

平成24年度 委託研究
「脳や生体の動作原理に基づく光通信ネットワーク
制御基盤に関する研究開発」
研究計画書



1. 研究開発課題

『脳や生体の動作原理に基づく光通信ネットワーク制御基盤に関する研究開発』

2. 研究開発の目的・内容

ICT 利活用が進むにつれてインターネットの通信量は急成長を続けており、さらなるトラフィックの増大や通信利用の多様化が進むにつれてルータ網の大容量化やサーバ群のクラウドが進められていくが、これまでの通信ネットワークを単純に高速化し接続した場合、その消費電力の増加は著しいものとなることから、光信号のままに伝送・交換を行うネットワーク（オール光ネットワーク）に向けて研究開発が進められている。特に多数のルータ間を消費電力が小さい光パスにより直結することで、現在電気によりルータが行っているパケット振分処理の多くを回避しルータの大容量化を抑止する光パス交換技術が進展している。しかしながら、必要とされる光パスの本数が増大するに従って、光パスネットワークのトポロジー制御はますます複雑な問題となっており、トラフィック変動や故障への対応はますます困難になっている。例えば、災害等で発生する故障の連鎖的波及をも防ぐような安心安全なネットワークを現状の技術で実現しようとする、あらゆる故障を想定した上でそれぞれの状況に対応する制御を準備する必要がある。その結果、ネットワーク制御の一層の複雑化を招き、制御処理に必要な計算のさらなる増大を引き起こすことが予想される。

このため、従前のようなトラフィックの変動・増大への対応にとどまらず、情報通信ネットワークの大規模化・複雑化に対処することが可能で、かつ、事前予測が困難な環境変動にも適応的に動作しつつ最適解又はそれに近い解の探索を継続的に行い、ネットワーク障害の甚大化を防ぐような制御技術の確立が必要となっており、革新的な制御技術の研究開発が必要となってきている。

一方、最近の研究成果によって、脳や生体は、大局的な情報交換による全体最適化を行わず、局所的な情報交換によって予測困難な環境変動にも適応的に動作することが可能な自己組織的制御を行っており、その結果、省エネルギーかつロバストなシステムを構成していることが分かってきた。この脳や生体の動作原理を工学的に応用する取り組みが始められており、ネットワーク制御技術に応用する取り組みも始まっている。

そこで本研究開発では、大規模な光ネットワークにおける波長パス構成（トポロジー）制御を対象に、脳や生体の動作原理に基づく自己組織的制御によって、省エネルギーかつ高信頼、すなわち、トラフィック変動や故障等が発生した場合にも、その状況をネットワーク全体に再入力し全体最適化をしなくても、新しい状況に適応して最適解又はそれに近い解を探索することが可能な制御基盤技術を確立する。

3. 採択件数、研究開発期間及び予算

採択件数：1件

研究開発期間：契約締結日から平成26年度までの3年間。

予算：平成 24 年度は総額 120 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場合がある。

なお、平成 25 年度、平成 26 年度は、それぞれ、90 百万円、80 百万円を上限として提案を行うこと。

4. 提案に当たっての留意点

提案に当たっては、「5. 研究開発の到達目標」に対して、研究開発の具体的な実施内容を示すとともに、達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定して各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めること。また、本件によるネットワーク制御技術の実用化について、実用化目標年度、実用化に至るまでの段階を明示した取組計画等を記載すること。

5. 研究開発の到達目標

1 万台規模の光通信ネットワークにおける波長パスに基づくトポロジー構成制御において、自己組織的制御により、制御に必要な CPU 総計算時間を従来の全体最適化制御方式と比較して大幅に削減できること、かつ、それと同時に、トラヒック変動や故障等の異常事象が増加しても停止せず適応的に動作し続け、従来の全体最適化手法によって保証されるものと同程度程度の性能を 80%以上の確率で得られることを、シミュレータによる動作検証及び実運用されている広域ネットワークによる動作検証により示すこと。

- 光通信ネットワークシミュレータを構築し、1 万台規模のネットワークを対象にトポロジー制御方式の動作検証を行い、制御の安定性と収束性を確認すること。
- 自己組織的制御に基づく光パストポロジー構成制御をネットワーク制御プラットフォームに実装し、実運用されている JGN-X などの広域ネットワークで実証実験を実施し、実ノードでの動作検証を行うこと。
- 我が国の光ネットワーク技術が世界において先導的な位置にあることを鑑み、日本発の技術普及を効果的なものにするため、本制御方式の国際標準化を考慮した研究開発を進め、技術仕様の国際標準化に向けて国際団体等への提案を行うこと。提案書において、具体的な提案先団体、提案スケジュールを示すこと。

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 年度に終了評価を行う。

7. 参考

総務省では、「脳と ICT に関する懇談会」において、今後の ICT 分野で重要となる、脳研究と ICT の融合技術である脳情報通信技術の活用について、チャレンジド（障がい者）及び高齢者への支援並びに超低消費エネルギー及び不測の事態でも柔軟に対応できる情報通信ネットワーク等、短・中期的及び長期的に取り組むべき課題について検討し、平成 23

年度に報告書を取りまとめた [1]。本研究開発課題はこれを受けたものである。

また、機構では脳情報通信融合研究センターにおいて脳情報通信の融合に係わる研究開発を推進しており [2]、脳や細胞などの生命の情報処理ネットワークシステム（生命システム）の機能を広く解明し、特に、環境適応性や自律性、低エネルギー消費性などを情報通信システムに適用することによるイノベーション創出を狙っている。一方、光ネットワークに関する研究開発に関しては、光ネットワーク研究所を中心として取り組んできており [3]、委託研究も実施している [4]。

なお、本研究開発課題に関連する光ネットワーク技術の研究開発状況として、光 IP 連携制御技術（IP トラヒックを転送する光パストポロジーをトラヒック変動等の環境変動に対応して動的に再構成する制御技術）では、

- ・ VNT (Virtual Network Topology) と呼ばれる光 IP 連携制御技術の研究開発 [5]
- ・ 拡張 MPLS (GMPLS) を用いた制御アーキテクチャに関する標準化文書 RFC5212 の出版 [6]
- ・ WDM 網とパケット網の統合経路制御 [7]
- ・ IP ルータ間の光カットスルーパスの制御技術に関する研究成果 [8]
- ・ 光バックボーン網上で IP/MPLS ベースのサービス網プロビジョニングのための連携制御技術 [9]

などの事例があり、パス網最適化技術（トラヒック需要や信頼性条件等を考慮して最適なパス経路とトポロジーを算出する技術）では、

- ・ マルチレイヤ光網におけるパス網最適化技術 [10, 11] や権利化された特許 [12, 13]
- ・ 正確なトラヒックデータを収集困難な大規模網において、交流トラヒック推定技術併用型の最適パス網設計アルゴリズムの研究成果発表 [14]
- ・ 変動するトラヒックに応じて光パスを最適配置する計算アルゴリズムおよび制御手法に関する研究開発例 [15]
- ・ 大規模光網のトポロジー最適化技術において権利化された特許 [16]。

などの事例がある。

本研究開発課題では特に、脳や生体の環境適応性に学んだ高信頼な光パストポロジー構成制御を低消費電力で実現されることを明らかにし、イノベーションの実現可能性をいち早く示すことを目的とすることから、提案はこれら光ネットワークの研究開発におけるアプローチとはまったく異なる斬新なものであることが望まれる。

[1] 総務省 脳と ICT に関する懇談会 最終取りまとめに関する報道発表（平成 23 年 5 月 18 日）

http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin03_01000017.html

[2] 脳情報通信融合研究センター <http://www.cinet.jp/>

[3] 情報通信研究機構 光ネットワーク研究所

http://www.nict.go.jp/photonic_nw/index.html

- [4] 実施中も含めたこれまでの委託研究については、以下を参照すること。
http://itaku-kenkyu.nict.go.jp/s6_koubo.htm
- [5] K. Shiimoto, E. Oki, W. Imajuku, S. Okamoto, and N. Yamanaka, "Distributed virtual network topology control mechanism in GMPLS-based multiregion networks," *IEEE Journal on selected areas in communications*, vol. 21, No. 8, pp. 1254-1262, Jan. 2003
- [6] K. Shiimoto, D. Papadimitriou, J. L. Le Roux, M. Vigoureux, and D. Brungard, "Requirements for GMPLS-Based Multi-Region and Multi-Layer Networks (MRN/MLN)", RFC 5212, July 2008.
- [7] Y. Koizumi, S. Arakawa, and M. Murata, "An integrated routing mechanism for class-layer traffic engineering in IP over WDM networks," *IEICE TRANSACTIONS on Communications*, vol. 90, pp. 1142-1151, May 2007.
- [8] 特許第 3773380 号 ノード制御装置、ノード装置、光ネットワークシステム及び光パス設定方法、沖電気工業（株）
- [9] Csaba Anta, János Harmatos, Alpár Jüttner, Gábor Tóth, and Lars Westberg, "Cluster-based resource provisioning for optical backbone networks," *Journal of Optical Networking*, Vol. 5, Issue 11, pp. 829-840 (2006)
- [10] E. Oki, K. Shiimoto, D. Shimazaki, N. Yamanaka, W. Imajuku, and Y. Takigawa, "Dynamic Multilayer Routing Schemes in GMPLS-based IP+Optical Networks," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 108-114, vol. 43, no. 1, Jan. 2005.
- [11] T. Miyamura et al., "Demonstration of PCE-Controlled Dynamic Traffic Engineering for GMPLS-Based Multilayer Service Network," *ECOC2005*, vol. 2, pp. 269-270, September 2005.
- [12] 特許第 3789850 号、マルチレイヤ光ネットワークおよび当該ネットワークにおけるトラフィックエンジニアリング方法、日本電信電話株式会社
- [13] 特許第 3784732 号、光経路計算装置および方法、日本電信電話株式会社
- [14] Y. Ohsita, et al., "Gradually Reconfiguring Virtual Network Topologies Based on Estimated Traffic Matrices," *IEEE/ACM Trans. Networking*, vol 18, no. 1, January 2010, pp. 177-189.
- [15] 特許第 4024255 号、最適パス配置検索装置および最適パス配置検索方法、沖電気工業株式会社
- [16] 特許第 3820274 号 大部分が光学ネットワークであるネットワークを最適化する方法 エリクソン