基準を明確化

光信号パラメータの1つである変調方式を、伝送距離および要求する通信品質(誤り率)に応じて変更する方式を検討した。

- 3種類の変調方式(QPSK、16QAM、64QAM)を選択できる光送受信器を数値モデル化。それぞれの受信感度を算出
- 上記計算結果から、最適な変調方式を決定する指標を策定



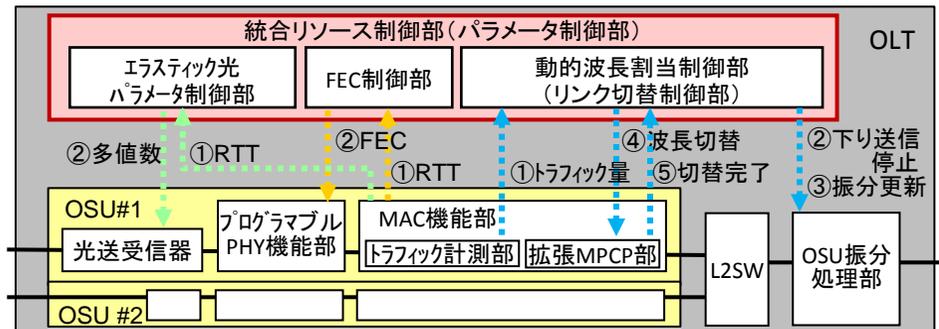
変調方式を決定する指標

イ-1-3 エラスティック光メテ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: 統合リソース制御部の基本仕様を決定

サービスや光ネットワーク条件等に基づいて、効率的なリソース割当を実現する基本方式と、各機能部とのインターフェース基本仕様を検討した。

- 光送受信器、PHY機能部、MAC機能部の各種パラメータを設定して効率的なリソース割当を実現する基本方式を決定し、仕様書を作成
- 動的波長割当制御部、エラスティック光信号パラメータ制御部、PHY機能部、MAC機能部とのインターフェース基本仕様を決定し、仕様書を作成



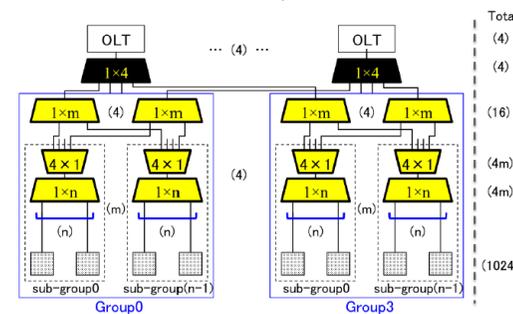
統合リソース制御部(パラメータ制御部)の動作一例

イ-1-4 OLT間動的帯域割り当て機能の検討

研究開発成果: 大規模光分配網構成に向けた基礎技術の確立

空間スイッチ型光分配網(ODN)を対象として、OLT 256台、ONU 65,536台を目指した、OLT群でのトラフィック最適化とODN再構成制御技術の確立を目指す。

- OLTの集約とODNの経路変更を実現するために、計算時間<10秒、切替時間<1秒の目標を設定。
- 4 OLT × 1,024 ONU 構成に対して、**呼損率 < 10⁻³での最適構成**を見出した。本構成は256 × 65,536構成への拡張も容易である。



最適構成:
n=32, m=256

Blocking 型ODN構成

イ-2-1 マルチサービス制御方式の検討、および実装

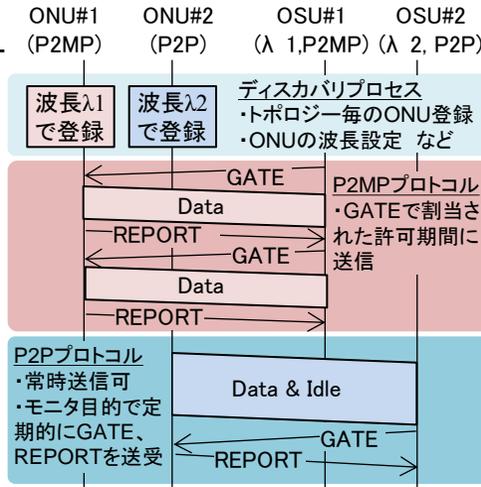
研究開発成果：マルチサービス制御部の基本仕様を決定、機能検証機ハードウェアを開発完了

マルチサービス収容に必要となるMAC機能部の基本方式と、プログラマブルPHYとのインタフェース基本仕様を検討した。

- P2P/P2MP混在収容時のOLT-ONU間プロトコル、サービス/ユーザに応じたMACフレーム振分方式等を検討し、仕様書を作成
- MAC機能を検証可能なハードウェア仕様を検討し、中間実証に向けたOLT機能検証機を試作



OLT機能検証機の外観



OLT-ONU間プロトコル例

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用パラメータの決定

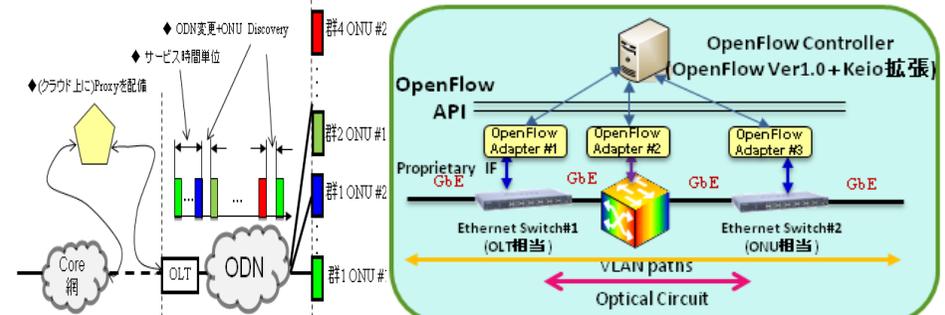
プロテクション-リストレージョンを越えた大規模災害救済の仕組みとしてTDMAによる2PhaseのONU群救済シナリオを提案し、実現のための運用パラメータを定義する。

- Phase I: 分オーダーの群切替。Phase II: 数100ms~数秒オーダーの群切替。
- Phase IIIにおいて、TDMA周期と同期して動作するProxy装置及びバッファを稼働させ、サービス性の向上を実現する手法を提案。

研究開発成果：光レイヤ2網の基礎動作確認

MACアドレスに基づいて光スイッチのフロー経路設定を行ない、情報交換を実現する光レイヤ2網を実現するための基礎制御技術を検討する。

- OpenFlow プロトコルを拡張し、光スイッチを制御することに成功。



TDMA型救済手法

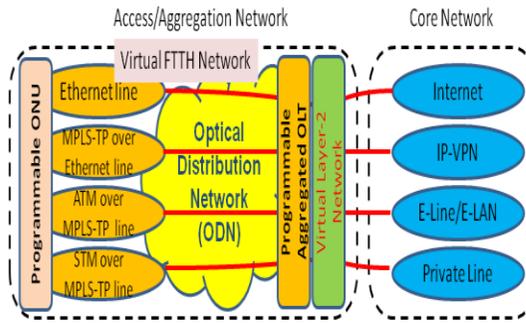
拡張OpenFlowによる光レイヤ2網制御実験

イ-2-2 マルチサービス収容アーキテクチャの検討

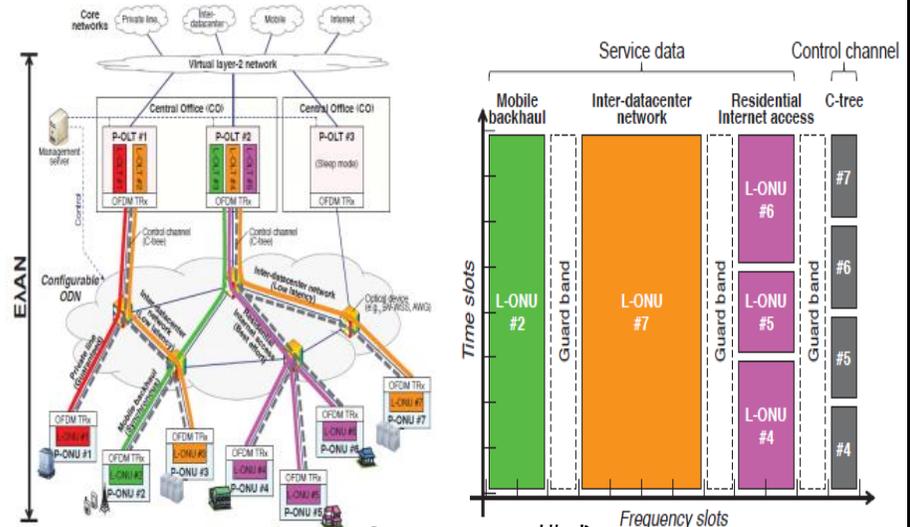
研究開発成果：ONU主導のOLTディスカバリ手法の提供

IP、Ethernet、MPLS、ATM、SDHといった各種サービスを、Ethernet-PONをベースとしたシステムに収容するためのアーキテクチャやフレームフォーマットを確立する。

- Pseudo Wire over MPLS-TP over Ethernet 方式による各種サービスの収容法を提案。
- ONUからサービスに適した論理OLTからのサービスパス設定を要求するためのControl-Treeを提案。



マルチサービス収容アーキテクチャ



Control-Tree 構成

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	5 (5)	0 (0)	1 (1)	7 (7)	0 (0)	4 (4)	0 (0)

5. 研究成果発表会等の開催について

・つくばフォーラム(2012年10月18、19日)、NTT R&Dフォーラム(2013年2月14、15日)、総務省フォトニックネットワークシンポジウム(2013年3月12日)で、研究成果を発表した(日本電信電話(株))。

・KEIO TECHNO-MALL での研究成果デモンストレーション(慶應大学、2012年12月7日)。

★仮想レイヤ2スイッチ網とODNの模擬実験系を拡張OpenFlowプロトコルで制御できることの実証実験

6. 今後の研究開発計画

- 課題イー1:動的帯域割り当て技術、およびエラスティック光信号制御技術について、効果の定量的評価、詳細仕様を策定する。
- 課題イー2:マルチサービス制御技術、およびマルチサービス収容アーキテクチャに関する基礎検討を行い、マルチサービス・QoSアグリゲーションの要素技術、及びハードウェア実装の詳細仕様を策定する。
- 課題イー3:平成24年度に策定した故障シナリオ等のパラメータに基づいて、PC上での高可用ライフラインサービスエミュレータを作成する。また、OLTライブマイグレーション技術の詳細仕様を策定する。
- 課題イー4:平成26年度及び平成28年度に実施予定