

ネットワーク仮想化技術の研究開発
(ネットワーク仮想化統合技術の研究開発)
Research and Development of Network Virtualization Technology
(Research and Development of Network Virtualization Integration Technology)

代表研究責任者 桐葉 佳明 日本電気株式会社

研究開発期間 平成 25 年度～平成 27 年度

【Abstract】

We have established network virtualization integration technology on top of network virtualization fundamental technology. This network virtualization, consisting of the following three kinds of technologies, enables wide area network resources to be dynamically re-organized in response to individual applications' quality requirements and usage types.

By utilizing these technologies, various type of virtual wide area networks can be constructed in multi-layer and multi-domain network environment where several telecommunications carriers and service platform operators are inter-connected. Such virtual networks could be organized on demand, in order to satisfy the quality requirements of various applications. They are also able to handle and to adapt with changes in user activity (ex. an introduction of new applications, an increase of the number of users) thanks to our flexible network resource provisioning capabilities. As a result, our technologies enable to prevent a quality degradation and to maintain a stable capabilities and performance.

(Item 1) Network management and control platform technology: This technology structuralizes complex network configurations that span multiple layers (wireless, optical, packet, and other networks) and multiple domains, enabling the integrated and rapid configuration/operation of virtual wide area networks.

(Item 2) Technologies for Common control and management of networks: These technologies utilize the virtual network's control structure database mentioned in Item 1, in order to create/manage a resource pool that stores the relationship between the layers and domains within the physical and virtual networks. This enables the dynamic allocation of network resources that exist across different layers and domains, and realizes the efficient use and stable operation of virtual wide area networks.

(Item 3) Technology for developing virtualization-compatible network devices; These technologies use the integrated control of multiple layers and domains in order to realize communications devices(nodes) that enable flexible re-configuration of the network capability, functionality and quality in telecommunications networks, and consist of two technologies: "automatic tunnel-setting processing" and "packet-aware optical path processing."

1 研究開発体制

- 代表研究責任者 桐葉 佳明（日本電気株式会社）
- 研究分担者 東條 弘†（日本電信電話株式会社†）
佐藤 陽一††（エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社††）
林 瑞泰†††（富士通株式会社†††）
坂本 健一††††（株式会社 日立製作所††††）
- 総合ビジネスプロデューサ 中村 秀治（三菱総合研究所）
- ビジネスプロデューサ 鈴木 晃二（日本電気株式会社）
福井 将樹†（日本電信電話株式会社†）
南 陽††（エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社††）
浦田 悟††（富士通株式会社†††）
三村 到††††（株式会社 日立製作所††††）
- 研究開発期間 平成 25 年度から平成 27 年度
- 研究開発予算 総額 2,524 百万円
(内訳)

平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度 (平成 26 年度補正)
1,266 百万円	710 百万円	548 百万円

2 研究開発課題の目的および意義

センサやスマートフォン等から集まる多種多量データ（ビッグデータ）の進展など通信サービスの多様化によりネットワーク上のトラフィック特性が、よりダイナミックに変化するようになったことに伴い、従来の電気通信事業者が運用するコア網及びアクセス網の公衆網におけるネットワーク構築、制御技術では迅速に対応することが困難な状況が生じつつある。これに対応するため、ネットワークの構築や制御を柔軟に可能とするネットワーク仮想化技術を、公衆網に導入できるレベルの機能と性能で実現するための研究開発に取り組む。

本研究開発成果の社会実装を加速するために、早期に実施、成果展開する枠組みとして、公衆網のうち、コア網およびアクセス網に適用を優先した「ネットワーク仮想化基盤技術の研究開発」を平成 25 年度（平成 24 年度補正予算）に実施し、同時に平成 25 年度に開始した「ネットワーク仮想化統合技術の研究開発」にて、多種多様なコア網及びアクセス網に適応し、それらを統合する技術の研究開発を取り組み、2020（平成 32）年までには 2010（平成 22）年時の約 35 倍に増加すると言われるデジタル情報を処理可能なネットワーク仮想化技術を確立する。

また、当該ネットワークの仮想化技術の早期導入に向けて、研究開発成果を広く公開することで、産学官による取り組みを推進し、また国際的な標準化活動等を推進する。

これらの取り組みを通じて、当該ネットワーク仮想化技術に対応した機器市場及びビッグデータ関連の新サービス市場を創出し、我が国主導による同市場における国際競争力を強化する。

3 研究開発成果（アウトプット）

本研究開発においては「ネットワーク仮想化技術の研究開発」における「ネットワーク仮想化統合技術の研究開発」と題して、SDN（Software-Defined Networking）を広域かつマルチレイヤに対応させ、ユーザ指向のネットワーク設計・運用環境を実現するための統合技術の研究開発を実施した。

具体的には、1. 統合ネットワーク管理制御プラットフォーム技術として、経路をフローにより共通モデル化する共通制御フレームワーク技術をベースに、仮想ネットワークを含むマルチレイヤ（OpenFlow／光コア／パケットネットワーク）におけるイベントやリソースの動的統合制御技術や SDN 技術の運用を効率化する SDN 運用評価ツールの研究開発およびネットワーク設計・構築・運用・監視のための SDN ガイドラインの策定、2. 仮想ネットワーク運用管理技術として、障害可視化（グローバルビュー）技術、障害箇所特定技術および多重障害復旧技術の統合化、3. 仮想ネットワーク対応ノード技術として、無線トランスポート網およびモバイル網の SDN 制御技術、汎用 PC サーバ上で動作する有線系ヘテロネットワーク連携ソフトウェアノード／制御ドライバの拡張およびデータの属性に応じて最適な回線レイヤ／波長レイヤを選択するマルチレイヤ制御技術の研究開発に取り組んだ。

基本計画書並びに実施計画書に従い、開発を機能検証、性能検証を含め予定通り完遂、それぞれ基本計画書における要求事項、実施計画書にて設定した目標機能性能を達成することを確認した。

後述する課題（1）、（2）、（3）の成果を組み合わせ、通信事業者・サービスプロバイダ間連携、サービスプロバイダ向け広域コア制御部および地域の魅力ある情報発信の可能性や実現性を訴求するアプリケーション・サービス連携の相互連携実証検証にも成功した。これらのことから、基本計画書に記載されている研究開発目標（アウトプット目標）である「1000 台規模のノードの公衆網におけるネットワーク資源を管理、設定し、合わせて迅速にネットワークの監視と制御を可能とする技術を、IP パケット転送、トランスポート、光伝送等のノードに適用及び連携を可能とするプラットフォームを実現する」は達成したと言える。

更に、基本計画書のその他 特記事項に記載されている総務省、文部科学省および経済産業省における関連施策との共同実証実験に参加し、総務省管轄の本研究開発の成果であるネットワーク仮想化技術によるオンデマンドなネットワーク構築と、文部科学省管轄の研究開発成果である収集されたデータから有益な情報・知見をリアルタイムで抽出できる基盤技術と、を連携させる統合実証を実施して、ビッグデータによる新産業・イノベーションの創出に向けた基盤整備が着実に進捗していることを確認した。

各課題の成果詳細は、以下の各項で述べる。

3. 1 課題（1）ネットワーク管理制御プラットフォーム技術

固定や無線の種々のアクセス網及びコア網を統合したネットワークにおいて、1000 台規模の多種多様通信機器により構成される複数種別の物理ネットワークの上に、100 以上の品質等種別が異なる通信を論理多重化した仮想ネットワークの設定や変更を分単位で実現可能とする統合ネットワークの管理、制御プラットフォームを実現する。

課題（1）－ア SDN 設計技術

広域網への SDN の適用に向けて、設計・構築・運用に必要な要件を体系的に整理、各工程に対する SDN ガイドラインとしてまとめた。具体的には、平成 26 年度に設計・構築編を公開、平成 27 年度には新たに運用編を追加し、SDN ガイドライン 1.0 版として公開した。

特に運用の部分に関しては、SDNの実運用で必須となる

OAM (Operations, Administration, and Maintenance) 機能の検討を行い、Continuity check、Link trace、Loop back、Topology Discovery の各機能を実装のうえ PoC (Proof of Concept)を実施し、SDNの運用における OAM 機能の有効性を確認した。

また、抽出した要件や課題、SDN 運用評価ツールの評価結果等に基づき、SDN 技術を適用するための指針や基本的な考え方を体系的に整理して、「SDN ガイドライン」に盛り込むことで、充実を図った。

課題（１）ーイ OpenFlow ネットワーク資源制御技術及び共通制御フレームワーク技術

本研究開発では、ネットワーク資源を統一的に制御可能なモデルへ抽象化し、これらに対する単純な演算機能の組み合わせで、種別の異なるネットワークを共通制御できる技術の開発を目指している。その実現に向け、下記 5 テーマに取り組んだ。

(1)共通制御フレームワーク(VTN モデル化) (平成 25 年度成果)

統合制御プラットフォームから仮想テナントネットワークモデルを採用する OpenFlow ネットワークを管理、制御するための方法について検討し、試作検証をおこなった。統合制御プラットフォームが提供するネットワークモデルに VTN のモデルの属性をマッピングして、統合制御プラットフォームのオペレーションにより、VTN モデルのコントローラ(UNC)への設定が反映されること、また、UNC から取得した物理トポロジ情報、フロー情報を統合制御プラットフォームで扱えることを確認した。

(2)共通制御フレームワーク(フロー制御モデル化) (平成 26 年度成果)

共通制御フレームワークにて、経路の設定をフローとして抽象化モデルで定義することで、抽象化モデルの単純な演算機能の組み合わせで、種別の異なるネットワークの共通制御が行えることを確認した。

(3)冗長パス管理機能 (平成 27 年度成果)

冗長パスのモデルとそれを用いたパス制御方式、およびマルチレイヤネットワークにおけるリソース提供方式を作成し、エミュレーション環境において各方式の動作を実証した。また、共通制御フレームワークを用いたコントローラについて、エミュレーション環境において性能評価を行った。評価により 1000 ノードからなるマルチレイヤ・マルチドメイン NW において、4 拠点を端点に持つスライス 100 個を約 370 秒で構築可能なスケーラビリティを持つことを確認した。

(4)スライス間接続機能 (平成 27 年度成果)

プログラマブルな広域ネットワークを利用するユースケースとして、異なるデータセンタ上に構築されたスライス間のオンデマンドな相互接続を実現するために必要な要件について整理／定義を行なった。また、共通制御フレームワークを用いて本要件を満たす試作を行ない、2,000 スイッチ以上で構成される模擬広域ネットワークを対象とした評価により、三つの DC を相互接続する WAN スライス 100 面を約 7 分強で構築可能なスケーラビリティを実現できていることを確認した。

(5)ネットワークデータモデルによる制御 (平成 27 年度成果)

ネットワークデータモデルによる制御機能を提案し、その実装を行った。この実装を用いて、種別の異なるネットワークモデルにおいても共通制御が実現可能であることが確認できた。

これらの研究開発を通して、異種のネットワーク技術から構成される 1000 台規模の大規模ネットワーク上において、品質などの要求が異なる 100 以上のスライスを 10 分以内に構築可能であるとい目標を、達成していることを確認した。

課題（１）－ウ パケットネットワーク抽象管理技術

固定や無線の種々のアクセス網及びコア網を統合したネットワークにおいて、1,000 台規模の多種多様な通信機器により構成される複数種別の物理ネットワークの上に、100 以上の品質等種別が異なる通信を論理多重化した仮想ネットワークの設定や変更を分単位で実現するため、本研究開発では、統合化パケットネットワーク資源抽象化管理技術並びに、パケットネットワークイベント管理制御技術の確立を目指した。

(1)統合化パケットネットワーク資源抽象化管理技術

仮想ネットワークが要求する多様な通信品質・信頼性を実現するためのパケットネットワークと光ネットワークの間で、パス、クロスコネクションのリソースを、一元的に取り扱うために、他レイヤネットワークと水平方向及び垂直方向に関連付け可能な、構成に関する統合化パケットネットワーク管理モデルを規定する。また、パケットネットワークと他のネットワークと統合的に連携して動的に資源を管理し、パケットネットワークのネットワーク DB として実装することで、パラメータ個別に設定を実行するのではなく、関連する設定を複数連結して実行することにより、100 以上の仮想ネットワークを論理多重化したネットワークの設定や変更を 10 分程度で実現可能とした。

(2)パケットネットワークイベント管理制御技術

パケットトランスポートノード制御ドライバを介してパケットネットワーク全体から収集した障害に関するイベントと状態情報を、抽象化資源情報と関連付けて動的に管理する。また、イベント及び状態情報に関する統合化パケットネットワーク管理モデルを規定し、ネットワーク DB として実装することにより、パケットネットワーク管理制御部からの統一的な取り扱いを可能とする。また 100 以上の仮想ネットワークから構成される環境において、仮想ネットワークから物理ネットワークの障害検出を 10 数秒程度で判断可能とした。

課題（１）－エ 光コアネットワーク統合資源管理機能

固定や無線の種々のアクセス網及びコア網を統合したネットワークにおいて、1,000 台規模の多種多様な通信機器により構成される複数種別の物理ネットワークの上に、100 以上の品質等種別が異なる通信を論理多重化した仮想ネットワークの設定や変更を分単位で実現するため、他レイヤのネットワークと連携して動的に資源を管理・制御する光コアネットワーク統合資源管理技術の開発を行う。

本目標を達成するために、平成 25 年度においては、統合共通制御フレームワークに必要な制御機能の抽出と、光コア SDN アーキテクチャの検討を実施した。また、パケットネットワークおよび光コアネットワークを統合的に設定するための方式検討と実装評価を実施した。

平成 26 年度においては、動的な光コアネットワーク制御を実現するためのマルチレイヤ光パス管理技術の開発、異なる通信を論理多重できるスライス生成技術、オンデマンドに光パスを提供するリソースプール化技術の検討を行い、統合共通制御フレームワークへの実装と評価を完了した。マルチレイヤ光パス管理技術に関しては、ホップバイホップ光パス、回線(ODU: Optical Channel Data Unit)レイヤカットスルーパス、光(OCh: Optical Channel、波長)レイヤカットスルーパスの 3 種類の接続方法を選択できるように、統合共通制御フレームワーク上の光コアネットワーク管理機能へ実装した。スライ

ス作成技術に関しては、光コアネットワークを2つの異なるネットワークに分割する光 slicer の実装を完了した。リソースプール化技術に関しては、光ネットワーク資源を事前にプール化する機能の検討と実装を完了した。また、OpenFlow プロトコル回線拡張仕様を ONF に提案し、EXT-445 (Extension to OpenFlow Protocol to support OTN Electrical connections)として合意された仕様を実装した。これらの技術を実装したシステムを大手町環境で評価を行い、リソースプール機能を併用することで、1秒以下で光パスを設定できることを確認した。さらに、平成25年度に開発した光コアネットワーク制御ソフトウェアを、本委託で開発した共通制御フレームワーク ODENOS に実装し、オープンソース化することを実現した。

平成27年度においては、平成26年度に開発した光コアネットワークのリソース管理技術および光パス設定技術の実用性を検証した。そのためにまず、物理ネットワークを持たないサービスプロバイダでも、仮想的にネットワークリソースをオンデマンドで調達・利用を可能とするユースケースを策定した。そのユースケースをベースに、サービスプロバイダ等の上位レイヤから要求される異なる速度が混在した帯域を収容するために、複数の上位レイヤのリソース管理機能と連携した光コアリソース管理技術を開発した。異なる速度が混在した帯域の収容方法として、 $N \times 1.25 \text{ Gbps}$ 粒度で要求帯域を収容できる ODUflex 機能を利用し、対応の光コアリソース管理機能の実装を完了した。評価検証として、上位レイヤからのヘテロな帯域要求に対し、適切なODUパスを3秒以内で設定できることを確認した。

3. 2 課題（2）仮想ネットワーク運用管理技術

ア マルチレイヤ及びグローバルネットワーク監視制御技術

パケット多重ネットワークにおいて、サービス品質指定に基づいたマルチレイヤかつグローバル制御を可能とするとともに、仮想ネットワーク全体に対してのモニタリング及びトラフィックエンジニアリングを実現する。また、障害時にサービス品質指定に基づき仮想ネットワークを再構成とし、複数レイヤにおける多重障害からの復旧を従来比 1/10(10 秒程度)で実現する。

イ 仮想ネットワークトラフィック管理技術

1000 台規模の物理ネットワーク上で、仮想ネットワーク上の 100 以上のサービスアプリケーション種別を識別するトラフィック管理方式に関し、1 トラフィック情報収集処理および 1 トラフィック異常分析処理の 10 倍高速化（5 分単位の監視周期を 30 秒単位以下に改善）を実現する。

ウ 仮想ネットワーク信頼性管理技術

1000 台規模の物理ネットワーク上で論理多重化される 100 以上の仮想ネットワークを対象とし、ソフトウェアによるネットワーク設計検証の自動化により、従来、8 時間を要していた検証作業時間の 90%削減を実現する。

課題（2）－ア マルチレイヤ及びグローバルネットワーク監視制御技術

本研究課題では、複数のレイヤから構成されるパケット多重ネットワークを対象とし、100 以上の仮想ネットワークが設定された環境における多重障害から 10 秒程度にて復旧することを最終目標とする。本最終目標を達成するため、(1) 複数のレイヤから構成されるネットワークの状況を可視化するグローバルビュー（障害可視化）技術、(2) 可視化されたネットワークの警報情報から多重障害の部位を

特定する障害箇所特定技術、(3) 特定した多重障害に対して統合的な復旧を実行する多重障害復旧技術を開発する。

最終年度の第1の課題であるグローバルビュー（障害可視化）技術の研究開発において、ネットワーク全体をエリアに分割して管理を実行し、現用系として設定したパスに対する端点間での管理、通信装置レベルでの管理、及びエリアレベルでの管理でのネットワーク監視を行い、発生した障害を可視化するビューワー技術を開発した。第2の課題である障害箇所特定技術の研究開発において、通信装置のポートやリンクに対する端点間パスレベル、通信装置レベル、及びエリアレベルの3レベルの障害特定技術を開発した。第3の課題である多重障害復旧技術の開発において、前記3レベルの障害に対する復旧設定をネットワーク管理サーバが事前に算出及び各通信装置へ通知し、各通信装置は検出した障害の状況に対応した復旧設定を選択適用することにより、迅速に多重障害を復旧する技術を開発した。また、開発した前記の3技術を統合実装したプロトタイプシステムを構築し、100仮想ネットワークを構成した環境において評価した結果、平均約4秒程度にて多重障害の復旧設定が可能なることを検証した。

多重障害を検知及び復旧制御するネットワーク管理システムを試作し、シミュレータにて実装した複数レイヤから構成されるパケットトランスポートネットワーク環境を用いて評価した結果、100仮想ネットワークを構成した環境において、平均約4秒程度にて復旧設定が可能なることを検証し、最終年度の目標を達成した。

課題（2）ーイ 仮想ネットワークトラフィック管理技術

本研究課題では、トラフィック異常を高精度に分析し早い段階で検出を行うリアルタイム処理性能と、多種多様なアプリケーションサービスへの対応を可能とするトラフィック処理条件を動的に変更可能な柔軟性を有するトラフィック管理システムの実現を目標として、平成25年度に本研究活動を行った。

平成25年度は、仮想ネットワーク単位にトラフィック情報を生成する技術と大量に生成されるトラフィック情報の集約・加工処理技術に関して、基本方式の検討ならびに試作による有用性の検証を行った。トラフィック情報の集約・加工処理を実現する情報処理ノードに関して、処理ルールの配備方式を考案し、トラフィック情報を1/5に削減できることを確認した。また、1000台規模のネットワーク適用に向けた負荷分散の方式検討により、1000台規模のネットワークにおいて、トラフィック情報を削減することで監視周期を1/10に改善し、大規模仮想ネットワークに対する監視効率の10倍化を実現。

課題（2）ーウ 仮想ネットワーク信頼性管理技術

本研究開発では、仮想ネットワークを構成するための仮想ネットワーク設計情報や、物理ネットワークの構成情報から、ネットワークにおいて喫緊の障害（例えば、パケットの不達、ループ経路の発生、帯域不足等）を高速に検出するための仮想ネットワーク検証・テスト技術を確立することを最終目標として、平成25年度に本研究活動を行った。特にパケットの不達やループ経路の発生という経路に関する定性的性質を検証する経路検証と、帯域不足等の定量的な問題を扱う帯域検証の二種類の検証技術の研究に取り組んだ。

本研究活動は、まず、仮想ネットワーク検証・テスト技術の基本方式の検討を行い、方式の実現可能性を目標とし、研究開発を遂行した。その結果、仮想ネットワークが経路的に問題が無いかを検証する経路検証技術の基本方式を策定し、プロトタイプをもとに実現可能性を確認した。また、その高速化方式を考案し、本高速化方式により従来方式より10倍の高速化を確認した。また、帯域検証においても

基本方式を確立するとともに、プロトタイプにより実現可能性を確認した。目標である 1,000 ノード、100 仮想網を対象に、仮想ネットワーク設計・テスト技術により、誤設計を自動検出することで、検証作業時間 8 時間の 90%以上削減を実現した。

3. 3 課題（3）仮想ネットワーク対応ノード技術

ア ヘテロネットワーク連携ノード及びドライバ技術

無線、有線の複数規格における 10 種類以上のローカルネットワークと 10Gbps の公衆アクセス網を相互接続し、これらのネットワーク間でデータ流通の相互連携ならびに仮想ネットワークとして管理と制御を可能とするノード技術を実現する。

イ マルチレイヤノード制御技術

ソフトウェア定義のプログラマビリティを活用しながらデータの属性に応じて最適なレイヤ上での効率的なデータ転送を実現するためのマルチレイヤノード向けの制御方式を確立する。これにより、従来、数 10 分を要してパケットネットワークと回線・光ネットワークをそれぞれ独立して手動設定した場合に対して、10 分以内でのネットワーク設定を実現する。

課題（3）－ア ヘテロネットワーク連携ノード及びドライバ技術

ネットワークノード仮想化技術では、ビッグデータ流通基盤の実現に向け、データの特性に合わせてローカルネットワーク／アクセスネットワーク／コアネットワークを仮想化／最適化できる SDN 対応ネットワークノード技術の実現を目指している。

今年度は主に、無線トランスポート網およびモバイル網における SDN 制御技術の確立、汎用 PC サーバ上で動作する有線系ヘテロネットワーク連携ソフトウェアノードおよび制御ドライバの拡張による有線系 10 種類以上のローカルネットワーク収容／相互接続と 40Gbps 級スループットの達成、およびデータの属性に応じて 10 分以内に最適なレイヤを選択してデータ転送を実現するマルチレイヤ制御方式の確立に取り組んだ。

本研究開発では、基本計画において目標とした機能の基本検討／試作／基本検証を通じ、最終年度に向け、その実現性を確認した。

それぞれの具体的な取り組みについて以下に述べる。

課題（3）－ア－1 無線系ヘテロネットワーク連携ノード制御及びドライバ技術

平成 27 年度は、平成 26 年度までの成果を用い、無線、有線の複数規格で構成される、用途・要件が異なる 10 種類以上のローカルネットワークから 10Gbps の公衆アクセス網にわたって、流通するデータトラヒックの識別を可能とし、ヘテロネットワーク環境において相互にデータ流通や仮想ネットワークの構成が可能であることを確認した。

また、本研究では、不安定な無線ネットワーク環境において、リンク劣化が生じる無線トランスポート装置の QoS 機能を利用せず、かつ無線トランスポートネットワークのトポロジーに依存せずに、モバイル網を流れるトラフィックの QoS 要件を満たすため、無線リンク容量の利用率を考慮したネットワーク制御を実現するための技術検討を行った。その結果、利用率を考慮してフロー単位で帯域制御を実現するアルゴリズムを開発した。また、開発したアルゴリズムを検証すべく、共通制御フレームワークである ODENOS および商用の無線トランスポート装置を含む、光パケット無線統合環境の評価システムを構築した。動作検証の結果、無線リンクの劣化度合いに応じて、帯域制御

を受けるフローの数が増えることを確認したことで、所望の動作が行われたことが検証できた。本研究では、無線トランスポート網の SDN 制御技術の確立およびモバイル網の SDN 制御技術の確立と、両技術を組み合わせた実証実験システムの構築と、そのシステム上にてビッグデータの情報源となるセンサ、カメラ、スマートフォン等の通信を発生させ、性能評価を行った。実験の結果、複数種類のローカルネットワークの収容や相互接続が可能であること、また、無線トランスポート網内での帯域劣化に連動し優先度に応じた経路制御が機能することを確認した。

課題（3）－ア－2 有線系ヘテロネットワーク連携ソフトウェアノード構成技術とドライバ技術

異なる複数の有線系ローカルネットワークを収容し、高速に公衆アクセス網へ相互接続させることを実現する、有線系ヘテロネットワーク連携ソフトウェアノード構成技術と上位制御・管理システムから制御を可能にさせるドライバ技術の研究開発を行い、基本計画書及び実施計画通り、10Gbps 回線に対応し 10 種類以上のローカルネットワークとの相互接続とデータ流通を実現し、成果目標を達成した。

本年度は、汎用 PC サーバ上で動作する有線系ヘテロネットワーク連携ソフトウェアノードと制御ドライバを検討し、有線系プロトコル処理の機能拡張と対応プロトコルの拡充を行い、有線系の 10 種類以上のローカルネットワークの収容と相互接続を可能にした。また、内部の packets 処理部のベンチマークと最適化を行い、10Gbps 回線の速度を超える 40Gbps 級スループットを達成し、超高速にローカルネットワークと公衆アクセス網への接続を可能にした。さらに、広域網への適応を可能にすべく、OpenFlow switch の仕様を拡張し、SDN コントローラやアプリケーションによるトンネルプロトコルの処理を制御可能にした。

NFV における高性能な packets 処理を実現するため、バーチャルマシン型仮想化環境に加え、コンテナ型仮想化環境に対応し、NFV アプリと仮想ソフトウェアスイッチ間を高速かつ低オーバーヘッドに接続する、仮想ネットワークインターフェースカード機構を検討した。60Gbps 以上のネットワーク I/O スループットを達成し、公衆網での長期運用を支援する機能も具備させた。さらに、大規模公衆網での適応を考慮し、有線系ヘテロネットワーク連携ソフトウェアノードの高可用性、高信頼化、運用高度化を実現するため、拡張可能なソフトウェアノードの設定・管理機構を実現し外部システムとのさまざまなソフトウェアノード連携制御・管理 API も実現した。

課題（3）－イ マルチレイヤノード制御技術

マルチレイヤノード制御技術の研究開発においては、ソフトウェア定義によるプログラマビリティを活用しながら、ユーザから packets 信号として供されるデータの属性に応じて転送を行う最適なレイヤを選択し、その上で効率的なデータ転送を実現するためのマルチレイヤノード向けの制御方式を確立することを最終目標とする。これにより、従来は、packets ネットワークと回線ネットワークや光ネットワークをそれぞれ独立して手動設定するために数 10 分間の時間が必要であることに対して、マルチレイヤノード制御技術を用いることにより 10 分以内でのマルチレイヤネットワークの設定の実現性を検証する。

上記の目標の実現に向け、①ユーザの信号として供される packets 信号の収容・転送レイヤの決定するための設計技術の研究開発、および、②設計結果に従い、ユーザの要件を満足する仮想ネットワークを提供するための物理ネットワーク制御技術の検証を行なった。①ではユーザ信号である packets 信号

をパケットレイヤ上、或いは、回線レイヤ（ODU）や光レイヤ（OCh、波長）の何れかにおいて収容・転送するかを決定するための設計技術の研究開発を行なった。SDNによるオンデマンドなネットワーク設定に対応するため、設計手法としては短時間で計算が可能となるヒューリスティック手法を適用することにした。開発した設計技術では、ユーザの要件である帯域および遅延特性を満足しつつ、リソースの利用効率を考慮してユーザ信号を転送するレイヤおよびその経路を決定する技術を開発し、下記に示す検証によりその動作を確認した。②においては前記の設計結果に従いマルチレイヤ対応光コアノード装置に対する制御を行い、1,000 ノード規模のネットワークにおいて 100 スライスの制御を 10 分以内で実現可能かの検証を行なった。その結果、パス当たりの設定時間は 2 秒程度で実現可能であることを確認した。100 スライスの制御を 10 分で実現するシナリオの詳細な内訳については相互接続検証の節で説明するが、この目標を実現するために十分な性能が得られていることが確認された。

4 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた取組みの実施状況

本ネットワーク仮想化技術に対応した機器市場及びビッグデータ関連の新サービス市場を創出し、我が国主導による同市場における国際競争力を強化するために、研究開発技術そのものの普及・展開を目指す「国際標準化」、研究開発成果の利用者裾野の拡大を目指す「OSS を含む成果オープン化」、研究開発機関としての市場貢献を目指す「事業化・製品化推進」の3施策に特に注力して活動してきた。

1) 国際標準化

ネットワーク仮想化技術の領域では SDN が注目されているが、国際標準化の動きにおいても同様に活気を帯びている。本研究開発では研究成果を国際標準化へ提案し、標準化獲得による社会実装に係るイニシアティブの確立を目指すために、まず初めに総合ビジネスプロデューサを中心に、以下二つの視点でとらえ、動向調査を開始し、ポートフォリオを策定した。

- ① 技術・実装指向に基づく技術の普及促進の視点
- ② 日本競争優位となるグローバル競争ルールの策定と制定の視点

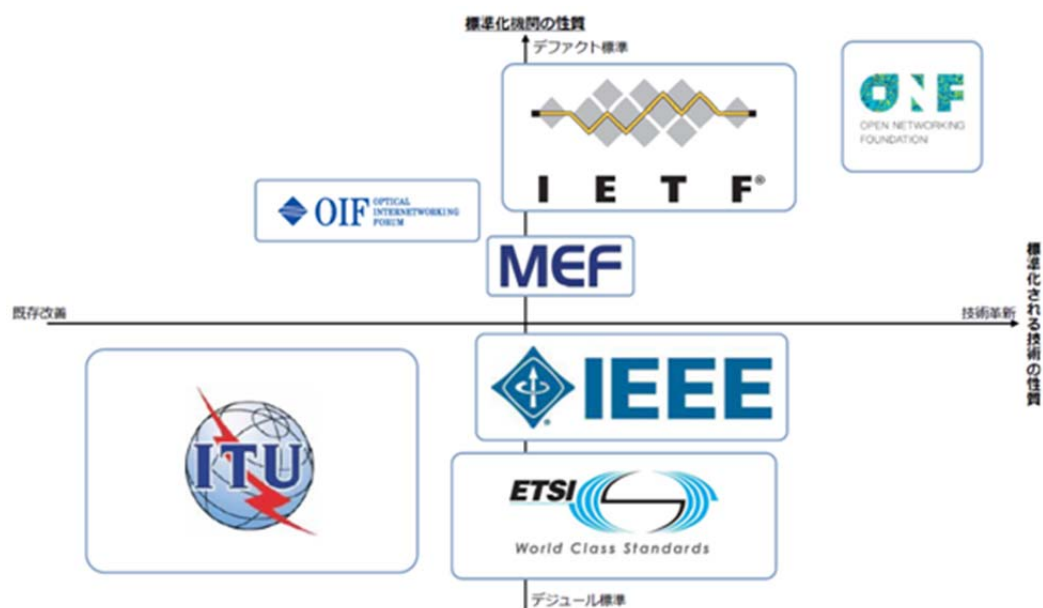


図 標準化団体のポートフォリオ

次に、広域 SDN の展開に向けて必要となる要素の標準化やデファクト化に関して、ITU-T^{*1}、ONF^{*2} 及び IETF^{*3}にて具体的な活動を始めた。ITU-T では SDN 要件定義書 (Y.SDN-REQ) の勧告化を支援し、ONF では、OpenFlow、光トランスポートおよび無線トランスポート制御に係る標準化、IETF^{*3} ではトラフィック制御アーキテクチャ及びシグナリングにかかわる RFC(Request for Comments)化に向けた検討に貢献している。特に、ONF における光および無線分野の標準化は、O3プロジェクト関係者が大きく貢献した。

最後に、OpenFlow の光(OTN)拡張標準化への貢献に対して、ONF より富士通研究所の山下真司氏が平成 26 年 9 月に表彰され、鈴木敏明氏、遠藤英樹氏、下川功氏、坂本健一氏、井内秀則氏、小河太郎氏、加藤貴法氏、高瀬晶彦氏が平成 26 年 11 月に The Third International Conference on

Communications, Computation, Networks and Technologies. INNOV 2014 にて Best Paper Award を受賞した。

*1 International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector

*2 Open Networking Foundation *3 Internet Engineering Task Force

表 標準化活動状況（委託研究実施期間中）

標準化機関	時期	概要
ITU	2013年11月	■ 光カッスルーを含む、SDNのフレームワークの提案に対しインプット
	2014年2月	■ 2013年11月の提案文書の勧告化に貢献
	2014年7月	■ SG13へ複数レイヤ連携によるネットワーク障害復旧要求仕様について提案
	2015年4月	■ SG13のSDN機能アーキテクチャ、機能要求条件の勧告化作業に貢献(寄書提案等)
ONF	2013年10月	■ Optical Transport Network主要機能をサポートするためのOpenFlowプロトコル拡張仕様を提案 ■ プロトコル拡張に関するチケット発行(ONF標準化プロセス管理ツールへの登録)に貢献 ■ プロトコル拡張WGにて、ソフトウェア転送ノードLagopusのOpenFlowスイッチの実装報告を行い、OpenFlow仕様検討へフィードバック ■ Test & Interoperability WGにて、OpenFlowスイッチ仕様の適合性試験プログラムの提案
	2013年12月	■ 無線トランスポート網制御およびモバイルコア網のGatewayの仮想化が、Wireless & Mobile WGのユースケースとして承認。
	2014年3月	■ OpenFlow回線拡張をONF OTWGIに提案し承認された。EXT-445仕様として登録され、次期OpenFlowプロトコルへの正式採用に向け活動中
	2014年8月	■ モバイルコア網向けトンネル制御方式がWireless & Mobile WGにて承認
	2014年9月	■ ONF member workdaysにおいて、Optical Transport分野における Outstanding Technical Contributorを受賞
	2014年10月	■ 無線トランスポート網向けリンク制御方式および情報管理モデル拡張がWireless & Mobile WGにて承認

標準化機関	時期	概要
ONF	2014年10月	■ 無線トランスポート網向けリンク制御方式および情報管理モデル拡張がWireless & Mobile WGで承認
	2015年3月	■ "Optical Transport Protocol Extensions Version1.0 (ONF TS-022) March 15, 2015" がONFボード承認を経て一般公開
	2015年6月	■ 次期OpenFlow(ver1.6)への回線拡張仕様適用に向けたフォローアップ。 ■ 無線トランスポート向けOpenFlowプロトコル仕様策定に貢献。
	2015年9月	■ "Wireless Transport SDN Proof of Concept White Paper"策定に貢献。 ■ ONFメンバ会合に参加し、OTWGIにて作成予定の文書"Optical Transport Protocol Extensions ver1.1"に関する議論に参加。
	2015年10月	■ 無線トランスポート向けOpenFlowプロトコル仕様 PoC検証への貢献。
	2015年12月	■ OTWGIテレコンへの参加・議論を通じ、"Optical Transport Protocol Extensions ver1.1"のドラフト作成に貢献し、ONFサイト(AROシステム)に登録。
IETF	2014年2月	■ マルチレイヤネットワークにおけるリソース事前準備方式をInternet Draftとして提案 ■ 各レイヤ管理システム間の連携プロトコルの必要性をInternet Draftとして提案
	2015年2月	■ ACTN (Abstraction and Control of Transport Networks)へネットワーク障害復旧要求仕様について提案
	2015年7月	■ ネットワーク障害復旧ユースケース&要求仕様等について、TEAS (Traffic Engineering Architecture and Signaling) WGへ継続提案。

2) OSS を含む成果のオープン化

本研究開発を着手した時点は、SDN というキーワードは出てきていたものの、主たる市場は DC (データセンタ)。欧米の主要通信事業者も関心表明はしていたものの、部分的な PoC に留まっており、大手グローバルベンダも対応を表明する程度で、市場は様子見の状況であった。

研究開始後は、ネットワーク仮想化技術を取り巻く動向として、SDN が注目され初め、OpenDaylight 等の OSS コミュニティやグローバルベンダの当該領域への製品展開が活気を帯び始めてきた。そこで具体的なプロモーションも含めたアクション・プランを策定するために総合ビジネスプロデューサーが中心となり、各社のビジネスプロデューサーや研究リーダーにより、各種 OSS コミュニティやグローバルベンダの動向調査を開始し、ポートフォリオを策定した。

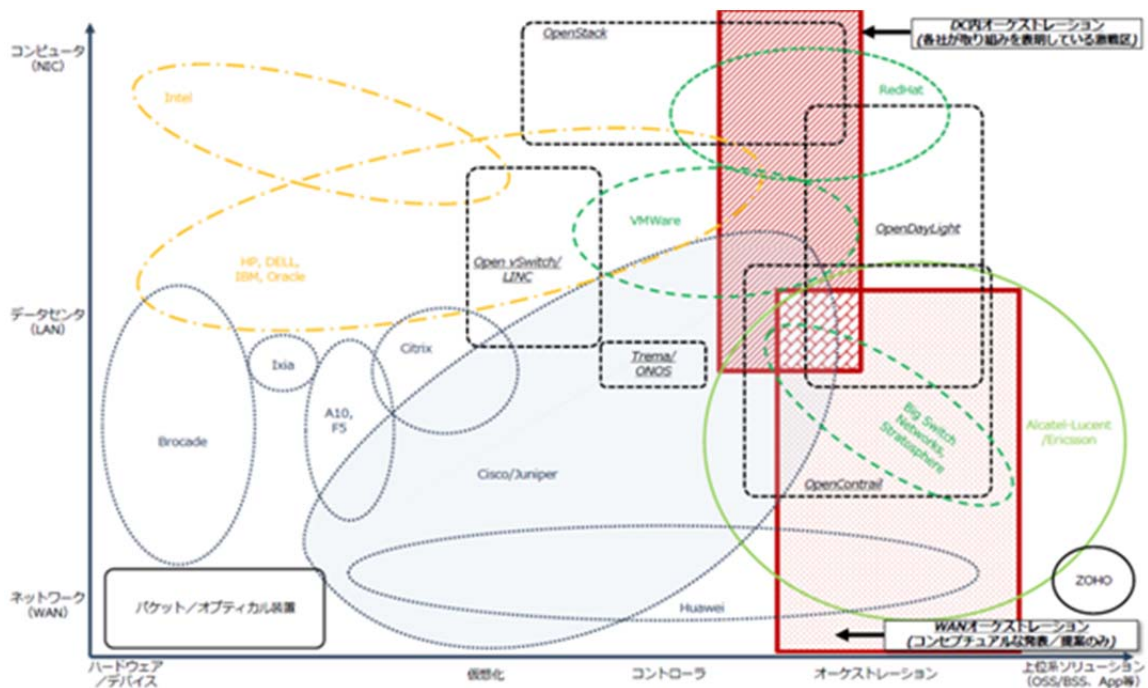
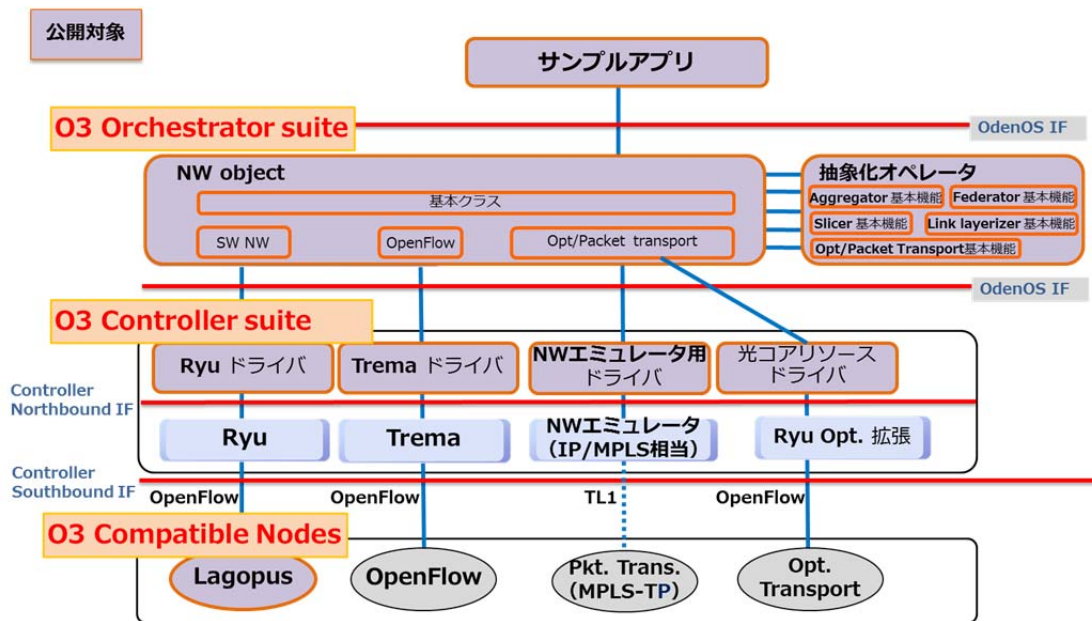


図 ① OSS コミュニティ・グローバルベンダのポートフォリオ

その結果、広域ネットワークインフラを統合管理するプラットフォームや、そこで用いるアプリケーションなどを OSS(Open Source Software)として公開し、SDN ネットワーク設計を行う際に必要となるハードウェアやソフトウェアの機能要件と求められる選定基準（性能・信頼性・容量等）、及び評価手法等について記述した SDN ガイドラインを公開することにした。更に人々が本研究開発プロジェクトを覚えやすいように、愛称（O3（オースリー）プロジェクト）を付け、WEB サイト* を立ち上げた。平成 26 年度のは当該研究の公開を下賜するとともに、フォーラム、展示会や研究会などでのプロモーションを開始した。平成 26 年度は、OSS（Open Source Software）や SDN ガイドラインを本 WEB サイト*にて発表し、平成 27 年度は拡張、メンテナンスを行った。更に、国内外で延べ 20 回以上のハンズオンや展示等を通じて、利用者の裾野拡大に取り組んだ。本プロジェクトの成果のオープン化を検討している領域は下記図に示す通りである。

*) <http://www.o3project.org/ja/download/index.html>



図：研究開発成果の OSS 化領域

① SDN ガイドライン

平成 27 年 3 月に設計・構築フェーズを公開し、平成 27 年度は運用・監視フェーズを作成するとともに、全体的な完成度の向上のための統合化を行った上で、平成 28 年 3 月に公開を実施した。SDN 運用評価ツールについては、実用化においてシステム自体の信頼性や拡張性、操作性といった課題がまだ残っているため、今後は、実用性の観点からこれらの課題についての開発と技術評価を行う。また、その結果をふまえ、オープンソース化等の手段も含めて、成果の活用を計画中。

(NTT コミュニケーションズ株式会社)

② ソフトウェア転送ノード(Lagopus)

平成 26 年 7 月の OSS として公開を実施した。公開前に Interop Tokyo2014 にあわせ、6 月にプレスリリースを実施し、コミュニティを形成し、ハンズオンや BOF を実施した。

(日本電信電話株式会社)

③ 通制御フレームワーク(ODENOS)

平成 27 年 2 月に公開実施するとともに、プレスリリースを実施した。(日本電気株式会社)

④ SDN 対応パケットトランスポートノード

平成 27 年 3 月に公開実施した。

(株式会社日立製作所)

⑤ SDN 光コアネットワーク対応ドライバ

平成 27 年 3 月に公開実施した。

(富士通株式会社)

研究成果をオープン化することによる本研究開発の理念や活動内容をグローバルに情報発信し、公開した成果の展開に向けた仲間作りを図るべく、O3 プロジェクトのホームページを立ち上げるとともに、各種イベントやメディアなどへのプロモーション活動（プロジェクト紹介/招待講演/研究発表/デモンストレーション等）を積極的に実施した（主な活動を下記に示す）。

① 平成 25 年 9 月 17～20 日： SDN Japan での講演（以後、平成 27 年度まで 3 年連続参加）

② 平成 25 年 12 月 3 日： TEIN4 Future Internet Workshop (@タイ) での講演

- ③ 平成 25 年 12 月 12～13 日： Okinawa Open Days にて SW SDN スイッチのデモ展示
(以後、3 年連続参加)
- ④ 平成 26 年 3 月 2～4 日： ONS (@米国) でのデモ展示 (平成 27 年度も参加)
- ⑤ 平成 26 年 6～7 月： 日経コミュニケーション 6, 7 月号掲載
(“O3 プロジェクトの目指す将来像”)
- ⑥ 平成 26 年 6 月 11～13 日： Interop Tokyo でのデモ展示 (平成 27 年度も参加)
- ⑦ 平成 26 年 10 月 13～16 日： SDN & OpenFlow World Congress 2014 (@ドイツ) での展示
- ⑧ 平成 26 年 10 月 21～23 日： Broadband Forum 2014 (@オランダ) での講演
- ⑨ 平成 26 年 11 月： ITU ジャーナル 11 月号掲載
(“iPOP2014 特集にて O3 プロジェクトの展示、デモ紹介”)
- ⑩ 平成 26 年 11 月 2～5 日： SDN / MPLS 2014 (@アメリカ) での講演
- ⑪ 平成 27 年 4 月 20 日： iPOP2015 (@沖縄) での講演, デモ展示
- ⑫ 平成 28 年 2 月 17 日： ASEAN Smart Network (@東京) での講演、Hands-on
- ⑬ 平成 28 年 3 月 23 日： O3 シンポジウム (@東京)

3) 事業化・製品化推進

総合ビジネスプロデューサーと各社ビジネスプロデューサーが連携し、事業化・実用化を検討した。下記に各社の検討状況を示す。

(日本電信電話株式会社)

平成 27 年 5 月には、NICT (情報通信研究機構)が RISE (広域 SDN/OpenFlow テストベッド)への Lagopus 導入に向けた検討を開始したり、平成 27 年 10 月には Internet2 上での非圧縮 UDH ビデオストリーミング配信実験環境への採用が決定したり、社会実装は着実に進んでいる。

(NTT コミュニケーションズ株式会社)

SDN 運用評価ツールについては、基本となる機能の実装及び配備機能の分散化による性能向上を確認した。しかし実用化についてはシステム自体の信頼性や拡張性、操作性といった課題がまだ残っている。今後は、実用性の観点からこれらの課題についての開発と技術評価を行う。また、その結果を含めてオープンソース化を計画中。

また、SDN 運用評価ツールや SDN ガイドラインにとどまらず、トランスポート SDN や Lagopus など本委託研究全体の成果に対し、通信事業者の広域網への適用性を評価し、事業導入に向けた検討を行う。

(日本電気株式会社)

平成 27 年 6 月に、ONOS (Open Network Operating System)によるデータセンタ環境を管理下に加えたトランスポート SDN PoC を、NTT コミュニケーションズと共同実施し、平成 27 年 10 月には、ONF にてキャリアを含む 9 社で無線トランスポートの SDN 化の有効性/可能性を検証した。

(株式会社日立製作所)

本研究にて確立したマルチレイヤネットワークのグローバル監視制御技術、及びパケットネットワーク抽象管理技術をベースとした製品化 (マルチレイヤオーケストレータ、SDN コントローラ) の商用化

を計画中である。適用領域は、広域キャリアネットワークのみでなく、社会インフラ分野への適用も検討していく。

(富士通株式会社)

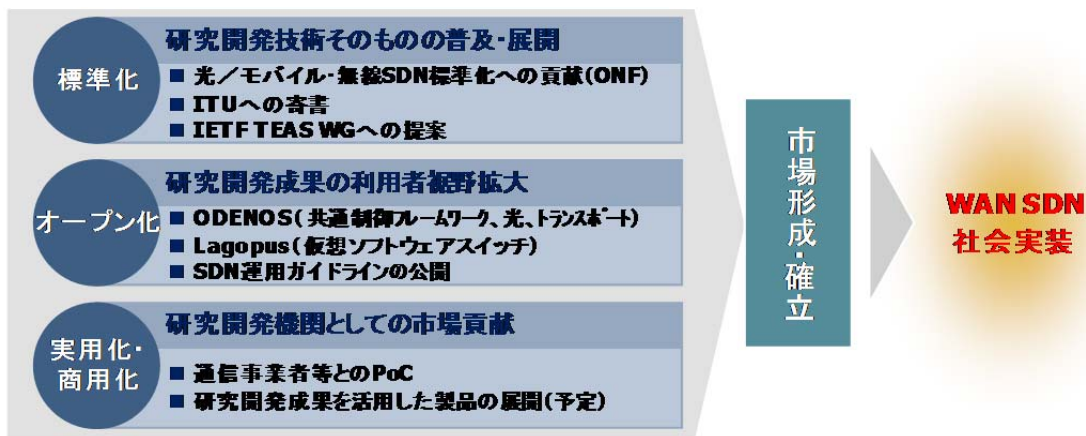
ベンダ 9 社/キャリア 6 社で OpenFlow プロトコルの回線拡張を用いた Transport SDN の PoC を実施 (平成 26 年 10 月) し、その成果を元に、SDN ユニット (パケット/OTN 振分け SW) を追加した光コアノード、回線・光拡張を取り入れた OpenFlow を制御 IF とするパケット/OTN 統合制御等の次期製品への組み込みを計画中。

5 政策目標 (アウトカム目標) の達成に向けた計画

ネットワーク仮想化の機器市場やビッグデータ関連サービス等の情報通信利活用の新サービス市場を創出し、我が国主導の同市場における更なる国際競争力の強化を引き続き目指す。新サービス市場創出と同市場領域における国際競争力強化実現に向けて、

- ・ 研究開発技術そのものの普及・展開を目指す「標準化」
- ・ 研究開発成果の利用者裾野の拡大を目指す「オープン化」
- ・ 研究開発期間としての市場貢献を目指す「製品化・事業化」

の 3 項目に注力して推進する。本 3 項目への注力を通じて、新サービス市場の形成・確立を目指し、広域 SDN (WAN SDN) の社会実装を実現する。

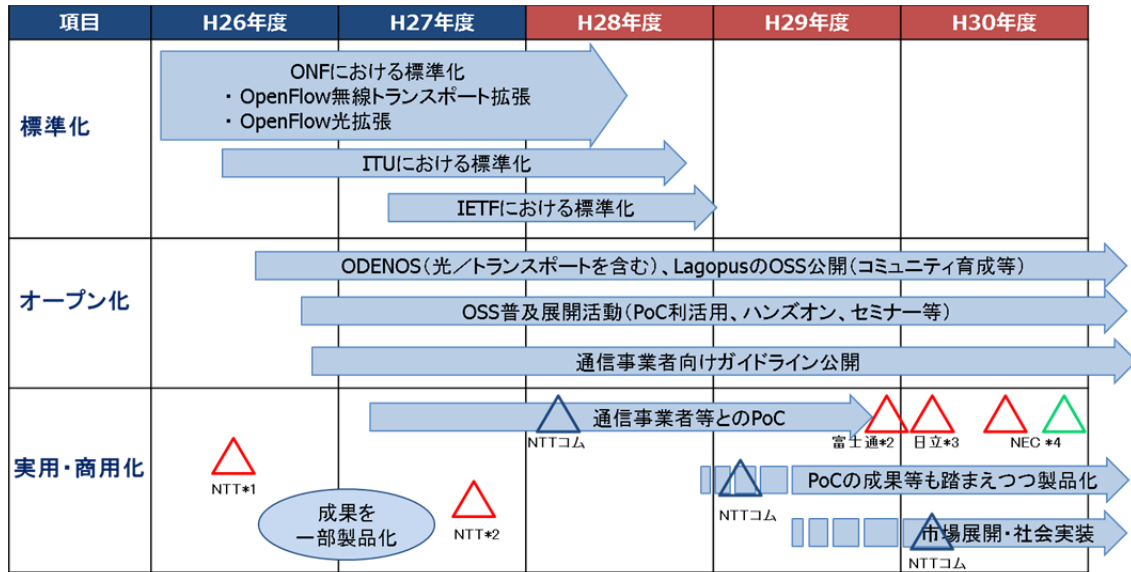


図：政策目標 (アウトカム目標) の達成に向けた方針

目標達成に向けた基本戦略は以下の 3 点である。

- 1) O3 プロジェクト全体としての各社研究開発成果の普及展開
- 2) 製品/ソリューション (組み込みを含む) 化、及び導入に向けた通信事業者等との PoC の実施
- 3) O3 プロジェクト関係者連合による事業展開も検討・模索

上記をふまえ、研究開発成果の社会展開に向けた政策目標 (アウトカム目標) 達成に向けた活動として、「標準化」、「オープン化」、「製品化・事業化」の今後の計画を以下に示す。



△：製品、△：サービス △はソリューションのリリースを意味する。

*1 Lagopus 搭載の SW Switch の販売開始。米国 Riava 社：2014 年 8 月、台湾 NPort Networks 社：2015 年 11 月。

*2 富士通①パケット/OTN 統合制御技術：Virtuora シリーズ（計画中）②パケット/OTN 振分け技術(SDN エッジ)：光コアノード製品（計画中）

*3 日立①パケットネットワーク抽象管理技術：SDN コントローラ製品・技術（計画中）②マルチレイヤネットワークのグローバル監視制御技術：マルチレイヤネットワーク製品・技術（計画中）

*4 NEC ①共通制御フレームワーク技術 → TSDN コントローラソリューション化・製品化（計画中）

図：アウトカム目標達成に向けた活動計画

1) 標準化

平成 27 年度に引き続き、広域 SDN の展開に向けて必要となる要素の標準化やデファクト化に関して、ITU-T では SDN 要件定義書 (Y.SDN-REQ) の勧告化を支援し、ONF では、OpenFlow、光トランスポートおよび無線トランスポート制御に係る標準化、IETF ではトラフィック制御アーキテクチャ及びシグナリングにかかわる RFC(Request for Comments)化に向けた活動を行う。

また、標準化された SDN 技術を 5G/IoT の領域に適応すべくデファクトスタンダード化や社会実装に貢献することを予定している。

2) オープン化 (成果公開)・プロモーション

「オープン化」に関しては、委託研究期間にて広域 SDN (WAN SDN)を実現するために必要となる機能の実装は概ね完了した。同時に、講演・デモ・ハンズオン等にて成果展開を図った結果、技術普及・競争力強化に向けたプロモーション活動は十分にできたものと評価している。今後は、OSS 公開 (github) を継続し、グローバル環境での様々な研究開発プロジェクトにおける利活用実績を積み上げることにより、技術競争力の更なる強化ならびに社会実装活動を実施する予定である。

*) <http://www.o3project.org/ja/download/index.html>

***) <https://github.com/o3project/>

3) 製品化・事業化

通信事業者、研究機関等との本研究成果が含まれた PoC を通じて、顧客ニーズの把握やユースケース構築等を実施した結果、産官学における研究開発にて本委託研究成果の利用が開始されており、今後 2~3 年後での研究開発成果を活用した製品化/ソリューション展開を目指す予定である。各社別の、事業化・実用化を下記に示す。

(日本電信電話株式会社)

今後は NTT グループが運用するネットワークへの導入への導入推進やオープンソースコミュニティ活動の継続推進と、ビジネスユーザの拡大を目指す。

(NTT コミュニケーションズ株式会社)

今後は、トランスポート SDN や Lagopus など、本委託研究の成果に対し、通信事業者の観点から実用化を計画する。具体的には、平成 30 年度の運用開始を目指して、平成 28 年度中に既存通信設備の制御に対し本研究成果を技術適合性の観点から技術評価を実施し、平成 29 年度中に広域網のサービスインフラへ事業導入に向けた検討の着手を行う。また、SDN に対応すると謳う新規通信装置の評価と併にネットワーク管理技術の観点から本研究成果の技術評価を行い、平成 29 年度内にフィールドトライアルの実施を目指す。事業導入・フィールドトライアルに際しては、公開した SDN ガイドラインの知見を反映する。また、SDN 運用評価ツールについては、オープンソース化等の手段も含めて、幅広く成果の活用を進める。

(日本電気株式会社)

今後はキャリア領域における統合ネットワーク管理制御プラットフォームの実用化の推進や通信事業者との PoC 活動を精力的に進め、トランスポート SDN ソリューション・製品への組込みを計画中である。具体的には、平成 28 年度に通信事業者との POC 検証を進め、それらの成果を元に平成 29 年度に製品仕様を策定する。製品仕様を元に平成 30 年度に、トランスポート SDN のソリューション化・製品化を実現し、市場展開・社会実装を行う。また、海外大学におけるキャンパスネットワークと併設した研究ネットワークのネットワークオーケストレータとして ODENOS 利活用を検討していく。

(株式会社日立製作所)

NTTCom 合同実施(平成 26 年 7 月)による TransportSDN に関する PoC 検証成果を元に、マルチレイヤオーケストレータ機能、SDN コントローラ機能の製品化・新ソリューションを検討・計画中である。適用領域は、広域キャリアネットワークのみでなく、IoT/M2M といった社会インフラ事業分野との融合も想定した、新たな通信市場の創生を目指し、製品化を平成 30 年度上半期リリースを目指し計画。

(富士通株式会社)

IOF、ONF 共同でベンダ 9 社+キャリア 6 社が参加し構築/実証した、OpenFlow プロトコルの回線拡張を用いた Transport SDN の PoC の成果に基づき、SDN ユニット (パケット/OTN 振分け SW) を持つ光コアノードと、回線・光拡張を取り入れた OpenFlow を制御 IF とするパケット/OTN 統合制御を行う製品を、平成 29 年度末リリースを目指し計画。

上記本研究開発成果の社会展開の進捗状況を確認するため、以下のアウトカム指標 (追跡調査に向けたベンチマーク) により進捗状況を確認する (下表)。

- ① 事業化・実用化：新規製品のリリースまたは事業を 5 件以上立ち上げる

- ② 他プロジェクトにおける成果利活用:6 件以上の他研究プロジェクトでの成果利活用実績を達成する
- ③ プロモーション活動:プロジェクト紹介、研究発表、デモ等を 10 件以上のイベント・研究会で実施する。

表 アウトカム指標（追跡調査に向けたベンチマーク）

アウトカム指標	目標年度	数値目標等	調査方法	終了条件
事業化・実用化	平成 28～30 年度	新規製品のリリースまたは事業の立ち上げ（平成 30 年度までに 5 件以上）	各社ウェブページ・カタログ等における製品・サービスの公開情報	5 件以上の製品のリリースまたは事業の立ち上げ時点
他プロジェクトにおける成果利活用	平成 28～30 年度	他の研究開発プロジェクトが本研究成果を適応または活用。（平成 30 年度までに 6 件以上）	学会・イベントでの口頭発表や報告、論文への掲載、シンポジウム等での外部発表、広報発表など、対外的になされた発表および公開	6 件以上の成果利活用実績を確認できた時点
プロモーション活動	平成 28～30 年度	プロジェクト紹介、研究発表、デモなど（平成 30 年度までに 10 件以上実施）	各種イベント・研究会等での発表	10 件以上実施した時点

○アウトカム以外に期待される波及効果

先に挙げたアウトカムは、主として通信事業者やサービス事業者のトランスポートネットワーク領域を対象として、その実用化を目指している。本アウトカム以外に期待される波及効果としては、通信事業者領域としては、ネットワーク機能仮想化（NFV）におけるネットワーク・サービス・チェイニングなどのサービス連携や、第五世代ネットワーク（5G）において、モバイルコア網の仮想化に引き続いて Mobile Front Haul (MFH) / Mobile Back Haul (MBH) 領域へのネットワーク仮想化の拡大といった波及効果が期待できる。

また、通信事業者以外の領域への波及効果として、モノのインターネット（Internet of Things: IoT）を対象とした公共インフラ領域の、ミッションクリティカルなネットワークインフラを支える通信制御機能への展開といった波及効果が期待できる。

さらに、今回の広域 SDN の研究成果を基盤技術として、これらを活用した新しい経路制御・品質制御・信頼性制御についての更なる発展的な研究において、当委託研究の研究成果を適用したテストベッドによる実証検証といった形態での利活用等で貢献することが、波及効果として期待できる。

6 査読付き誌上発表リスト

<平成 25 年度>

特になし。

<平成 26 年度>

特になし。

<平成 27 年度>

- [1] 鈴木敏明、遠藤英樹、下川功、坂本健一、井内秀則、小河太郎、加藤貴法、高瀬晶彦、
「A Network-disaster Recovery System using Multiple-backup Operation Planes」
International Journal On Advances in Networks and Services、 v8 n1&2, pp.118-129, July
2015.

7 査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

<平成 25 年度>

特になし。

<平成 26 年度>

- [1] 八鍬 豊 登内 敏夫 富沢 伸行 “Efficient Model Checking of OpenFlow Networks Using SDPOR-DS”、Proceedings of the 16th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2014)、平成 26 年 9 月 17 日
- [2] 鈴木敏明 遠藤英樹 下川功 坂本健一 井内秀則 小河太郎 加藤貴法 高瀬晶彦、
「A Network-disaster Recovery System using Area-based Network Management」、The Third International Conference on Communications, Computation, Networks and Technologies (INNOV 2014)、pp.8-15、平成 26 年 10 月 13 日

<平成 27 年度>

- [1] 秋好一平、「動的に負荷分散可能なモバイルコア網向けゲートウェイの性能評価」
マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2015)シンポジウム pp.1572-1575、国内・
安比、平成 27 年 7 月 10 日
- [2] 中島佳宏 益谷仁士 高橋宏和 “High-performance vNIC framework for hypervisor-based NFV with userspace vSwitch”、European Workshop on Software Defined Networks 2015 (EWSND2015)、スペイン、平成 27 年 10 月 1 日
- [3] 李譚生、鈴木一哉、水越康博、西岡淳、長谷川洋平 「Short-term Rainfall Attenuation Prediction for Wireless Communication」2015 16th IEEE International Conference on Communication Technology (ICCT2015) pp.615-619、中国杭州、平成 27 年 10 月 19 日
- [4] 山下真司、山田亜紀子、中津川恵一、宗宮利夫、宮部正剛、片桐徹 「Extension of OpenFlow Protocol to Support Optical Transport Network, and Its Implementation」IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN)2015 pp.31-36、国内・東京 平成 27 年 10 月 30 日
- [5] 鈴木敏明、久保広行、星原隼人、坂本健一、井内秀則、加藤貴法、小河太郎 「A System for Managing Transport-network Recovery according to Degree of Network Failure」、The

Fourth International Conference on Communications, Computation, Networks and Technologies INNOV 2015、pp.56-63、平成 27 年 11 月 16 日

- [6] 山田亜紀子、中津川恵一、山下真司、宗宮利夫「New value added to network services through the software defined optical core」SPIE PHOTONICS WEST 2016 Vol.9773 977306-1 doi: 10.1117/12.2210839、米国サンフランシスコ、平成 28 年 2 月 13 日
- [7] 飯澤洋平、鈴木一哉「Multi-layer and Multi-domain Network Orchestration by ODENOS」Optical Fiber Communication Conference and Exposition (OFC), (The Optical Society(OSA), Washington, DC, 2016), Th1A.3, 平成 28 年 3 月 24 日

8 その他の誌上発表リスト

<平成 25 年度>

- [1] 5 社連名「ネットワーク仮想化技術の研究開発」の概要と将来展望」CIAJ ジャーナル第 54 巻第 1 号、平成 26 年 1 月 16 日
- [2] 岩田淳「革新的なモバイルネットワーク制御を実現するモバイル SDN 技術」ビジネスコミュニケーション 3 月号、平成 26 年 3 月 1 日
- [3] NTT 先端技術総合研究所「世界最高性能を持つ SDN 対応ソフトウェアスイッチのプロトタイプ開発に成功」NTT 技術ジャーナル 3 月号、平成 26 年 3 月 1 日

<平成 26 年度>

- [1] 5 社連名「広域ネットワーク仮想化技術の研究開発 - O3 プロジェクト」の概要と将来展望 日経コミュニケーション 6 月号、7 月号 (国内)
- [2] 5 社連名「iPOP2014 の報告」、ITU Journal、平成 26 年 11 月 1 日
- [3] NTT 未来ねっと研究所「ネットワーク仮想化に関する基礎技術研究動向」NTT 技術ジャーナル 5 月号、平成 26 年 5 月 1 日
- [4] NTT 未来ねっと研究所「Fundamental Research Activities on Network Virtualization」NTT Technical Review 8 月号、平成 26 年 8 月 1 日
- [5] NTT 未来ねっと研究所「サーバーが通信機器に 業界を一変させる NFV」日経エレクトロニクス 12 月 22 日号、平成 26 年 12 月 22 日
- [6] NTT 未来ねっと研究所「10GbE ワイヤレートを実現したソフトウェア『Lagopus』」日経コミュニケーション 2 月号、平成 27 年 2 月 1 日

<平成 27 年度>

特になし

9 口頭発表リスト

<平成 25 年度>

- [1] 5 社連名「ネットワーク仮想化技術の研究開発「Open Innovation over Network Platform」 O3 プロジェクトのご紹介」 SDNJapan2013 (恵比寿)、平成 25 年 9 月 19 日
- [2] 5 社連名「Overview of "OOO(O Three)" Open Innovation over Network Platform」 TEIN4 Future Internet Workshop (タイ王国)、平成 25 年 12 月 3 日
- [3] 5 社連名「ネットワークビジネスを変革する最新(世界初)ソフトウェアテクノロジー」 O3 シンポジウム 2014 (秋葉原)、平成 26 年 3 月 14 日
- [4] 5 社連名「ネットワークビジネスを変革する最新(世界初)ソフトウェアテクノロジー」 ビッグデータに関する研究開発シンポジウム (飯田橋)、平成 26 年 3 月 26 日
- [5] 5 社連名「ネットワーク仮想化技術の研究開発「Open Innovation over Network Platform」 O3 プロジェクトのご紹介」 SDNJapan2013 (恵比寿)、平成 25 年 9 月 19 日
- [6] 八鍬豊、富沢伸行、登内敏夫「仮想ネットワーク検証技術」 電子情報通信学会 IN 研究会、平成 25 年 7 月 19 日
- [7] 神谷聡史「広域 SDN(Software-Defined Networking)とデータセンターの最新技術動向および NEC の取り組み」 光ネットワークシステム技術第 171 委員会 第 49 回研究会 (東京)、平成 25 年 12 月 18 日
- [8] 西岡淳「Backhaul Resource Management」 Mobile World Congress 2014 (バルセロナ)、平成 26 年 2 月 24 日
- [9] 岩田淳「広域ネットワークの設計・構築・運用を革新する SDN 技術の取り組み -O3 プロジェクト-」 2014 年電子情報通信学会 総合大会 (新潟大学)、平成 26 年 3 月 20 日
- [10] 岩田淳「SDN/NFV の最新動向と NEC の取り組み ~多様な広域ネットワークへの SDN/NFV の適用へ向けて~」 NFV と SDN が描く次世代キャリアインフラ (西新橋)、平成 26 年 3 月 19 日
- [11] 中島佳宏、高橋宏和「SDN/OpenFlow スイッチプロジェクト紹介」 Okinawa OpenDays (沖縄)、平成 25 年 12 月 12 日
- [12] 島野勝弘「SDN,NFV の研究開発動向とフレキシブル NW 実現に向けた取り組み」 OCS シンポジウム (静岡県)、平成 25 年 12 月 13 日
- [13] 島野勝弘「SDN,NFV の研究開発動向とフレキシブル NW 実現に向けた取り組み」 テレサービス協会技術サービス委員会 (静岡県)、平成 25 年 12 月 13 日
- [14] 島野勝弘「将来ネットワークの標準化動向」 JICA 標準化研修、平成 26 年 1 月 31 日
- [15] 中島佳宏、高橋宏和「ユーザの要望に応じてきめ細やかな仮想ネットワークを実現」 NTT R&D フォーラム、平成 26 年 2 月 13 日
- [16] 中島佳宏、樽林亮介「Scalable, High-performance, Elastic Software OpenFlow Switch in Userspace for Wide-area Network」 Open Networking Summit 2014 (サンタクララ)、平成 26 年 3 月 3 日
- [17] 中島佳宏「Scalable, High-performance, Elastic Software OpenFlow Switch in Userspace for Wide-area Network」 ONF Member Workdays、平成 26 年 3 月 7 日

- [18] 中島佳宏、藤田智成、久保類、佐藤陽一「Proposal of open source openflow 1.3 switch functional conformance test suite」ONF Member Workdays、平成 26 年 3 月 7 日
- [19] 清水翔、山田亜紀子、宗宮利夫「分散型 SDN コントローラにおけるメッセージ処理拡張手法に関する検討」発表日平成 26 年 3 月 6 日（国内 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会）
- [20] 鈴木敏明、遠藤英樹、柴田剛志、草間一宏、木村昌啓、高瀬晶彦「SDN 向けネットワークオペレーティングシステムの一検討」2013 年電子情報通信学会大会ソサイエティ大会（福岡工業大学）、平成 25 年 9 月 17 日
- [21] 下川功「SDN におけるモニタリング技術の一検討」2014 年電子情報通信学会総合大会（新潟大学）、平成 26 年 3 月 20 日
- [22] 鈴木敏明、飯島智之、大石巧、下川功、久保広行、柴田剛志、井内秀則「大規模障害におけるトランスポートネットワーク復旧方式の一検討」2014 年電子情報通信学会総合大会（新潟大学）、平成 26 年 3 月 21 日

<平成 26 年度>

- [1] 5 社連名「Innovation for Network Businesses by Latest & the World's First Software Technology- O3 Project -」NW 仮想化シンポジウム(電子情報通信学会 ネットワーク仮想化時限研究専門委員会)、(沖縄) 平成 26 年 5 月 13 日
- [2] 5 社連名「Innovation for Network Businesses by the World's First Software Technology- O3 Project」International Conference on IP+Optical Network (iPOP2014) (東京・武蔵野) 平成 26 年 5 月 22~23 日
- [3] 5 社連名 「SDN は第三世代に~O3 プロジェクトの取組み」情報通信月間参加行事「次世代ネットワークサービスの創出」、(神戸) 平成 26 年 6 月 7 日
- [4] 5 社連名 「ネットワーク仮想化技術の研究開発」、INTEROP TOKYO2014 (千葉・幕張) 平成 26 年 6 月 11~13 日
- [5] 5 社連名 「ネットワーク仮想化技術の研究開発」、PIF2014 年度定期総会 (東京) 平成 26 年 6 月 27 日
- [6] 5 社連名 「ネットワークビジネスを変革する広域 SDN テクノロジー ~ O3 プロジェクトの取組みについて~」新世代 NW シンポジウム、(東京) 平成 26 年 7 月 29~30 日
- [7] 5 社連名 「Open Innovation over Network Platform」ネットワーク仮想化シンポジウム(電子情報通信学会 NW 仮想化時限研究専門委員会)(東京) 平成 26 年 7 月 31 日
- [8] 5 社連名 「Open Innovation over Network Platform」、第 1 回ハンズオン・チュートリアル(電子情報通信学会 NW 仮想化時限研究専門委員会)、(東京) 平成 26 年 8 月 1 日
- [9] 5 社連名 “ネットワーク仮想化基盤技術の研究開発成果”、ICT イノベーションフォーラム、(千葉・幕張) 平成 26 年 10 月 7 日
- [10] 5 社連名 「Open Innovation over Network Platform」、SDN & Open Flow World Congress、(ドイツ) 平成 26 年 10 月 15~17 日
- [11] 5 社連名 「O3 プロジェクトの紹介」、SDN JAPAN 2014、(東京) 平成 26 年 10 月 30~31 日
- [12] 5 社連名 「O3 プロジェクトのご紹介」、Okinawa Open Days2014、(沖縄)

平成 26 年 12 月 11 日～12 日 (国内)

- [13] 藤波誠 水越康博「モバイル網と固定網を統一的に扱うための LTE 網への SDN の導入」電子情報通信学会 通信方式(CS)研究会、(国内) 平成 26 年 4 月 25 日
- [14] 木下健史 島野勝弘 榎林亮介 益谷仁士 河井彩公子「広域ネットワーク仮想化技術の研究開発」NFV に関する国際シンポジウム、(国内) 平成 26 年 5 月 13 日
- [15] 尾花和昭 高橋宏和 中島佳宏 日比智也「SDN Software Switch "Lagopus" and NFV enabled software node」NFV に関する国際シンポジウム、(国内) 平成 26 年 5 月 13 日
- [16] 井内秀則 “Business Proposal of Multi Layer/Domain Orchestration”、10th International Conference on IP+Optical Network (iPOP2014)、(東京・武蔵野) 平成 26 年 5 月 22 日
- [17] 尾花和昭「Benefiting from the Advantages of OpenFlow」Network Virtualization and SDN World 2014、(英国) 平成 26 年 5 月 30 日
- [18] 鈴木一哉 森本昌治 飯澤洋平 金子紘也、「ネットワーク抽象化を用いた SDN 制御基盤と IP-VPN 向けコントローラの実現」、第 35 回インターネット技術第 163 委員会研究会 (国内) 平成 26 年 6 月 17 日
- [19] 鈴木敏明「Packet Transport SDN」、PIF 平成 26 年度定期総会講 (東京) 平成 26 年 6 月 27 日
- [20] 島野勝弘 榎林亮介 益谷仁士 尾花和昭 高橋宏和 中島佳宏 木下健史 日比智也 河井彩公子「マルチベンダスイッチ構成でのネットワーク統合制御」INTEROP TOKYO 2014、(千葉・幕張) 平成 26 年 6 月 11 日～13 日
- [21] 中島佳宏 高橋宏和「SDN ソフトウェアスイッチ性能測定デモンストレーション」(Shownet ブースでの展示) INTEROP TOKYO 2014、平成 26 年 6 月 11 日～13 日
- [22] 益谷仁士「SDN/NFV の技術概要と SDN ソフトウェアスイッチ” Lagopus” のご紹介」電子情報通信学会 光通信システム研究会、(千葉・幕張) 平成 26 年 8 月 1 日
- [23] 高橋宏和、中島佳宏「SDN ソフトウェアスイッチ Lagopus」一般向けの Lagopus ハンズオンセミナー、(国内) 平成 26 年 8 月 30 日
- [24] 鈴木敏明「クラウド・広域ネットワーク連携システム」(展示) 第 1 回将来ネットワーク科学リサーチシンポジウム、(国内) 平成 26 年 9 月 5 日
- [25] 中島佳宏 石田渉 藤田智成 高橋宏和 日比智也 益谷仁士 島野勝弘「High-performance vSwitch」Intel DPDK サミット、(米国) 平成 26 年 9 月 8 日
- [26] 窪田好宏 山下真司 宮部正剛「光トランスポートの SDN 制御用情報モデルとプロトコル」電子情報通信学会平成 26 年ソサイエティ大会、(国内) 平成 26 年 9 月 24 日
- [27] 水越康博「快適なモバイル通信を実現するためのモバイル網仮想化技術」電子情報通信学会 2014 年ソサイエティ大会、(国内) 平成 26 年 9 月 24 日
- [28] 鈴木敏明 久保広行 星原隼人 柴田剛志 小河太郎 加藤貴法 井内秀則「トランスポートネットワークにおける障害復旧管理方式の一検討」電子情報通信学会 2014 年ソサイエティ大会、(国内) 平成 26 年 9 月 26 日
- [29] 島野勝弘「SDN、NFV の研究開発動向とフレキシブル NW 実現に向けた取り組み」CIAJ 新世代ネットワーク WG 主催 講演会、(国内) 平成 26 年 10 月 3 日

- [30] Toshiaki Suzuki、「User-centric ICT service with Network and Computation」 The Third International Conference on Communications, Computation, Networks and Technologies (INNOV 2014)、(海外) 平成 26 年 10 月 15 日
- [31] 島野勝弘「Network Virtualization Technologies toward 5G and Future Network」 EU-Japan シンポジウム、(ベルギー) 平成 26 年 10 月 16 日～17 日
- [32] 高橋宏和 中島佳宏 日比智也 益谷仁士 島野勝弘 日本電信電話株式会社
「The O3 Project: Achieving the World’s First Wide-Area SDN」 Broadband World Forum (オランダ) 平成 26 年 10 月 21 日～23 日
- [33] 宮田直輝 「Transport SDN の取り組み」 SDN Japan 2014 (東京) 平成 26 年 10 月 30 日
- [34] NTT コミュニケーションズ株式会社 「Transport SDN の取り組み」 SDN Japan 2014、(東京) 平成 26 年 10 月 30 日～31 日
- [35] 日比智也 中島佳宏 高橋宏和 益谷仁士 島野勝弘 「SDN Software Switch “Lagopus”」 SDN/MPLS 2014、(米国ワシントン DC) 平成 26 年 11 月 2 日～5 日
- [36] 佐藤陽一「SDN/OpenFlow の最新動向とキャリアの取り組み」電子情報通信学会通信方式研究会、(国内) 平成 26 年 11 月 6 日
- [37] 高橋宏和 中島佳宏 日比智也 益谷仁士 島野勝弘「Lagopus 概要」Internet Week 2014 (国内) 平成 26 年 11 月 18 日～21 日
- [38] 日本電気株式会社「トランスポート SDN ソリューション」、C&C ユーザフォーラム & iEXPO2014、(東京) 平成 26 年 11 月 20 日～21 日
- [39] 高橋宏和 中島佳宏 日比智也 益谷仁士 河井彩公子 木下健史 山本淳 島野勝弘「高速 SDN ソフトウェアスイッチ 「Lagopus」」 DOCOMO R&D Open House (国内) 平成 26、年 11 月 28 日
- [40] 中島佳宏 益谷仁士 島野勝弘「Ryu/Lagopus ハンズオンセミナー」Okinawa Open Days2014 (沖縄) 平成 26 年 12 月 11 日
- [41] 島野勝弘「高性能・高機能 SDN ソフトウェアスイッチ「Lagopus」の概要」CIAJ 新世代ネットワーク WG 主催 講演会、(東京) 平成 26 年 12 月 17 日
- [42] 島野勝弘「将来ネットワークの標準化動向」JICA 標準化研修、(東京) 平成 27 年 1 月 17 日
- [43] 山下真司「トランスポート SDN の標準化動向」PIF 標準化推進部会 意見交換会 (東京) 平成 27 年 2 月 23 日
- [44] 桐葉佳明「O3 Project “User-oriented SDN for WAN” 2nd Open & Virtual Networking Conference in Seoul、(韓国) 平成 27 年 2 月 5 日
- [45] 島野勝弘 「高性能・高機能 SDN ソフトウェアスイッチ「Lagopus」の概要」2015 年電子情報通信学会総合大会、(国内) 平成 27 年 3 月 10 日
- [46] 鈴木敏明 久保広行 星原隼人 柴田剛志 小河太郎 加藤貴法 井内秀則
「障害規模に応じたトランスポートネットワーク復旧方式の一検討」、2015 年電子情報通信学会総合大会、(国内) 平成 27 年 3 月 10 日
- [47] 宗宮利夫 中津川恵一 山下真司 山田亜紀子「光・パケット融合を実現する情報モデル化と SDN トランスポートシステムへの実装」電子情報通信学会 2015 年総合大会、(国内) 平成 27 年 3 月 10 日

- [48] 鈴木大 宮部正剛 片桐徹 内藤崇男 池内公 山下真司「OpenFlow プロトコルを用いたマルチレイヤ伝送システムの試作」電子情報通信学会 2015 年総合大会、(国内) 平成 27 年 3 月 10 日
- [49] 加藤貴法、「次世代パケットネットワーク向け運用管理技術 (展示)」、電子情報通信学会ネットワーク仮想化研究会 ((独)情報通信研究機構)、平成 27 年 3 月 16-17 日
- [50] 桐葉佳明「ネットワークビジネスを変革する広域 SDN テクノロジー (O3 プロジェクトの取り組みについて) 電子情報通信学会ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 第 13 回研究会 (NV 研究会)、(東京) 平成 27 年 3 月 17 日
- [51] 鈴木一哉 森本昌治 飯澤洋平 相澤元 金子紘也 「ネットワーク抽象化モデルを用いた異種ネットワーク統合制御」電子情報通信学会ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 (NV 研究会)、(東京) 平成 27 年 3 月 17 日
- [52] 秋好一平 水越康博「動的に負荷分散可能なモバイルコア網向けゲートウェイアーキテクチャの提案」電子情報通信学会ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 第 13 回研究会 (NV 研究会)、(東京) 平成 27 年 3 月 17 日
- [53] 西岡淳 飯澤洋平「伝送レートが変動する無線トランスポートの集中制御モデルの検討」電子情報通信学会ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 第 13 回研究会 (NV 研究会) (東京) 平成 27 年 3 月 17 日
- [54] 佐藤陽一 岸本幸典 本田彰「SDN-WAN の実現性の検討」(講演・展示) 電子情報通信学会ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 第 13 回研究会 (NV 研究会)、(東京) 平成 27 年 3 月 17 日
- [55] 高橋宏和 中島佳宏 益谷仁士 日比智也 木下健史 島野勝弘 東條弘「ソフトウェアスイッチ Lagopus の研究開発とオープンソースコミュニティの取り組み」電子情報通信学会ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 第 13 回研究会 (NV 研究会)、(東京) 平成 27 年 3 月 17 日
- [56] 井内秀則 小河太郎 加藤貴法 飯島智之、「サービス事業者向け MLO(マルチレイヤオーケストレータ)の検討と実装」電子情報通信学会ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 第 13 回研究会 (NV 研究会)、(東京) 平成 27 年 3 月 17 日
- [57] 中津川恵一 山田亜紀子 山下真司 宮部正剛 山田亜紀子 宗宮利夫「光コア SDN における光コア動的リソース動的管理制御の検討および実装」(東京) 電子情報通信学会ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 第 13 回研究会 (NV 研究会)、平成 27 年 3 月 17 日
- [58] 加納敏行 桐葉佳明 小林正好 「O3 Network Orchestrator Suite “ODENOS”」 GENI Engineering Conference 22 (GEC22) and US Ignite Application Summit (米国) 平成 27 年 3 月 24 日

<平成 27 年度>

- [1] 5 社連名「Getting started with O3 Project Achievement ~ Innovating Network Business through SDN WAN Technologies~」 11th International Conference on IP+Optical Network (iPOP2015)、(沖縄) 平成 27 年 4 月 20 日

- [2] 5社連名「Getting started with O3 Project Achievement ～ Innovating Network Business through SDN WAN Technologies～（台湾）」電子情報通信学会 ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 日本-台湾 SDN シンポジウム、平成 27 年 5 月 13 日
- [3] 5社連名「ネットワークビジネスを変革する広域 SDN テクノロジー ～O3 プロジェクトの紹介～（幕張メッセ）」INTEROP TOKYO 2015、平成 27 年 6 月 10 日～12 日
- [4] 5社連名「ネットワークビジネスを変革する広域 SDN テクノロジー ～O3 プロジェクトの紹介」平成 27 年度情報通信月間参加行事“ネット安全活用に向けて”、（神戸）平成 27 年 6 月 13 日
- [5] 5社連名「Getting started with O3 project achievement ～ Innovating Network Business through SDN WAN Technologies～」 Open Networking Summit 2015（ONS2015）、米国カリフォルニア）平成 27 年 6 月 15 日～18 日
- [6] 5社連名「O3 プロジェクトハンズオン」共催（電子情報通信学会 ネットワーク仮想化時限研究専門委員会、O3 プロジェクト、Lagopus ユーザ会）、（東京）平成 27 年 7 月 24 日
- [7] 5社連名「Innovating Network Business through SDN WAN Technologies ～For the final stage of O3 project ～」電子情報通信学会 ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 第 5 回 ネットワーク仮想化シンポジウム、（東京）平成 27 年 8 月 28 日
- [8] 5社連名「広域 SDN 実用化に向けた O3 プロジェクトの取り組み概要～」CIAJ（情報通信ネットワーク産業協会）開催「えくすぱーと・のれっじセミナー」、（東京・JEI 浜松町ビル）平成 27 年 10 月 21 日
- [9] 5社連名「ネットワークビジネスを変革する広域 SDN テクノロジー ～O3 プロジェクト:ファイナルステージに向けて～」OkinawaOpenDays2015、（沖縄）平成 27 年 12 月 14 日～18 日
- [10] 5社連名「ネットワークビジネスを変革する広域 SDN テクノロジー（東京・御茶ノ水）」SDN JAPAN、平成 28 年 1 月 14 日～15 日
- [11] 5社連名「O3 プロジェクト紹介とハンズオン（国内・東京・溜池山王カンファレンスセンター）」ASEAN Smart Network SDN 研修会、平成 28 年 2 月 17 日
- [12] 5社連名「O3 User Oriented SDN for 5G End-to-End Slicing」ITU-T FG IMT-2020 Meeting in Seoul、（韓国）平成 28 年 3 月 8 日
- [13] 5社連名「O3 プロジェクト シンポジウム」O3 プロジェクト、（東京・秋葉原）平成 28 年 3 月 23 日
- [14] 佐藤陽一、岸本幸典「SDN 最新動向とキャリアの取り組み（札幌）」情報通信マネジメント協会(ICM)、平成 27 年 7 月 9 日
- [15] 佐藤陽一、岸本幸典「SDN における OAM 機能の検討」情報通信マネジメント協会(ICM)、（沖縄）平成 28 年 3 月 11 日
- [16] 日比智也「ソフトウェア SDN/OpenFlow スイッチ Lagopus とそのプログラム」ネットワークプログラマビリティ勉強会、（東京）平成 27 年 4 月 23 日
- [17] 日本電信電話株式会社「Lagopus ハンズオン in 岩手」電子情報通信学会 ネットワーク仮想化時限研究専門委員会、（岩手）平成 27 年 4 月 24 日～25 日
- [18] 益谷仁士「SDN ソフトウェアスイッチ「Lagopus」のご紹介」OpenStack 最新情報セミナー、（沖縄）平成 27 年 4 月 28 日

- [19] 日本電信電話株式会社「Lagopus ハンズオン in 台湾」電子情報通信学会 ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 日本-台湾 SDN シンポジウム、(台湾) 平成 27 年 5 月 14 日
- [20] 高橋宏和 「SDN/OpenFlow スイッチ Lagopus の設計と実装」WIT2015(日本ソフトウェア科学会)、(富山) 平成 27 年 6 月 25 日
- [21] 日本電信電話株式会社「O3 プロジェクトハンズオン」共催 (電子情報通信学会 ネットワーク仮想化時限研究専門委員会、O3 プロジェクト、Lagopus ユーザ会)、(東京・法政大学) 平成 27 年 7 月 24 日
- [22] 日比智也「OpenFlow ソフトウェアスイッチ Lagopus で遊ぶ」Trema Day、(東京)平成 27 年 8 月 8 日
- [23] 日本電信電話株式会社「OpenFlow ソフトウェアスイッチ Lagopus」オープンソースカンファレンス関西、(京都) 平成 27 年 8 月 8 日
- [24] 中島佳宏 「It's kind of fun to do the impossible with DPDK」DPDK Summit、(米国サンフランシスコ) 平成 27 年 8 月 17 日
- [25] 日本電信電話株式会社「多様なユースケースに対応する SDN を OSS で実現」NTT R&D メッセ 2015、平成 27 年 9 月 3 日~4 日
- [26] 日本電信電話株式会社「Lagopus で試す firewall (東京)」ネットワークプログラマビリティ勉強会、(東京・武蔵野) 平成 27 年 9 月 28 日
- [27] 日本電信電話株式会社「OpenFlow1.3 対応! 日本発のネットワークスイッチ OS「Lagopus Switch」」オープンソースカンファレンス福岡、(福岡) 平成 27 年 10 月 3 日
- [28] 日本電信電話株式会社「Lagopus チュートリアル・ハンズオン」九州工業大学、(福岡) 平成 27 年 10 月 4 日
- [29] 中島佳宏「Lagopus : 高速なパケット処理を実現する OpenFlow ソフトウェアスイッチ」広帯域ネットワークに関するワークショップ「ADVNET2015」、(東京) 平成 27 年 10 月 19 日
- [30] 日本電信電話株式会社「SDN in 5G Network (台湾)」international SDN Symposium in Taiwan、平成 27 年 11 月 17 日
- [31] 高橋宏和「Lagopus: Open Source SDN Switch」AINTEC 2015、(タイ王国) 平成 27 年 11 月 20 日
- [32] 中島佳宏「Lagopus : 高速なパケット処理を実現する OpenFlow ソフトウェアスイッチ」広帯域ネットワーク利・に関するワークショップ「ADVNET2015」、(東京) 平成 27 年 10 月 19 日
- [33] 日比智也「Mininet with Lagopus」Tremaday、(東京) 平成 27 年 12 月 12 日
- [34] 中島佳宏「Lagopus : Status and Future」ON*VECTOR、(東京) 平成 28 年 2 月 25 日
- [35] 日本電信電話株式会社「ネットワークスイッチ OS「lagopus Switch」」オープンソースカンファレンス、(東京) 平成 28 年 2 月 26 日
- [36] 日本電信電話株式会社「Lagopus Handson」九州工業大学、(福岡) 平成 28 年 3 月 14 日
- [37] 藤波誠「モバイル網への SDN の導入によるトラフィックオフロードとハンドオーバーの実現」電子情報通信学会 通信方式研究会、(福岡) 平成 27 年 4 月 21 日

- [38] 金子紘也「ODENOS: multi-layer, multi-domain and multi-vendor network orchestrator (口答発表/ハンズオン)」電子情報通信学会 ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 日本-台湾 SDN シンポジウム、(台湾) 平成 27 年 5 月 14 日
- [39] 鈴木一哉、金子紘也「SDN 時代におけるルータ網とトランスポート網の役割に関する一検討」日本学術振興会産学協力研究委員会 第 37 回インターネット技術第 163 委員会研究会-ITRC meet37、(東京) 平成 27 年 5 月 28 日～29 日
- [40] 鈴木一哉「ODENOS : An SDN Framework for Heterogeneous Network Orchestration orchestrator」Roadmap to Operating SDN-based Networks Workshop、(米国) 平成 27 年 7 月 15 日
- [41] 金子紘也「ODENOS - Multi-layer, Multi-domain and Multi-Vendor Network Orchestration Framework」Asia Pacific Advanced Network Meeting、(マレーシア) 平成 27 年 8 月 10 日～14 日
- [42] 鈴木一哉「トランスポート SDN におけるマルチレイヤ・マルチドメイン統合制御」電子情報通信学会ソサイエティ大会、(岩手) 平成 27 年 9 月 8 日～11 日
- [43] 鈴木一哉「ネットワークオーケストレータ "ODENOS" の紹介」CIAJ (情報通信ネットワーク産業協会) 開催「えくすぱーと・のれっじセミナー」、(東京・JEI 浜松町ビル) 平成 27 年 10 月 21 日
- [44] 神谷聡史「Application Centric Network Orchestration Framework: ODENOS」Network Innovators Community Event (GENI NICE) 2015、(米国サンフランシスコ) 平成 27 年 11 月 10 日
- [45] 鈴木一哉、飯澤洋平、相澤元、金子紘也「ODENOS を用いたネットワークオーケストレータの実現」ITRC meet 38、(千葉) 平成 27 年 11 月 10 日～12 日
- [46] 鈴木一哉、飯澤洋平「ネットワークオーケストレータ ODENOS」将来ネットワーク研究リサーチシンポジウム 2016、(東京・武蔵野) 平成 28 年 1 月 29 日
- [47] 神谷聡史「トランスポート SDN におけるネットワークオーケストレーション技術-ODENOS-」電子情報通信学会総合大会、(福岡) 平成 28 年 3 月 16 日
- [48] 鈴木敏明・久保広行・星原隼人・井内秀則・加藤貴法・小河太郎、
「複数ドメイン連携によるトランスポートネットワーク復旧の一検討」、2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会、(岩手) 平成 27 年 9 月 8 日
- [49] 鈴木敏明・星原隼人・松原大典・大石巧・井内秀則・熊澤陽介・小河太郎
「ノード障害状況に応じたトランスポートネットワーク復旧の一検討」2016 年電子情報通信学会総合大会、(福岡) 平成 28 年 3 月 16 日
- [50] 熊澤陽介、鈴木敏明、小河太郎、井内秀則「キャリアネットワーク向け仮想化サービスを実現するマルチレイヤオーケストレータ」つくばフォーラム 2015、平成 27 年 10 月 15 日、16 日
- [51] 片桐徹、小野雅之「Policy-driven multi-layer network applying Packet-Optical integrated switch」iPOP2015 (沖縄)、平成 27 年 4 月 20 日
- [52] 宮部正剛「ネットワークビジネスを変革する広域 SDN テクノロジー ～広域ネットワークを支える光トランスポートネットワーク向け SDN 技術の紹介～」CIAJ セミナー (東京)、平成 27 年 10 月 21 日

- [53] 山田亜紀子「光コアネットワークの SDN 化への取り組み」SDN JAPAN（東京）、平成 28 年 1 月 14 日
- [54] 中津川恵一、宮部正剛、山田亜紀子、山下真司、宗宮利夫「柔軟な光パス運用を実現する光コア SDN 動的リソース管理制御に関する検討」電子情報通信学会ネットワークシステム(NS)研究会（福岡）、平成 28 年 1 月 22 日
- [55] 宗宮利夫「SDN Enabled Transport Network System and its Implementation」ASEAN Smart Network(ASN)（東京）、平成 28 年 2 月 17 日
- [56] 片桐徹「サービス適用を迎えた SDN/NFV の動向とハードウェア技術」平成 27 年度光ネットワーク作業・技術研究会第 5 回公開討論会（東京）、平成 28 年 3 月 2 日

10 出願特許リスト

<平成 25 年度>

- [1] 登内敏夫「ネットワーク検証装置、ネットワーク検証方法、及びプログラム」国内、特願 2013-212726、申請年月日平成 25 年 10 月 10 日
- [2] 富沢伸行「状態保存復元装置、状態保存復元方法、および、コンピュータ・プログラム」国内、特願 2013-256161、申請年月日平成 25 年 12 月 11 日
- [3] 山崎健太郎「情報処理装置、検索方法、及び、プログラム」国内、特願 2014-001642、申請年月日平成 26 年 1 月 8 日
- [4] 八鍬豊、富沢伸行「分散環境モデル用モデル検査装置、分散環境モデル用モデル検査方法及びプログラム」国内、特願 2014-007068、申請年月日平成 26 年 1 月 17 日
- [5] 鈴木敏明、遠藤英樹、井内秀則「ネットワーク管理サーバおよび復旧方法」国内、特願 2013-236808 申請年月日平成 25 年 11 月 15 日
- [6] 山下真司「制御装置、及びそのテーブル作成方法」国内、特願 2014-063728 申請年月日平成 26 年 3 月 26 日
- [7] 徳永真也「データ配信制御装置、データ配信システム、及びデータ配信方法」国内、特願 2014-064762 申請年月日平成 26 年 3 月 26 日
- [8] 西岡淳「制御装置、通信システム、通信方法及びプログラム」国内、特願 2014-067519 申請年月日平成 26 年 3 月 28 日
- [9] 磯山和彦「イベント処理制御装置、イベント処理制御方法及びイベント処理制御プログラム」国内、特願 2014-056694 申請年月日平成 26 年 3 月 19 日
- [10] 藤波誠「通信システム、通信方法および制御装置」国内、特願 2014-071268 申請年月日平成 26 年 3 月 31 日
- [11] 鈴木敏明・久保広行・大石巧・下川功・井内秀則、通信システム、国内、特願 2014-64701、申請年月日平成 26 年 3 月 31 日
- [12] 木村浩康、コマンド提供システムおよびコマンド提供装置、国内、特願 2014-69845、申請年月日平成 26 年 3 月 31 日

<平成 26 年度>

- [1] 八鍬豊、富沢伸行「モデル検査装置、プログラム及び方法」国内、特願 2014-086643、申請年月日平成 26 年 4 月 18 日

- [2] 日比 智也、中島 佳宏、高橋 宏和「CPU割当装置及び方法及びプログラム」国内、特願 2014-115950 申請年月日平成 26 年 6 月 4 日
- [3] 登内敏夫「ネットワーク検証装置、ネットワーク検証方法、及びプログラム」海外、PCT/JP2014/065969、申請年月日平成 26 年 6 月 17 日
- [4] 八鍬豊、富沢伸行「分散環境モデル用モデル検査装置、分散環境モデル用モデル検査方法及びプログラム」海外、PCT/JP2014-071844、申請年月日平成 26 年 8 月 21 日
- [5] 森本昌治 鈴木一哉 飯澤洋平「ネットワークの制御システム、制御装置、ネットワーク情報の管理方法及びプログラム」国内、2014-221235、申請年月日平成 26 年 10 月 30 日
- [6] 金子紘也 鈴木一哉 「通信管理装置、通信転送システム、通信管理方法、および通信管理プログラム」国内、特願 2014-229009、申請年月 平成 26 年 11 月 11 日
- [7] 富沢伸行「状態保存復元装置、状態保存復元方法、および、コンピュータ・プログラム」海外、PCT 2014/JP2014/006019、申請年月日平成 26 年 12 月 2 日)
- [8] 鈴木一哉 飯澤洋平 「制御装置、情報処理装置、仮想ネットワークの提示方法及びプログラム」日本、特願 2015-051229、申請年月日平成 27 年 3 月 13 日
- [9] 藤波誠「通信システム、通信方法および制御装置」海外、PCT/JP2015/001551
申請年月日平成 27 年 3 月 19 日)
- [10] 水口有 松田英幸「経路制御装置、システム、及び、経路制御方法」国内、2015-034116
申請年月日平成 27 年 2 月 24 日
- [11] 中津川恵一 山田亜紀子「波長割当方法及び波長割当装置」国内、2015-045275
申請年月日平成 27 年 3 月 6 日
- [12] Toshiaki Suzuki、Hideki Endo、Isao Shimokawa、Kenichi Sakamoto、Hidenori Inouchi、Taro Ogawa、Takanori Kato、Akihiko Takase、「Network management server and recovery method」国内、特願 14/536255、申請年月日平成 26 年 11 月 7 日
- [13] 鈴木敏明・久保広行・小河太郎・井内秀則、「通信システム、管理サーバ、および設定方法」国内、特願 2015-005301、申請年月日平成 27 年 1 月 14 日
- [14] 宮部 正剛「フロースイッチ、コントローラ、及び、中継装置」国内、特願 2015-166021、
申請年月日平成 27 年 2 月 26 日
- [15] 加藤貴法・井内秀則、「ネットワーク機能の仮想化システム」国内、特願 2015-036149、
申請年月日平成 27 年 2 月 26 日
- [16] 山下真司「制御装置、及びそのテーブル作成方法」米国、14/665564 申請年月日平成 27 年 3 月 23 日
- [17] 鈴木敏明・久保広行・星原隼人・小河太郎、「ネットワークの管理装置」国内、特願 2015-68131、
申請年月日平成 27 年 3 月 30 日

<平成 27 年度>

- [1] 八鍬豊、富沢伸行「モデル検査装置、プログラム及び方法」海外、PCT/JP2015/002098、
申請年月日平成 27 年 4 月 16 日
- [2] 金子紘也 鈴木一哉 「制御装置、障害通知方法及びプログラム」国内、特願 2015-139617、
申請年月 平成 27 年 7 月 13 日

- [3] 森本昌治 鈴木一哉 飯澤洋平「ネットワークの制御システム、制御装置、ネットワーク情報の管理方法及びプログラム」海外、PCT/JP2015/080560、申請年月日平成 27 年 10 月 29 日
- [4] 金子紘也 鈴木一哉 「通信管理装置、通信転送システム、通信管理方法、および通信管理プログラム」海外、PCT/JP2015/005568、申請年月 平成 27 年 11 月 6 日
- [5] 相澤元 鈴木一哉 「パス設定装置、通信システム、パス設定方法及びプログラム」国内、特願 2016-031930 出願日平成 28 年 2 月 23 日
- [6] 秋好一平 「通信システム、制御装置、通信制御方法およびプログラム」国内、特願 2016-013984 出願日 平成 28 年 1 月 28 日
- [7] 鈴木一哉 飯澤洋平 「制御装置、情報処理装置、仮想ネットワークの提示方法及びプログラム」海外、PCT/JP2016/057524、申請年月日平成 28 年 3 月 10 日
- [8] 秋好一平 「統計情報管理装置、通信 1 システム、統計情報管理方法およびプログラム」国内 特願 2016-060071、出願日平成 28 年 3 月 24 日
- [9] 鈴木一哉 飯澤洋平 「ネットワークシステム、ネットワーク制御装置、方法およびプログラム」国内 特願 2016-068453、申請年月日平成 28 年 3 月 30 日
- [10] 河井彩公子、南勇貴、益谷仁士、築島幸男「監視装置、監視方法、及びプログラム」国内 特願 2016-034154 申請年月日平成 28 年 2 月 26 日（国内）
- [11] 河井彩公子、山本猛仁、北村匡彦、益谷仁士、築島幸男、豊島鑑「通信システム、パケット転送制御装置、パケット転送方法、及びプログラム」国内、特願 2016-036206 申請年月日平成 28 年 2 月 26 日
- [12] 鈴木敏明 星原隼人・小河太郎 「ネットワークシステム、ネットワーク管理方法および装置」国内、特願 2015-228584、申請年月日平成 27 年 11 月 24 日
- [13] 鈴木敏明 星原隼人 小河太郎 「ネットワークシステム、ネットワーク管理方法、及び、ネットワーク管理装置」、国内、特願 2016-65142、申請年月日平成 28 年 3 月 29 日
- [14] 田中大輔 松田英幸「不正攻撃に対するサービス保証装置」国内、特出 2015-238824、申請年月日平成 27 年 6 月 15 日
- [15] 水口有 松田英幸「経路制御装置、システム、及び、経路制御方法」米国、14/978509、申請年月日平成 27 年 12 月 22 日
- [16] 中津川恵一 山田亜紀子「波長割当方法及び波長割当装置」米国、15/018938、申請年月日平成 28 年 2 月 9 日
- [17] 中津川恵一「リソース管理装置、リソース管理システム及びリソース管理プログラム」国内、特出 2016-040128、申請年月日平成 28 年 3 月 2 日
- [18] 水口有、松田英幸「セキュリティ通信制御方式」国内、特出 2016-044346、申請年月日平成 28 年 3 月 8 日

1.1 取得特許リスト

特になし

1.2 国際標準提案・獲得リスト

<平成 25 年度>

- [1] ONF Member PreMeeting、Circuit Switching Extension of OpenFlow(Basic idea to support OTN)、2013 年 10 月 9 日提案
- [2] ONF Member Workdays、Proposal of open source openflow 1.3 switch functional conformance test suite、2014 年 3 月 7 日提案
- [3] IETF TEAS WG、draft-suzuki-teas-actn-multidomain-opc-00、Use-case and Requirements for Multi-domain Operation Plane Change、2014 年 2 月 14 日提案、2015 年 2 月 16 日修正提案、2015 年 7 月 6 日修正提案

<平成 26 年度>

- [1] ONF Wireless & Mobile Working (conference call) Meeting、onf-p0006.011.01、Functional & Information Model for Wireless Backhaul、2014 年 4 月 19 日提案
- [2] (NEC Corporation/Huawei Technologies/Ceragon Networks との共同提案)
ONF Wireless & Mobile Working (conference call) Meeting、Wireless backhaul management based on logical parameters、2014 年 6 月 27 日提案
- [3] (NEC Corporation /Alcatel-Lucent との共同提案)
ONF Wireless & Mobile Working (conference call) Meeting、onf-p0007.010.00、Translation mode for GTP-U packet forwarding、2014 年 8 月 8 日提案
- [4] ONF Member PreMeeting、Circuit Switching Extension of OpenFlow(Basic idea to support OTN)、2015 年 3 月 15 日発行 (平成 25 年度[1] 2013 年 10 月 9 日提案)

<平成 27 年度>

- [1] ITU-T SG13、Contribution 938、Proposal on 7.4 multi-layer management functions for the draft recommendation 「Y. software defined networking requirement (Y.SDN-REQ)」、2015 年 4 月 21 日提案、2015 年 11 月 30 日修正提案、継続審議中 (2016 年 7 月に勧告化合意予定)、
- [2] ONF Technical Specification, " Optical Transport Protocol Extensions ver1.1 (ONF2015.569.02) ", 2015 年 12 月 15 日提案

1.3 参加国際標準会議リスト

<平成 25 年度>

- [1] ITU-T SG13 Meeting、ジュネーブ、平成 25 年 6 月 17 日～ 6 月 28 日
- [2] ITU-T Q14/SG13 Interim Meeting、ソウル、平成 25 年 9 月 2 日～ 9 月 4 日
- [3] ONF 第 6 回 ONF Member Meeting、サンフランシスコ、平成 25 年 10 月 9 日～ 10 月 11 日
- [4] ITU-T SG13 Meeting、カンパラ (ウガンダ)、平成 25 年 11 月 4 日～11 月 15 日
- [5] ONF OTWG 中間会合、サンノゼ、平成 26 年 1 月 14 日～1 月 16 日

- [6] ITU-T Q14/SG13 Interim Meeting、東京、平成 26 年 1 月 22 日～1 月 24 日
- [7] ITU-T SG13 Meeting、ジュネーブ、平成 26 年 2 月 17 日～2 月 28 日
- [8] IETF/IRTF・89th IETF、ロンドン、平成 26 年 3 月 2 日～3 月 7 日
- [9] ONF 第 7 回 ONF Member Meeting、サンタクララ、平成 26 年 3 月 5 日～3 月 7 日

<平成 26 年度>

- [1]]ITU-T SG13 Meeting、ジュネーブ、平成 26 年 7 月 7 日～7 月 18 日
- [2]ONF 第 8 回 ONF Member Meeting、サンタクララ、平成 26 年 9 月 15 日～9 月 19 日
- [3] ITU-T SG13 Meeting、ジュネーブ、平成 26 年 11 月 10 日～11 月 21 日
- [4]ONF 第 9 回 ONF Member Meeting、サンタクララ、平成 27 年 2 月 9 日～2 月 13 日
- [5] ITU-T Q14/SG13 Interim Meeting、東京、平成 27 年 3 月 2 日～3 月 4 日

<平成 27 年度>

- [1] ITU-T SG13 Meeting、ジュネーブ、平成 27 年 4 月 20 日～5 月 1 日
- [2] ONF OTWG/ArchWG 中間会合、ダルムシュタット、平成 27 年 6 月 8 日～6 月 12 日
- [3] ITU-T SG13 Meeting、ジュネーブ、平成 27 年 7 月 13 日～7 月 24 日
- [4] IETF 93 会合、プラハ、平成 27 年 7 月 20 日～7 月 24 日
- [5] ITU-T Q14/SG13 Interim Meeting、ワルシャワ、平成 27 年 9 月 1 日～9 月 3 日
- [6] ONF 第 10 回 ONF Member Meeting、サンタクララ、平成 27 年 9 月 7 日～9 月 11 日
- [7] ITU-T SG13 Meeting、ジュネーブ、平成 27 年 11 月 30 日～12 月 11 日
- [8] ITU-T Q14/SG13 Interim Meeting、東京、平成 28 年 2 月 22 日～2 月 24 日
- [9] ONF 第 11 回 ONF Member Meeting、サンタクララ、平成 28 年 2 月 29 日～3 月 4 日

1 4 受賞リスト

- [1] 山下真司、Optical Transport 分野における” Outstanding Technical Contributor”、ONF、2014 年 9 月 16 日
- [2] 鈴木敏明・遠藤英樹・下川功・坂本健一・井内秀則・小河太郎・加藤貴法・高瀬晶彦、The Third International Conference on Communications, Computation, Networks and Technologies (INNOV) 2014 Best Paper Award (A Network-disaster Recovery System using Area-based Network Management)、2014 年 11 月 6 日

1 5 報道発表リスト

(1) 報道発表実績

<平成 25 年度>

- [1] 「広域ネットワークインフラの SDN 化を目指す研究開発プロジェクト「Open Innovation over Network Platform」の設立について」、平成 25 年 9 月 17 日
- [2] 「O3 Project launched for achieving the world's first wide area SDN」、平成 25 年 9 月 17 日
- [3] 「世界最高性能を持つSDN対応ソフトウェアスイッチのプロトタイプ開発に成功～10Gbps ワイヤレートの高速パケット処理を実現～」、平成 25 年 12 月 9 日
- [4] 「Prototype High Performance SDN Software Switch Launched- Highest packet transferring performance yet achieved at 10 Gbps wire rate -」、平成 25 年 12 月 9 日

[5] 「世界初、SDNにより柔軟な広域ネットワークを実現する基本技術を確立～ ネットワークの統一的管理に必要な基本技術を開発し、異種ネットワークの接続性や可視化を確認 ～」、平成 26 年 3 月 7 日

[6] 「Technologies developed for providing flexible wide area networks with SDN, a global first」、平成 26 年 3 月 7 日

<平成 26 年度>

[1] 「世界最高性能の SDN ソフトウェアスイッチをオープンソースソフトウェアとして公開 ～ オープンソースソフトウェアをベースとした SDN のエコシステム拡大を推進～」 平成 26 年 6 月 6 日

[2] 「World's Highest Performance SDN Software Switch to be Unveiled as Open Source Software -Promoting expansion of SDN eco-systems based on Open Source Software-」、平成 26 年 6 月 6 日

[3] 「SDN を活用したネットワークの動的な状態変化を高速に検証可能なソフトウェア技術を開発」、平成 25 年 9 月 11 日

[4] 「世界初、SDN の利用に向けて種類の異なるネットワークを統合できるソフトウェア技術を開発～ OSS 化で企業や研究機関との開発を促進 ～」平成 27 年 2 月 20 日

[5] 「NEC develops software technology capable of integrating different networks in support of using SDN - Promoting development with companies and research institutions through OSS -」平成 27 年 2 月 20 日

<平成 27 年度>

[1] 「世界初、広域ネットワークで安定した通信環境を提供する SDN の基盤技術を確立・検証」平成 28 年 3 月 10 日

[2] 「SDN technologies developed and verified to provide -a stable telecommunications environment within a wide area network: a global first-」平成 28 年 3 月 10 日

[3] 「複数の広域ネットワーク上で利用可能な「SDN OAM 機能」を開発 ～O3 プロジェクトにおいて SDN の運用保守に必要な不可欠なエンド・ツー・エンド区間の接続品質の可視化を実現～」平成 27 年 12 月 14 日

[4] 「NTT Communications Develops SDN OAM Function Technology for Multiple Wide Area Network -Visualizes end-to-end connection quality for SDN operation & maintenance—」平成 27 年 12 月 14 日

[5] 「SDN ソフトウェアスイッチ Lagopus が Interop Tokyo2015 の ShowNet に採用」プレスリリース平成 27 年 6 月 8 日

[6] 「SDN Software Switch “Lagopus” to Be Showcased in ShowNet at Interop Tokyo 2015 - Nominated as Finalist for Best of Show Award for Work in Demonstrating SDN-based Internet Exchange-」北米向けプレスリリース 平成 27 年 6 月 16 日

[7] 「ONF が主催する OpenFlow 技術の無線トランスポート領域への適用に向けた実証実験に参加」平成 27 年 10 月 12 日

[8] 「NEC and ONF Conclude Proof of Concept on Transport Network Control with OpenFlow Technology」平成 27 年 10 月 12 日

(2) 報道掲載実績

<平成 25 年度>

- [1] “ネット情報の流れ制御 NEC など 経路変更など容易に”、日経産業新聞、平成 25 年 09 月 18 日
- [2] “構築時間 10 分の 1 に NEC など 5 社 広域ネットで共同研究”、日刊工業新聞、平成 25 年 09 月 18 日
- [3] “NEC など 5 社が共同開発プロジェクト 世界初 広域 SDN めざす”、電波新聞、平成 25 年 09 月 18 日
- [4] “NEC、NTT、富士通、日立ら 5 社、世界初の広域 SDN 「O3 プロジェクト」開始”、等マイナビニュース (Web) <http://news.mynavi.jp/news/2013/09/17/177/>
- [5] 仮想専用網の設定早く～NTT 広域通信対応ソフト～”、日経産業新聞、平成 25 年 12 月 10 日
- [6] “毎秒 10 ギガビット最速性能～NTT SDN 対応ソフト～”、日刊工業新聞、平成 25 年 12 月 10 日
- [7] “世界最速の SDN スイッチ～NTT 研究所、開発に成功～”、通信工業新聞、平成 25 年 12 月 16 日
- [8] “「広域 SDN」を目指す「O3 プロジェクト」、シンポジウムで成果発表へ”、クラウド Watch (Web) http://cloud.watch.impress.co.jp/docs/news/20140311_638987.html、平成 26 年 3 月 11 日
- [9] “NEC、NTT、富士通、日立ら、ネットワークの SDN 化につながる基本技術を確立”、マイナビニュース (Web) <http://news.mynavi.jp/news/2014/03/07/179/>、
- [10] “NEC, NTT, NTT Com, Fujitsu, Hitachi develop SDN technologies”、Telecompaper、(Web) <http://www.telecompaper.com/news/nec-ntt-fujitsu-hitachi-develop-test-sdn-technologies--1134137>
など他 10 件

<平成 26 年度>

- [1] “世界最高性能 SDN ソフトーNTT、来月公開”、日刊工業新聞、平成 26 年 06 月 11 日
- [2] “NTT ネットデータ制御、ソフト開発” 日経産業新聞、平成 26 年 06 月 13 日
- [3] “NTT、高速な OpenFlow 対応ソフトウェアスイッチ「Lagopus」をオープンソース化” ITPro(Web) <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20140609/562762/>
- [4] “NTT、高速 OpenFlow スイッチ「Lagopus」を OSS として公開へ” クラウド Watch、平成 26 年 06 月 09 日 (Web) http://cloud.watch.impress.co.jp/docs/news/20140606_652181.html
- [5] “SDN ネット検証 10 倍高速化” 日刊工業新聞 平成 26 年 9 月 11 日
- [6] “多種ネットワーク統合管理 NEC が SDN 向けソフト” 日刊工業新聞、平成 27 年 2 月 26 日
- [7] “SDN、光・無線一括管理、NEC、ソフトをネットで公開” 日経産業新聞 平成 27 年 02 月 26 日
- [8] “異なる通信インフラを一元制御、NEC が「トランスポート SDN」を展示” ITPro 平成 27 年 3 月 4 日 (Web) <http://itpro.nikkeibp.co.jp/atcl/news/15/030400793/>
など他 15 件

<平成 27 年度>

- [1] “広域 SDN 「O3 プロジェクト」 が最終報告 ネットワークスライスを 10 分以内で作成” 日経コミュニケーション 4 月号

- [2] “広域ネットワーク仮想化、NEC など基盤技術” 日経産業新聞、平成 28 年 3 月 11 日
- [3] “NEC や NTT など SDN 基盤技術確立 資源の動的配備検証” 日刊工業新聞、平成 28 年 3 月 11 日
- [4] “広域ネットを SDN 化する世界初のプロジェクト「O3」で成果” RBB Today 平成 28 年 3 月 10 日 (Web) <http://www.rbbtoday.com/article/2016/03/10/140428.html>
- [5] “NEC、NTT など 5 社、広域ネットワークで安定した通信環境を提供する SDN の基盤技術を確立・検証” クラウド Watch、平成 28 年 3 月 10 日 (Web) http://cloud.watch.impress.co.jp/docs/news/20160310_747629.html
- [6] “SDN Software Switch "Lagopus" Showcased in ShowNet at Interop Tokyo 2015 -NTT Wins Special Prize of Best of Show Award for Work in Demonstrating SDN-based Internet Exchange-” PRNewswire、平成 27 年 6 月 16 日 (Web)
- [7] “NTT、SDN ソフトウェアスイッチ Lagopus が Interop Tokyo 2015 の ShowNet に採用” 日刊工業 BusinessLine、平成 27 年 6 月 8 日 (Web) <https://www.nikkan.co.jp/>
- [8] “NTT announced that the SDN software switch “Lagopus” will be unveiled in July 2014 as Open Source Software (OSS)” tsdxcentral、平成 27 年 6 月 8 日 (Web) <https://www.sdxcentral.com/products/ntt-communications-lagopus/>
- [9] “NEC、OpenFlow の無線トランスポートに関する実証実験に参加” マイナビニュース 平成 27 年 10 月 15 日 <http://news.mynavi.jp/news/2015/10/15/237/>
- [10] “ONF が主催する OpenFlow 技術の無線トランスポートへの適用・標準化に向けた実証実験に参加” News2unet、平成 27 年 10 月 14 日 <http://www.news2u.net/releases/140109>
など他 18 件

16 ホームページによる情報提供

- [1] <https://www.itevent.jp/o3sympo/>、O3 プロジェクト・シンポジウム 2014 向けウェブページ、
- [2] <http://www.o3project.org/>、O3 プロジェクト・ホームページ、
- [3] <http://www.o3sympo.com/> O3 プロジェクト・シンポジウム 2016 向けウェブページ

研究開発による成果数

	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
査読付き誌上発表論文数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	1 件 (1 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 (0 件)	2 件 (2 件)	7 件 (6 件)
その他の誌上発表数	3 件 (0 件)	6 件 (0 件)	0 件 (0 件)
口 頭 発 表 数	2 2 件 (5 件)	5 8 件 (9 件)	5 6 件 (1 1 件)
特 許 出 願 数	1 2 件 (1 件)	1 7 件 (4 件)	1 8 件 (6 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国 際 標 準 提 案 数	3 件 (3 件)	3 件 (3 件)	2 件 (2 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	1 件 (1 件)	0 件 (0 件)
受 賞 数	0 件 (0 件)	2 件 (2 件)	0 件 (0 件)
報 道 発 表 数	6 件 (3 件)	5 件 (2 件)	8 件 (4 件)
報 道 掲 載 数	2 0 件 (5 件)	2 3 件 (3 件)	2 8 件 (5 件)

	合計
査読付き誌上発表論文数	1 件 (1 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	9 件 (8 件)
その他の誌上発表数	9 件 (0 件)
口 頭 発 表 数	1 3 6 件 (2 5 件)
特 許 出 願 数	4 7 件 (1 1 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)
国 際 標 準 提 案 数	8 件 (8 件)
国 際 標 準 獲 得 数	1 件 (1 件)
受 賞 数	2 件 (2 件)
報 道 発 表 数	1 9 件 (9 件)
報 道 掲 載 数	7 1 件 (1 3 件)

注 1 : 各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読 (peer-review (論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの)) のある出版物に掲載された論文等 (Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む) を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集（電子媒体含む）に掲載された論文等（ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。）を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等（電子情報通信学会技術研究報告など）は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等（査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む）を計上する。

注5：PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。（何カ国への出願でも1件として計上）。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。