

平成 25 年度 委託研究

## 課題 171

エラスティック光通信ネットワーク構成技術の  
研究開発

研究計画書



## 1. 研究開発課題

『エラスティック光通信ネットワーク構成技術の研究開発』

課題A エラスティック超高信頼光 NW 設計技術

課題B エラスティック光ノード・リンク構成技術

## 2. 研究開発の目的

近年日本の提案を契機として検討が加速されたエラスティック光ネットワークに関しては、2012年にITU-Tにて従来の固定グリッドに加え、フレキシブルグリッドが標準化された。フレキシブルグリッドを利用することにより、光ファイバの周波数利用効率が向上し、その特徴を光通信網全体で活かすことにより、光通信網の容量拡大並びにフレキシビリティの向上が実現される。

メトロ・アクセス系を対象とした平成 24 年度の委託研究「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」でリンク技術としての検討を開始したエラスティック技術を、最近の標準化の進展を考慮し早期に広域の全ネットワーク領域で最大限に利用可能とするための技術開発を目指す。特に、ネットワークの耐故障性の向上、トランスポートの柔軟性向上・経済化、並びに新しいサービスを切り拓くための基盤技術を開発する。

ITU-T 国際標準として決定されたフレキシブルグリッドに基づき、ビットレートや光伝送距離に応じて柔軟にスペクトル幅を利用するための効果的な設計手法を実装した設計ツール及び光レベルでの編集を可能にするノード・リンク構成技術を開発することにより、ネットワークの消費電力を大幅に削減するとともに、エラスティック光ネットワークの柔軟性と高効率性を最大限利用することにより、今までには無い異なるレベルでの高いサバイバビリティを実現する。本施策は Software Defined Network (SDN)において、さまざまなアプリケーションからの帯域要求に対して柔軟に適応可能なネットワーク構成法に資するものである。

## 3. 採択件数、研究開発期間及び予算

研究開発期間：平成 25 年度から平成 28 年度までの 4 年間。

予算：平成 25 年度は総額 130 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 26 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A エラスティック超高信頼光 NW 設計技術

予算：平成 25 年度は、60 百万円を上限とする。

採択件数：1件

#### 課題B エラスティック光ノード・リンク構成技術

予算：平成25年度は、70百万円を上限とする。

採択件数：1件

#### 4. 提案に当たっての留意点

課題A、B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、目標値の実証方法については、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A エラスティック超高信頼光NW設計技術

所要転送ビットレート並びにNW条件（トポロジ、距離等）に応じて、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やナイキストWDM等の技術を最大限に利用し、最小限の光占有帯域となるアダプティブ光変復調方式を決定する。さらにコアネットワークのトポロジ等を考慮してエラスティック再生中継機を含むネットワーク資源を過不足なく効率的に配置することにより、従来の固定グリッドと比較して、周波数利用効率を高めるとともに、消費電力を削減することが可能であり、プログラマブルで動的に制御可能なエラスティック光ネットワーク構成を明らかにし、その設計技術を開発する。WDM伝送の各種パラメータ並びにネットワークの静的または動的な運用に応じて、適切なパスの到達性（最大伝送距離、最大経路ノード数など）の条件を評価する手法を確立する。また、本技術開発により復旧性能増大を併せて実現する。

周波数利用効率向上、消費電力削減および復旧性能増大については、その前提条件、目標値とその根拠、および評価方法を具体的に記載すること。対象とするネットワーク規模に関しては、日本の全国網規模を視野に入れること。

上記技術の開発のため、下記の研究開発を実施すること。

- ① エラスティックパスの最適な変調符号選択およびスロット割り当て、パスの到達性推定を含む転送設計技術

- ② エラスティックパスの収容設計技術
- ③ 上記を可能とするエラスティック光パスネットワーク設計システム
- ④ エラスティック光ネットワーク管理エミュレータシステム

#### 課題B エラスティック光ノード・リンク構成技術

課題Aの設計技術により得られる設計情報をベースとし、光ノードの透過光帯域、光送受信器の光変復調方式、転送データのマッピング方式等をダイナミックかつ高速に選択・設定してエラスティックな帯域の転送を可能とする光ノード・リンク構成技術の開発を行う。

上記技術の開発のため、下記の研究開発を実施すること。

- ① 集線トラフィックのエラスティックパスへのマッピング及び可変転送フレーム構成技術
- ② エラスティック光送受信ノード構成技術
- ③ 高速帯域可変制御（光フィルタ、トラポン）技術

#### 課題A、課題B、共通

- 1) 確立した設計技術を用い、最終年度に関連するノード・リンク構成技術の実証実験を実施し、各課題の成果を検証すること。実証実験は、論理的な合理性を満たせば、キーとなる部分の個別検証でも良い。なお、実証実験の実施に際しては情報通信研究機構（以下、「機構」という。）に相談すること。
- 2) 課題Aの受託者は、課題A、Bを通じた研究開発全体のとりまとめを行い、課題B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、機構の自主研究との連携を図るとともに平成24年度委託研究課題 160「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」との連携を密にする事。また課題A、B間の連携を緊密にすること。その為に連絡会議等を編制し定期的に協議すること。

平成28年度に終了評価を行う。また、委託研究終了後に追跡評価を実施する場合がある。

### 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

「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 (H24~28)」では容量伸縮自在なメトロ・アクセス系の伝送技術及びメディアアクセス技術の研究開発を行うが、本課題ではコア系を含む広域の全ネットワークにおいてエラスティック性を導入し、そのネットワーク制御/管理/転送技術を開発することにより、耐故障性に優れたエンド-エンドのエラスティック光ネットワークを実現するための技術開発を行う。

「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。また、「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」(H24~28 年度)では、メトロ・アクセス系において伸縮自在なグリッドを用い柔軟なネットワーク構築を可能とする将来的なリンク技術、ノードを開発するための基盤技術の開発を目指して、プログラマブル PHY やプログラマブル光送受信機等の開発を行っている。これに対し、本研究開発課題では広域の全ネットワークにおいてエラスティック性を導入し、そのネットワーク制御/管理/転送技術を開発するものであり、上記 2 課題とは補完的關係にある。

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やナイキスト WDM による、ビットレートや伝送距離に応じてアダプティブに変調形式を適応制御可能なエラスティック光送受信技術を用いたネットワークの構成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、広域の全ネットワークにエラスティック性を導入し、耐故障性に格段に優れた、エンド-エンドのエラスティックネットワークの構成技術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<sup>\*1</sup>（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\*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）が標準化された\*3。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 : ITU-T (Q.6/15) Recommendation G.694.1, "Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid," 2012.02.

\*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.