

スライサブルな超 100G イーサネットシステムを実現するための 大規模プログラマブル光ネットワークの研究開発 (13802700)

Scalable and efficient orchestration of Ethernet services using software-defined and flexible optical networks (STRAUSS)

研究代表者

北山 研一 大阪大学大学院工学研究科

Ken-ichi Kitayama Graduate School of Engineering, Osaka University

研究分担者

丸田 章博[†] 吉田 悠来[†] イエンス ラスムセン^{††} 高原 智夫^{††} 田中 俊毅^{††} 西原 真人^{††} 岡部 亮[†]
[†] 甲斐 雄高^{††} 森田 逸郎^{†††} 釣谷 剛宏^{†††} 吉兼 昇^{†††} 曹 孝元^{†††}

Akihiro Maruta[†] Yuki Yoshida[†] Jens C. Rasmussen^{††} Tomoo Takahara^{††} Toshiki Tanaka^{††}

Masato Nishihara^{††} Ryo Okabe^{††} Yutaka Kai^{††} Itsuro Morita^{†††} Takahiro Tsuritani^{†††}

Noboru Yoshikane^{†††} Xiaoyuan Cao^{†††}

[†]大阪大学大学院工学研究科 ^{††}富士通(株)ネットワーク 欧外事業本部 ^{†††}株式会社 KDDI 研究所

[†]Graduate School of Engineering, Osaka University ^{††}Fujitsu Ltd. ^{†††}KDDI R&D Laboratories Inc.

研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

概要

大容量・高速化かつ多様化するネットワークサービスを効率的に收容する低消費電力超 100G プログラマブル光イーサネットに関する研究を日本 3 機関・欧州 5 機関で協動的に実施する。スライサブルな超 100G イーサネット送受信技術とそれを用いた高機能光パス・パケットスイッチング技術、及び光ネットワークに特化した仮想化技術を研究開発し、日欧における大規模テストベッドでの実証実験を通して、先進的な超 100G イーサネットのプラットフォームを確立する。

1. まえがき

IoT/M2M 時代のメトロ・コア光ネットワークにおいては、通信品質や通信帯域等の異なる多様なサービスを効率的に收容するため、超 100Gbps 光ネットワーク機器の導入や、複数のネットワーク方式の採用、またそれらからなるマルチドメイン・マルチテクノロジ光ネットワークの高速、複雑、かつ一元的な制御機構が必要となる。

2. 研究開発内容及び成果

STRAUSS は、大容量・高速化かつ多様化するネットワークサービスを高効率に收容する大規模かつ低消費電力な超 100G プログラマブル光イーサネットを実現することを目的とする。先進的光イーサネット実現のための基盤技術として、高機能光パス・パススイッチングをベースとする柔軟な超 100G イーサネットトランスポート技術、光ネットワークに特化したネットワーク仮想化技術、そしてそれらを連携・統括するサービス・ネットワークオーケストレーション技術が挙げられる。

そこで STRAUSS では、日本 3 機関・欧州 5 機関の協力のもと、1) 光 DMT (Discrete Multi-Tone) 及び光 OFDM 技術を用いたスライサブルな超 100G イーサネット送受信技術、2) 固定長・可変容量光 OFDM パケット及び Flexi-grid DWDM 技術による帯域可変光パスを統合的に用いた柔軟かつコスト・エネルギー効率に優れた光パス・パケットスイッチングおよびそのノード技術、3) 光イーサネットトランスポートのリソースを仮想化し、動的かつオンデマンドで提供する光ネットワーク仮想化技術、4) GMPLS 及び OpenFlow を併用した仮想化のためのネットワークコントロール技術、また 5) End-to-End のイーサネットトランスポートサービスを提供するために 1)・4)までを連携・統括するネットワークオーケストレーション技術の研究開発を行った。特に、日本 3 機関について

では、富士通において、OpenFlow を用いたネットワーク制御に対応し、制御プレーンからの、伝送容量、伝送距離、消費電力等の優先順位 (ポリシー) 要求に応じて動作状態を変更可能な超 100G DMT 光トランシーバを研究開発し、また、大阪大学では、OFDM/DMT 方式を用いた固定長可変容量光パケットに関する研究開発を行い、距離適応、高クロストーク耐性といった新たな機能を持つ光パケットを提案し、数値解析、実証実験によりその有効性を明らかにした。一方、KDDI では、トランスポートレイヤと連携して、ネットワークオーケストレーターと連携可能な拡張 OpenFlow プロトコルを活用した光パス・パケットネットワーク統合制御に関する研究開発を行い、欧州チームと共にオーケストレーターのインタフェースの仕様を決定し、その機能をネットワークコントローラに実装すると共に、欧州チームと共同でネットワーク協調制御に関する実証実験に成功した。

図 1 は、最終年度にて行った日欧連携テストベッドデモの概念図である。情報通信研究機構耐災害 ICT 研究センター (仙台) の光統合ノードテストベッドを基盤とし、日欧の成果物を集積し、400G DMT 送受信機を用いた OPS ネットワーク及び、Tbps 級の可変グリッド (Flexi-grid) WDN OCS ネットワークを接続したデータプレーンを構築。さらに、コントロールプレーンにおいては、欧州 3 か所のテストベッドと接続、それらを SDN オーケストレーター (スペイン) により統合制御した。本実験結果は、超 100G の異種光ネットワークを一元的、かつ適応的・学習的に制御するアーキテクチャの実現可能性を示した例として、当該分野のトップカンファレンスである、Optical Fiber Communication Conference and Exhibition (OFC) 2016 において、ポストデッドラインペーパーとして採択された。

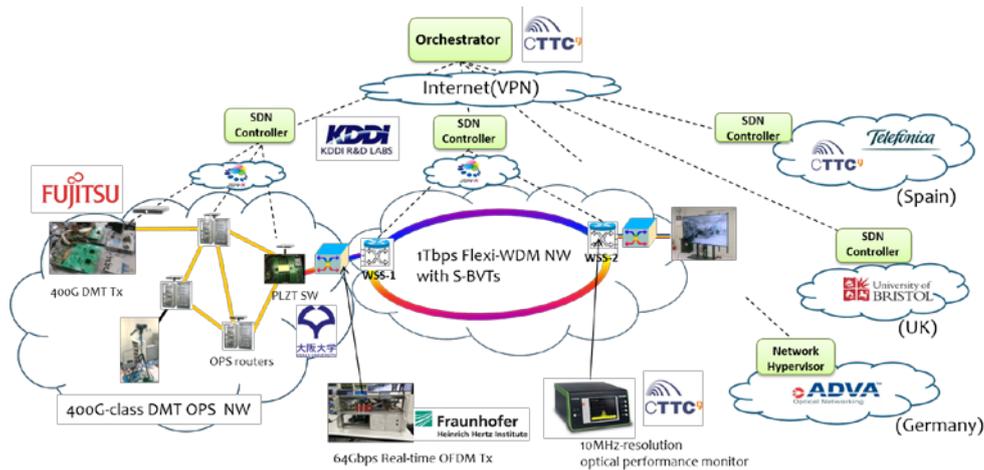


図 1. STRAUSS テストベットの全体像 : 400Gbps DMT 方式光パケットスイッチング(OPS) ドメイン及び、1Tbps 可変グリッド波長多重 (Flexi-grid WDM) ドメインのデータプレーンは、NICT 耐災害 ICT 研究センター (仙台) に設置。JGN 回線を用いて、制御プレーン (KDDI 研、さいたま市) に接続された。また、日本の 2 ドメイン、及び欧州 3 ドメインは、マルチドメイン・オーケストレーター (CTTC, スペイン) により一括制御。

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

光パケットスイッチングネットワークにおける光 OFDM 技術は、新規な研究分野であり、今後も国内外の主要な学術会議において、その可用性・有効性を周知。研究分野の今後の発展をけん引する。光 DMT 送受信機技術については、本研究開発成果や標準化活動等を通して得られた市場要求を鑑み、DMT 用 LSI の研究開発を進め、短距離向け 100Gbps DMT 小型送受信機の製品化を検討し、データセンター内またはデータセンター間等の需要が逼迫する市場への展開を目指す。一方、拡張 OpenFlow による光ネットワーク統合制御技術についても、そのネットワーク運用負担の軽減効果や回線設定迅速化について、引き続き展示会でのデモ等を通じて成果展開および普及活動を進める。

4. むすび

STRAUSS プロジェクトでは、日本 3 機関・欧州 5 機関の協力のもと、超 100G プログラマブル光イーサネットの研究開発に取り組み、日欧のテストベッド接続実験を通して、その実現可能性を実証した。

本研究開発成果は、光ネットワークの大容量化、複雑化のための、ハード、ソフト両面の要素技術を含んでおり、今後 IoT/M2M や 5G ネットワークを支える基盤技術としての活用が見込まれる。

【誌上発表リスト】

- [1]Y. Yoshida et al., "SDN-Based Network Orchestration of Variable-Capacity Optical Packet Switching Network Over Programmable Flexi-Grid Elastic Optical Path Network", IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology (invited) vol. 33 no. 3 pp. 609-617 (2014 年 8 月 28 日)
- [2]X. Cao et al., "Dynamic Openflow-Controlled Optical Packet Switching Network", IEEE Journal of Lightwave Technology vol. 33 no. 8 pp. 1500-1507 (2014 年 12 月 31 日)
- [3]M. Svaluto Moreolo et al., "SDN-enabled Sliceable BVT Based on Multicarrier Technology for Multi-Flow Rate/Distance and Grid Adaptation",

IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology (invited) Vol. 34 No. 6 pp. 1516-1522 (2016 年 3 月 15 日)

【申請特許リスト】

- [1]曹孝元、釣谷剛宏、「光パケットネットワーク制御装置」、日本、2014 年 10 月 3 日出願
- [2]T. Tanaka, T. Takahara, M. Nishihara, "OPTICAL TRANSMITTER, OPTICAL RECEIVER, OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM, OPTICAL TRANSMITTING METHOD, OPTICAL RECEIVING METHOD AND OPTICAL TRANSMISSION METHOD", 米国、2014 年 7 月 16 日出願
- [3]T. Tanaka, Tomoo Takahara, Masato Nishihara, "OPTICAL TRANSMISSION DEVICE AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM", 欧州、2015 年 2 月 10 日出願

【国際標準提案リスト】

- [1]IEEE802.3bs 400Gb/s Ethernet Study Group Atlanta Interim, "400GbE DMT Tolerance to MPI using DMT Test Chip", 2015 年 1 月 15 日提案
- [2]IEEE802.3bs 400Gb/s Ethernet Study Group Berlin Interim, "Chromatic Dispersion Penalty of 4x100G DMT for 10km SMF PMD", 2015 年 3 月 11 日提案
- [3]IEEE802.3 Pittsburgh Interim meeting, "Experimental validation of compatibility for heterogeneous DMT transmitters", 2015 年 5 月 18 日提案 他 5 件

【参加国際標準会議リスト】

- [1]IEEE802.3bs、北京、2014 年 3 月
- [2]IEEE802.3bs、ボニータスプリング、2015 年 9 月
- [3]IEEE802.3bs、ダラス、2015 年 11 月 他 6 件

【報道掲載リスト】

- [1] "KDDI、三菱電機ら 6 者 100Gbit 級光ネットワーク SDN での相互接続実験に成功"、電経新聞 (2 面)、2014 年 5 月 26 日
- [2] "KDDI 研究所など、100 ギガビット級コア・メトロ・アクセス光ネットワークの SDN 技術による相互接続に成功"、日刊工業新聞 Business line、2014 年 5 月 21 日
- [3] "KDDI 研究所と慶大など、SDTN 技術による大規模ネットワークの相互接続に成功"、日経プレスリリース、2014 年 5 月 21 日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.ict-strauss.eu/en/>