

平成22年度 新規委託研究  
「光統合ネットワークの管理制御およびノード構成技術  
に関する研究開発」  
研究計画書

## 1. 研究開発課題

『光統合ネットワークの管理制御およびノード構成技術に関する研究開発』

## 2. 研究開発の目的及び内容

本研究開発は、多様なサービスを収容可能で、飛躍的に高いスイッチ能力と省電力性を持つ、パケット交換と回線交換の機能を兼ね備えた基幹ネットワークを構成することを目的とする。

インターネットを流れるデータ量は年々増加している。我が国の基幹網では、すでに毎秒 1 テラビットを超えるデータが流れており、昨今では毎年 40%の伸びを見せている。今後もこの傾向が続くと、2030 年ごろには基幹網で毎秒 1 ペタビット程度のデータが流通することになる。それに伴い基幹網の電力消費量も増え続けており、基幹網における電力消費は ICT 全体の一部とはいえ、看過できない状態にある。また、今後サービスの多様性は増し続けると想定するのが自然で、現在のベストエフォート転送によるデータ到達性だけでなく、ゆらぎのないデータ転送が可能な実時間性、データ損失のない高信頼性といった特性をネットワークが備える必要がある。

そこで、本研究開発では、多様なユーザサービスを収容可能で、飛躍的に高いスイッチ能力と省電力性、高い情報転送効率を備えたネットワークを実現するため、光交換技術を用いたネットワークの研究開発を行う。パケット毎のノード中継処理を回避する光回線交換により、大容量、高品質のサービスを低消費電力で実現する。一方、光電変換を極力減らし光スイッチの広帯域性を活用してパケットを処理する光パケット交換により、大容量、低消費電力、データ到達性を担保する。さらには、これらの技術を統合管理し、制御するネットワークシステムを開発し、サービスの多様性とデータ転送効率の向上、運用の簡便性を満たす。

すなわち、本研究開発では、多様なユーザサービスを収容可能にするため、交換能力の飛躍的向上というネットワーク利用者の要求を満たすとともに、消費電力の低減という社会的な要求にも貢献するインフラとなるネットワークを構築する。二つの交換方式の優位な点を駆使してアプリケーションから見たデータ転送性能向上と利便性の向上に寄与する。ネットワーク内では、運用の簡潔化により、運用の効率化と消費者負担の軽減を図る。したがって、本研究開発は、ノード構成に資する光技術の開発のみではなく、ノードおよびネットワークの制御管理までも含めたものとなる。本ネットワーク技術の実現により、ユーザが制約を意識しない、地球にやさしい、新世代ネットワークに貢献する。

なお本研究開発は、大局的には、情報通信研究機構（以下「機構」という。）で実施する新世代ネットワークアーキテクチャ設計研究における光パケット・パス統合ネットワークの概念設計の一部の実開発を含む。機構が自ら行っている研究（自主研究）にて実施する他の実開発と組合せると、概念設計をより広範に具現化可能であることから、後述するように自主研究と定期的に打合せを実施し、相互連携により研究開発を実施する。

## 3. 研究開発期間及び予算

研究開発期間：契約締結日から平成 25 年度までの 4 年間。

予算：平成 22 年度は総額 300 百万円を上限とする。（全採択提案の総額。採択予定件数は、4 項の（ア）を 1 件 240 百万円程度、4 項の（イ）を 2 件各 30 百万円程度とする。

なお、必要に応じて、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ります。)

なお、平成 23 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。

#### 4. 研究開発の到達目標

光統合ネットワーク技術が、研究終了後 5～10 年で実用展開される目処をたてること、本委託研究の到達目標である。そのために開発する技術目標としては、下記～が考えられる。

したがって、本委託研究では、単に要素技術を開発するだけでなく、たとえばネットワーク研究開発テストベッドでの実験や、後述の光交換基盤技術の実証基盤施設に接続して機能評価を進めることで、技術の安定性を増す実証試験を実施する。この試験の対象は、下記～を包含したものである。

個々の提案は、～のすべての目標を包含する必要はない。いずれかの目標(ひとつまたは複数)を選択し、それを明記すること。ただし、採択された提案全体で実証試験をすることを念頭に計画を立てること。他の達成目標に排反する技術提案や計画と判断される提案は採用されない場合もあることに留意すること。たとえば、既存の GMPLS 技術の拡張のみに閉じた提案は帯域保証の難しさや、光パケット交換との親和性の問題があることから採用されないし、2x2 程度の小規模光スイッチ単体の開発はシステムインテグレーションの時期が全体の到達目標時期と合わないために採用されない。

本公募では、下記(ア)(イ)に分類された中では、その中に含まれるすべての目標項目を含む提案を推奨する(たとえば、～の組や～の組)。ただし、すべてでなくとも、また、(ア)(イ)に跨ったものであっても、有益な提案であれば採用する(たとえば、～のみの提案や、～と～の提案も可とする)。一方、提案の一部の項目のみを採用する場合もあることに留意すること(たとえば、～の提案に対し、～のみの採用)。なお、機構との共同研究の実施により、機構の光交換基盤技術の実証基盤施設(後述)の利用が可能なことに留意すること。この施設と本委託研究による開発を組み合わせ、統合ネットワークの実証を実施する。

##### (ア) 基盤技術・ネットワーク構築技術に関して(1件程度採択)

統合ノード内のパケット交換機能について、回線速度 100Gbps 級の光パケットの安定処理のための制御メカニズムと光システムを実現する。例えば、1 つは、ストアアンドフォワード型のメモリがないことを想定した予め決められた時間以内での 100Gbps を超えるパケットのパケットヘッダの電子的処理(ヘッダのアドレスビット数や時間はアーキテクチャによる)である。他には、ノードを多段接続可能とするという観点から拡張性を高めるため、複数の地点から到達し、100Gbps を超えかつパースト的な光信号の安定的処理を施す光システムの開発がある。なお、基本的な光スイッチ機能(100Gbps の光パケット信号を目的の方路に転送する機能)は、リング向けではあるが後述する 2 台の光ノードを有する光交換基盤技術の実証基盤施設で備える予定である。

帯域保証しない従来型のデータ転送で十分なアプリケーションのデータ転送について、統合ネットワークを用いることによる実効スループットを向上する指針を示す。スループット

トを増したり転送遅延を減らしたりするために、たとえば、帯域保証を志向するユーザとベストエフォート転送で十分なユーザのトラフィック量の変動によって光パス用の資源と光パケット用の資源を動的に変動させることが考えられる。この場合は資源変動のタイミングについて具体的な指針を理論的検討と効果とともに示すことが研究開発項目となる。さらに、その指針の元になる理論を元にしたネットワーク制御方式やネットワーク管理方式を実装し、統合ネットワーク管理制御に導入する。その際に、統合ポイントを明確にする。すなわち、ノード単体における要素技術統合とネットワーク全体で統合を図る方針が考えられるが、その違い、それぞれの有効性などを明確にする。ネットワーク仮想化技術などの新世代ネットワーク技術からの接続が容易となる技術開発を実施する。

なお、上記技術達成にあたっては、グリーン ICT 実現のため、非通信時において送信機や増幅器の電力を抑える制御メカニズムや、通信時においても最小電力での通信をするメカニズムを実現する。

#### (イ) ユーザインターフェイス技術、ネットワーク運用管理技術に関して(2件程度採択)

構築ネットワークの有意性を示すため、エンドホストからアプリケーションレベルでの帯域保証を実現できる、具体的なアプリケーションを示す。あるいは、帯域保証と通常のパケット転送を組合せた形のアプリケーションを示す。

データ転送時のアクセス側のネットワークあるいはユーザホストと該当ネットワークとのインターフェイスを確立する(適切なものを明確にする)など、両方の交換システムを運用者が管理しやすいシステムを作る。

### 5. 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、機構が招聘しているプログラムコーディネータの指導・助言を受けただけにとともに、自主研究との連携を図っていただく。本委託研究は複数の提案を採用する可能性もあり、全体目標を達成するために、機構の自主研究チームや本委託研究に関わる他の受託チームとともに打合せを定期的(1~2ヶ月に一度)に実施し、進捗管理をする予定である。本打合せの自主研究チームは、光統合ネットワークの概念設計をし、他の機能開発と検証を実施する研究者から構成されることを想定しており、光統合ネットワークのより広範な実証の効率的な実施に繋げる。

平成23年度には中間評価を行い、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25年度に事後評価を行う。なお、評価は委託研究の範囲内を対象とする。自主研究との連携による実証は、研究開発要素の適用可能範囲を広げることから加点の対象となるが、自主研究の成果自体は評価の対象としない。

### 6. 参考

#### 課題選定の背景

フォトリックネットワーク技術に関しては、これまで、さまざまな組織独自の研究開発や機

構の委託研究などにより、低速切替(マイクロ～ミリ秒)だが大規模特性(32x32、128x128)を持つものや、小規模(1x8)だが高速切替(ナノ秒)が可能であるものなど、種々の光スイッチ技術の開発に、国内企業が成功している。一方、機構の自主研究においては、光スイッチ技術を用いた回線速度が既存電気ルータの最大値 40Gbps を超える光パケット交換技術の実証開発や、光統合ネットワークの概念設計とその一部の機能開発による検証などをすすめている。本研究課題は、これらの展開を鑑み、光技術をトリガとして光交換機能を取り込んだネットワーク構築にすすむ絶好期に実施するものである。

#### 海外の動向

IETF (標準化団体) 基幹網部でのトラフィックエンジニアリングや、イーサネット、SONET/SDH、OTN などの異なる既存の通信規格を統一的に制御することを志向し、かつ、複数の通信方式を共通のメカニズムで制御管理するプロトコルである、GMPLS を標準化している。GMPLS は、基幹およびメトロの通信事業者基盤への適用となる。

スタンフォード大(米国) オープンフローインターフェイスを有するスイッチによるパケット・パス統合ネットワークを開発している。このネットワークは、フローによるパケット交換が可能なスイッチアーキテクチャを採用し、集中管理による資源の一元化管理・制御を図っている。現状は電気のネットワークの変革を目指している。すなわち、集中管理型、電気ベースのネットワークという特徴がある。

MIT(米国) オプティカルフロースイッチ(OFS)により光ネットワーク部分では波長を単位としてパスを設定し、エンドエンドでフローの転送を行うネットワークを開発している。このネットワークは、複数の異なるフローをある波長のパスにマッピングすることを許容する。

#### 機構の他の研究開発との関係

AKARI アーキテクチャ設計プロジェクト 「光パケット・パス統合ネットワーク」は、機構を中心とした新世代ネットワークに資する AKARI アーキテクチャ設計プロジェクトにおいて提唱したもので、本委託研究と機構の自主研究開発とは強い関係がある。具体的には、機構の自主研究で実施している概念設計に対し、本委託研究はその一部の実開発を含む研究開発となる。なお、AKARI プロジェクトでは、他の自主研究と協力して、概念設計の一部の具現化として、トラフィックの変動に合わせて光パケット用の波長と光パス用の波長の割当を変動するメカニズムや、光パケットを用いた光パス制御を可能とするための光バースト信号処理技術、本光統合ネットワークにも適用可能な、QoS や信頼性が高くパケットのヘッダ処理負荷を軽減する経路制御や、パスをアプリケーションに占有させることが可能な通信方式などを研究開発している。一方で、今回委託研究での目標としているヘッダ処理の高速化や複数の光バースト信号を安定処理するメカニズム、資源割当指針など到達目標に記載した項目は未実施である。本委託研究との研究連携体制を築くことで、新世代ネットワーク実現に向けた研究開発の補完と促進が見込まれる。

多目的光スイッチ技術の研究開発 たとえば、切替時間にミリ秒を許容し保持時間がほぼ無限の光パス向けスイッチとしても、切替時間がナノ秒オーダーで保持時間がマイクロ秒オーダーとなる光パケットスイッチとしても用いることが可能なスイッチを、機構において自主開発している。この要素技術は挑戦的であり、まだ光ノードシステムとして安定利用するに至っておらず、機構で引き続き自主研究開発を実施することが適当である。

光バッファ技術の研究開発 光ファイバ遅延線と切替時間ナノ秒の光スイッチからなる光バッファ技術については、機構において 640Gbps の信号の保持などに成功しているものの、まだ安定化に向けて挑戦的要素が高く、機構で引き続き自主研究開発を実施することが適当である。機構では、これに関連して光バッファを高速に管理・制御する方式（電子処理）の自主研究も行っている。これらの成果は光パケット・パスネットワークの概念設計を具現化する際にネットワークの性能を向上する機能として組込むことを検討中である。

#### 光交換基盤技術の実証基盤施設の整備

高速処理と低消費電力を両立できる光処理技術（光交換基盤技術）の研究開発を加速し、世界初の光ルータの実現により国際競争力を強化するため、機構が外部機関（電気通信事業者・ベンダーなど）と連携して、光交換基盤技術の実証、計測評価などを行う実証環境（リング型ネットワークに適用する 2 台の光パケットノードなど）を整備中である。本設備で用いられる光パケットには機構にて提唱している多波長光パケットの転送機能が含まれる。制御メカニズムについても今後の他研究にて開発した成果物との接続も可能となる。本設備利用を軸にした連携体制による成果の創出が見込まれる。

以上