

平成24年度 委託研究
「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」
研究計画書



1. 研究開発課題

『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

課題イ エラスティック光メディアアクセス技術

2. 研究開発の目的

医療分野や教育分野におけるネットワークを介した高精細画像の集配信、サイバー空間における国際的な経済活動、スマートフォンの急速な普及、イベント集客時の人口過密、予期できない災害などにより、通信トラヒックは時や場所、ニーズに応じてダイナミックに変動しており、またその性質もサービス毎に異なる。本研究開発課題では、このような状況下で、サービス毎に性質の異なるトラヒックを最も効率良く集約（アグリゲーション）でき、容量伸縮自在（エラスティック）なメトロ・アクセス系を統合したフォトニックネットワークを実現することを目的とする。

3. 採択件数、研究開発期間及び予算

研究開発期間：平成 24 年度から平成 28 年度までの5年間。

予算：平成 24 年度は総額 270 百万円を上限とする。提案の予算額の調整を行った上で採択する提案を決定する場合がある。なお、平成 25 年度以降は対前年度比で 6%削減した金額を上限として提案を行うこと。

本研究開発課題は、個別研究開発課題毎に公募する。

個別研究開発課題

課題ア エラスティック光リンク技術

予算：平成 24 年度は、150 百万円を上限とする。

採択件数：1 件

課題イ エラスティック光メディアアクセス技術

予算：平成 24 年度は、120 百万円を上限とする。

採択件数：1 件

4. 提案に当たっての留意点

課題ア、イのそれぞれに対して、同一の法人から同時に提案することができる。なお、提案書は課題ごとに独立に作成すること。

5. 研究開発の到達目標

それぞれの個別研究開発課題の到達目標の概要は以下のとおりとする。尚、到達目標の定義や定量的な事項については、提案の際に具体的に記載すること。ここで、下記に示している実施要件よりも高い目標を提案することが望ましい。また、研究開発技術は 2015~2020 年頃までに実用化可能な技術/方式であることとし、本委託研究終了後の、実用化までの具体的な計画についても記載のこと。

課題ア エラスティック光リンク技術

複数の論理ネットワークを動的かつスケーラブルに構成するためのエラスティックな光リンクの基本技術を確立する。

<実施要件>

- Optical Line Terminal / Optical Network Unit (OLT/ONU) のエラスティック光信号として、シンボルレート、シンボル当りの多値数およびサブキャリア数、キャリア光周波数の4つのパラメータがプログラマブルで動的に制御可能な光送受信を可能とする技術であること（提案書にはこれらのパラメータの具体的な目標可変範囲を記載のこと）。複数サービスを収容し、単一光パスあたりエラスティックに可変な 10G ビット級のサービスを提供できること。またパッシブ分岐型トポロジー（従来のパッシブダブルスターを含む）の場合に、1つの OLT あたりに収容可能な ONU 数は 256 以上、且つ、伝送距離は 40km 以上を実現できる技術で有ること。さらにトポロジーは従来のパッシブダブルスターに加え、ポイントツーポイントやアクティブダブルスターなど可能な限り多くの物理構成にも対応出来ること。これらの条件を満たす光送受信機を試作してリアルタイム動作で検証すること。
- 上記のエラスティック光信号で構成される光パスのフレキシブルグリッド（光周波数可変）対応に加え、伸縮自在な帯域でダイナミックな動作、拡張性、経済性に優れた構成を有し、また各種のサービスをシームレスに提供可能な光スイッチサブシステムにより、アグリゲーションされた光パスおよび個別の光パスを効率的に切り換えることもしくは組み換えることをプログラマブルで動的に制御可能とする技術であること。伸縮自在な帯域の設定分解能としては 6.25GHz 以下を実現すること、且つ、光スイッチの出力ポート数としては 30 ポート以上を実現

すること。また光スイッチは試作機を用いてその性能を実証すること。

課題イ エラスティック光メディアアクセス技術

プログラマブルOLT/ONU技術によるアグリゲーションの基本技術を確立する。

＜実施要件＞

- 効率的に 256 以上の ONU を収容すると共に、論理ネットワークから各種の物理ネットワーク（ダブルスター並びにポイントツーポイント）へのマッピングが可能なアグリゲーション技術、ならびに、論理ネットワークのトポロジーに対応したシグナリング技術であること。アクセス網において、波長資源およびノード（分岐点、ONU）の配置に最大限の自由度を与えることが可能となるように、収容加入者の距離と ONU 数に関してフレキシブルであること。収容距離としては 40km 以上を達成すること。開発した技術は試作機に実装してその動作を実証すること。
- 単一物理 OLT 内に複数の論理 OLT を構成でき、それぞれの論理 OLT に対応する ONU との間で、多様なエラスティック光パス、ポイントツーポイントやポイントツーマルチポイントなどの多様な論理トポロジー、ベストエフォートや TDM、QoS 保証（遅延保証、帯域保証）など可能な限り多くの多様なサービスをプログラマブルで動的に収容・切替できるシグナリング技術であること。開発した技術は試作機に実装してその動作を実証すること。

課題ア、課題イ共通

- 1) 最終年度に各課題の成果全てを統合した実験を実施し、各課題の成果を確認するとともに、サービス毎に性質の異なるトラフィックがダイナミックに変動しているシナリオと実証目標を平常時と非常時について複数設定し、それぞれ定量的に記載のこと。エラスティック光アグリゲーションネットワークの基本技術が確立されていることとその高可用性を実証すること。なお、実施に際しては機構に相談すること。
- 2) 課題イの受託者は、課題ア、イを通じた研究開発全体のとりまとめを行い、課題アの受託者はそれに協力すること。

6. 研究開発の運営管理及び評価について

研究開発に当たっては、情報通信研究機構（以下、「機構」という。）の自主研究との連携を図ること。また、平成 26 年度に中間評価を行い、目標達成状況を踏まえた最終目標の妥当性の再確認や、継続の是非、研究開発規模の拡大・縮小などを検討する。平成 28 年度に終了評価を行う。

7. 参考

(1) 本研究開発課題と機構自主研究の関係

機構では多様性を尊重し新たな協調を促進する社会の構築を担うネットワーク作りを目指しており、自主研究ではその一環として、高速で安価なサービス提供に適した「光パケット交換」と高品質なサービス提供に適した「光パス交換」を同一ネットワーク上に共存させる光パケット・光パス統合ネットワークの研究開発を行っている。本研究開発課題では最近注目を集め始めているエラスティック光パス技術を対象としており、その成果は自主研究の「光パス」部分において多様なニーズに応える補強技術となる。

(2) 本研究開発課題とこれまでの委託研究課題等との関係

「λアクセス技術の研究開発（H18～22年度）」では、1波長もしくは複数波長を用いる100Gビット/秒級光アクセス基本技術の確立と、テラビットクラスの広域LAN環境の実証を目的とした研究開発が行われた。また、「広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発（H21～23年度）」では、収容局から100km圏級においてもFTTHサービスを利用可能とするネットワーク広域化技術、及び加入者の増減・サービス内容に応じたネットワーク形態等の柔軟な対応に必要な適応ネットワーク構成技術を確立するとともに、研究開発成果の産業面応用に向けた実証を目的とした研究開発が行われた。本研究開発課題ではこれら過去の2課題では対象としていなかったエラスティックな帯域使用や、トラフィックのアグリゲーションを含む柔軟なネットワーク構築技術の開発を目指している。

「光トランスペアレント伝送技術の研究開発（λリーチ）（H23～27年度）」では、オール光で伝送できるトランスペアレント領域（帯域×伝送エリア）をアクセス-メトロコア網全体で10～100倍に拡大するためのネットワークアーキテクチャとそれを検証するための変復調技術と非線形補償並びに誤り訂正/線形等化技術の研究開発を行っている。これに対し、本研究開発課題では柔軟なネットワーク構築を可能とする将来的なリンク、ノードを開発するための基盤技術の開発を目指しており、プログラマブルPHYやプログラマブル光送受信機等を開発するものであり、「λリーチ」とは補完的關係にある。

「ユニバーサルリンク技術の研究開発（H21～23年度）」では、IEEEならびにITU-Tにおける次世代高速イーサネット規格に関する国際標準化の主導権獲得と国際市場の優位的シェア獲得を目指して、LAN系（自営構内網）からWAN系（公衆基幹網）までを高い信頼性をもってシームレスに伝送するための次世代高速イーサネット用システム回路技術の開発を戦略的に行うことを目的とし、LAN内またLANからの25Gbps×4パラレルの100GbE信号を短距離（40km以下）伝送する光インターフェース用電気信号処理技術と、LANから100GbE信号を受けて、WAN（OTN）

内で 100Gbps 級シリアル光信号を長距離（500km 超えでダイナミックな距離変動を含む）伝送する光インターフェース用電気信号処理技術の研究開発を行っている。これに対し、本研究開発課題では 100GbE に限らない、様々な方式や伝送速度を対象としたエラスティックな光パス技術の研究開発を対象としている。

総務省委託研究「超高速光伝送システム技術の研究開発（デジタルコヒーレント光送受信技術）（H21 年度）」では、100Gbps を超える信号伝送を可能とする超高速光伝送技術の早期確立を目指し、キーとなる要素技術として 100Gbps デジタルコヒーレント信号処理伝送方式、100Gbps デジタルコヒーレント光送受信技術、100Gbps デジタルコヒーレント光伝送方式評価技術について研究開発が行われた。また、総務省委託研究「超高速光エッジノード技術の研究開発（H22～23 年度）」では、100Gbps 級の信号を処理する超高速光エッジノード技術の確立及び消費電力の従来エッジノードの 1/3 以下への削減を目標とし、クライアント信号収容技術、100Gbps 級超高速光送受信技術、宛先切替技術について研究開発が行われている。これらに対し、本研究開発課題では様々な方式や 100Gbps 級のみに限らない伝送速度を対象としたエラスティックな光パス技術の研究開発を対象としている。

総務省戦略的情報通信研究開発推進制度「デジタルコヒーレント光通信技術の研究開発（H20～22 年度）」では、光の振幅、位相、偏波状態を抽出する光通信用デジタルコヒーレント光受信器を開発し、高速デジタル信号処理回路に実装することにより、10G シンボル/秒の実時間信号処理速度、光周波数帯域利用効率 3bit/s/Hz 以上を実現するための研究開発が行われた。これに対し、本研究開発課題ではエラスティックな光パス技術の研究開発を対象としている。

総務省 ICT グリーンイノベーション推進事業「グリーン・エラスティック超高速光アクセスシステムの研究開発（H22～24 年度）」では、FTTH の普及に伴う消費電力の急増を抑制し、最大 100Gbps の超大容量サービスを可能とするデジタル信号処理によるシングルキャリア周波数分割多重光信号生成・合成技術を用いたビットレート適応型（エラスティック）低消費電力 PON（光加入者系）システムの研究開発が行われている。これに対し、本研究開発課題ではマルチキャリアをベースとする直交周波数分割多重光信号による、リアルタイム駆動のエラスティック光送受信実現技術の開発を対象としている。

総務省 ICT グリーンイノベーション推進事業「フレキシブル・グリッド型光ノードシステムの研究開発（H23～25 年度）」では、次世代光ノード装置で伝送容量の拡大と無駄の無い周波数利用の観点で提案されている“フレキシブル・グリッド（Flexible Grid）”について、液晶ディスプレイ技術とインフラとして求められる光伝送機器を融合することで次世代光ノードシステムの実現を目指す波長選択スイッチの研究開発が行われている。同課題は、高速動作を必要としない、準静的（切り換え時間数秒）に動作する基本的なスイッチデバイスの開発を対象としている。これに対し、本研究開

発課題では前記フレキシブルグリッド対応に加え、ダイナミックな動作、拡張性、経済性に優れた構成とプログラマブルで動的に制御できる技術により、各種のサービスをシームレスに提供可能にする高機能な光スイッチサブシステムを開発するものである。

(3) 内外および標準化動向

総務省の情報通信審議会情報通信技術分科会産学官連携強化委員会（平成 21 年度～）において、「エラスティック技術」が社会ニーズに応えるための重点研究開発課題として挙げられている。

海外におけるエラスティック光ネットワークの研究では、欧州連合の第 7 次研究枠組計画（FP7）の STRONGEST project*¹（2010 年 1 月～2012 年 12 月：光スイッチを構成する可変波長セレクトは Finisar 製で実験）がある。エラスティックについては、gridless multi-granular (elastic) networks と表記されて研究開発が進められているが、欧州ではエラスティック光ネットワークは、アクセス系に対してはまだ検討されていない*²。

標準化動向としては、ITU-T SG15 において、光パス網の柔軟な運用を図るため Q6/15 で周波数グリッドの拡張（フレックスグリッド）を検討*³している。これに対応して、IETF でも検討*⁴が進められている。

*1 : Scalable, Tunable and Resilient Optical Networks Guaranteeing Extremely-high Speed Transport <http://www.ict-strongest.eu/>

*2 : D4.1 "Report on implementation and demonstration plans", December 2010 Fig.15, Fig.19

*3 : Editor G.694.1, "Draft revised Recommendation ITU-T G.694.1 (for Consent)," Q6/15, 2011.10.6.

*4 : ・ "GMPLS OSPF-TE Extensions in support of Flexible-Grid in DWDM Network 2011.10.24. draft-zhang-ccamp-flexible-grid-ospf-ext-00.txt

・ "OSPFTE extension to support GMPLS for Flex Grid," 2011.11.23. draft-dhillon-ccamp-super-channel-ospfte-ext-02.txt