

# 管理型自己組織化技術に基づく多様なサービスを収容する光ネットワーク制御技術の研究開発 (101503010)

Multiple Optical Networks Control Technology Based on Managed Self-organization Method

## 研究代表者

塩本公平 日本電信電話(株) ネットワーク基盤技術研究所  
Kohei Shiomoto, NTT Network Technology Laboratories, NTT Corporation

## 研究分担者

村田正幸<sup>†</sup> 大木英司<sup>††</sup> 笹山浩二<sup>†††</sup> 島崎大作<sup>†††</sup> 鎌村星平<sup>†††</sup> 荒川伸一<sup>†</sup>  
大下裕一<sup>†</sup> 小泉佑揮<sup>†</sup> ナッタボン キットスワン<sup>††</sup>  
Masayuki Murata<sup>†</sup> Eiji Oki<sup>††</sup> Koji Sasayama<sup>†††</sup> Daisaku Shimazaki<sup>†††</sup> Kohei Kamamura<sup>†††</sup>  
Shin'ichi Arakawa<sup>†</sup>

Yuichi Oshita<sup>†</sup> Yuki Koizumi<sup>†</sup> Nattapong Kitsuwon<sup>††</sup>

<sup>†</sup>大阪大学大学院情報科学研究科

<sup>††</sup>電気通信大学大学院情報理工学研究科

<sup>†††</sup>日本電信電話(株) ネットワークサービスシステム研究所

<sup>†</sup>Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

<sup>††</sup> Dep. of Communication Engineering and Informatics, The University of Electro-Communications

<sup>†††</sup>NTT Network Service Systems Laboratories, NTT Corporation

研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

## 概要

さまざまな品質要求を有するサービスに対応可能な仮想ネットワークを光ネットワーク上で実現するために、複数の仮想ネットワークに対して光ネットワーク基盤の物理リソースを効率的かつ柔軟に配分する動的リソース制御技術を確立する。そのために、複数の仮想ネットワークが自律的に相互に情報交換しつつ、全体のリソース利用の効率化を図ることが可能な、これまでにない全く新しい管理型自己組織化制御技術を実現する。

## 1. まえがき

光通信技術を活用し、光パスネットワーク上の仮想ネットワーク間の動的リソース管理制御技術を研究開発することによって、光パスネットワーク上の仮想化技術を確立する。それによって、現状では予測不可能な、将来的なアプリケーション・サービスの要件にも対応可能とするために、光ネットワーク上で管理される多種多様なサービスを仮想ネットワークにマッピングし、これら複数の仮想ネットワークを自己組織的に管理する新世代ネットワークアーキテクチャを創出する。

## 2. 研究開発内容及び成果

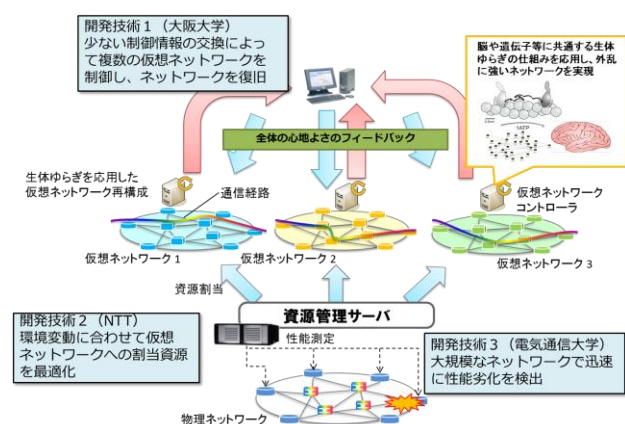
本研究開発では、光ネットワーク上にサービスごとに対応する VNT (Virtual Network Topology; 仮想網トポロジ) を構成し、それぞれの VNT は自身が収容するサービスの品質確保のために自己組織的に再構成しつつも、他の VNT の品質やネットワーク全体の状況のフィードバックにもとづいて、自律的に VNT を再構成する VNT 制御手法を実現する。従来と異なり、サービスごとの VNT を構成するため、VNT 数に対するスケーラビリティの確保は必須である。すなわち、従来のように、管理ノードを設置し、各サービスのトラフィック状況を収集し、集中計算により最適な VNT を計算して再構成する制御アプローチでは、制御オーバーヘッドおよび計算量のオーバーヘッドが増大することは自明である。そこで、本研究開発では、局所的に取得可能な情報のみを用いた制御パラダイムである自己組織化制御技術に着目し、これを発展させることで VNT 数に対するスケーラビリティを確保しつつ、各サービスに提供される通信品質の向上を図る。具体的には 1,000 ノード、100VNT 規模の光ネットワーク基盤におい

て、100VNT が共生しつつ、制御情報量が集中型と比較して 1/10 となることを机上評価および実機による実証実験により確認することを目標とし、目標達成に向けて以下の課題分担で研究開発を推進してきた。

課題 1: フィードバック情報に基づく管理型自己組織化 VNT 制御技術の実現 (大阪大学)

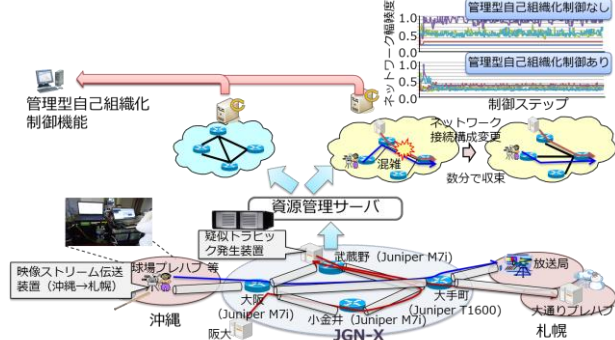
課題 2: 複数 VNT 共生のための動的リソース制御技術の実現 (NTT)

課題 3: 自己組織化制御に必要なとなる制御情報の交換プロトコルの実現 (電気通信大学)



最終的に課題 1、課題 2、課題 3 で取り組む研究課題の知見を活用することで、フィードバック情報量、深刻な環境変動への適応性、VNT 数に対するスケーラビリティの観点から最適な管理型自己組織化 VNT 制御手法を確立する。

研究成果の概要は以下の通りである。管理型自己組織化制御を構成する課題 1～3 の要素技術の有効性評価と実装を完了し、広域テストベッド JGN-X 上での実証実験・デモを行った。沖縄から札幌に映像のライブ中継を行う中で突発的に発生した輻輳を数分で解消し、中継映像の乱れが解消することを確認し、広域テストベッドでの提案アーキテクチャの実証を完了した。提案技術の特長をまとめると、① 光パズネットワークベースの仮想化による干渉のない通信品質、② 自己組織化制御をベースにした柔軟性とスケール性、③ スケール性を維持しつつ単純な競合調停機構によるネットワーク全体の制御の安定性の実現、である。



また、本研究開発を進めるにあたっては、積極的な対外発表・報道発表、国際ワークショップ SAN2012 の主催・運営を行い、開発成果の普及促進・グローバル化を着実に推進した。特に SAN2012 は自己組織化制御に特化した世界初の国際ワークショップであり、Alex Galis 教授(UCL)、Hans van den Berg 教授(TNO)等のキーパーソンによる講演・技術討論を実現するなど、欧州 FP7 等の国際コミュニティでの認知度を高めた。

### 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究開発を適用することで、アプリケーションもしくはサービスに連動した複数の VNT の協調動作が可能となり、多種多様なサービスを光ネットワークに収容できる。その結果、光通信の広帯域性を活かした新たなオーバーレイネットワークによるサービスアーキテクチャの研究開発ならびに、新たなネットワークサービスの研究開発を促進できるものと期待できる。特に、光の高速性を活かした新たなサービスを実現する環境を提供し、新規通信ビジネスを開拓できる可能性を有するという事は、我が国の強みである光通信技術全般の研究開発をさらに活性化させるものである。

また、本研究開発では、低消費電力、広帯域性、高速性の観点から、光通信技術を用いた仮想網制御を実現するものであるが、最近、ネットワークの転送プレーンと制御プレーンを分離し、NW 制御機能を自由にカスタマイズ可能なネットワーク制御アーキテクチャ SDN (Software Defined Networking) 技術およびフローレベルの粒度で既存のパケットスイッチ上に仮想網を構築する機構である OpenFlow の研究開発が活発化している。しかし、SDN 自体は制御アーキテクチャである。また、SDN の実現技術の 1 つである OpenFlow はパケットスイッチに実装される制御プロトコルであり、仮想網のリソース制御手法についてはまだ検討がなされていない。本研究開発による自己組織化制御技術は、SDN/OpenFlow ネットワークにおけるリソース制御技術にも適用可能である。さらに、最近 SDN/OpenFlow 技術をデータセンターだけでなく、キャリア網、光パズ網への適用拡大に向けた標準化議論が ONF (Open Networking Foundation) 等の標準化団体で開始された。世界的な規模で開発されている

SDN/OpenFlow ネットワークにもその成果が適用できるという点で、波及効果は極めて高い。また、提案者らは、キャリア網への NW 仮想化技術の適用に向けて、世界に先駆けて ITU-T SG13 での標準化活動を推進してきた。本技術の前提となるアーキテクチャは提案者らが推進する ITU-T の国際標準 Y.3011 (NW 仮想化のフレームワーク文書) および標準化作業中の勧告草案 Y.FNvirtreq (NW 仮想化の機能要件文書) に準拠しており、今後のグローバル展開を見据えて研究開発を進めてきた。上記の取り組みにより、提案技術が商用ベースで利用される前提条件である、NW 仮想化/SDN のキャリア網への適用が整備されつつある。

NW 仮想化技術については本研究開発により 100 仮想網までのスケール性を確認しており、実用上、十分な性能を達成できる見通を得た。研究開発終了後は個々の仮想網の大規模化やさらなるロバスト性の向上等の実用化に向けた技術課題の解決に注力していく。また、ITU-T および関連団体での寄書提案等を実施して本技術の国際標準化・グローバル化を推進していく。

### 4. むすび

課題全体として当初目標である、多数の仮想網の制御情報を集中型で情報収集する従来制御手法と比較して、管理ノードによるフィードバックを導入した提案制御手法により制御情報量 1/10 を実現し、実用化に向けて十分なスケール性を実現可能なことを確認した。

#### 【誌上発表リスト】

- [1] T. Miyamura, Y. Ohsita, S. Kamamura, D. Shimazaki, Y. Koizumi, S. Arakawa, K. Shimoto, and M. Murata, "Management of managed self-organizing network in network virtualization environment," WTC2012, March 2012.
- [2] Shin'ichi Arakawa, Yuki Minami, Yuki Koizumi, Takashi Miyamura, Kohei Shimoto, and Masayuki Murata, "A Managed Self-Organization of Virtual Network Topology Controls in WDM-based Optical Networks," Journal of Optical Communications, vol. 32, no. 4, pp. 233-242, Dec. 2011.
- [3] I.M. Kamrul and E. Oki, "Optimization of OSPF Link Weights to Counter Network Failure," IEICE Trans. Commun., vol. E94-B, no. 7, pp. 1964-1972, Jul. 2011.

#### 【申請特許リスト】

- [1] 大木英司、ナッタポン キットスワン、"情報処理、情報処理方法、およびプログラム"、日本、2011年6月9日
- [2] 宮村崇、塩本公平、小泉佑揮、村田正幸、荒川伸一、南勇貴、"仮想網制御方法及び管理ノード装置"、日本、特願 2011-172615
- [3] 鎌村星平、島崎大作、宮村崇、平松淳、小泉佑揮、荒川伸一、村田正幸、"仮想網制御方法、並びにプログラム"、日本、2012年3月27日

#### 【報道掲載リスト】

- [1] "仮想ネットワーク制御 ～ゆらぎを活用、NTT など～"、日刊工業新聞、2013年1月25日
- [2] "「ゆらぎ」を仮想網制御に適用 ～阪大、電通大と世界初の研究成果～"、電経新聞、2013年1月28日
- [3] "生体ゆらぎを応用 ～仮想ネットワーク制御技術開発～"、科学新聞、2013年2月1日