

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基盤技術の研究開発)
Research and Development of Network Virtualization Technology
(Research and Development of Network Virtualization fundamental Technology)

代表研究責任者 西原 基夫 日本電気株式会社

研究開発期間 平成 25 年度

【Abstract】

In order to control the circulation of various kind of large data (Big Data) flowing in communication networks, and in order to quickly build various kind of networks that utilize those data, we have developed the following three kind of technologies in part of a research & development project that applies SDN technology to public networks.

(Item 1) Network Management and Control Platform Technology: We have developed a platform to abstract various kinds of networks and a guideline to design networks that build on top of the platform.

(Item 2) Network Control and Coordination Technology: We have developed software modules, such as network management/control modules for various kinds of networks created on the abstraction platform built in Item1, a management assistance module that migrates a legacy network to SDN, and a control module that interconnects SDN and legacy networks.

(Item 3) Network Node Virtualization Technology: We have extended the functionality of the existing optical nodes and packet transport nodes in order to adapt them to SDN and connect them to the abstraction platform built in Item1. We have also developed a technology that enables us to build carrier-class high-capacity and high-performance switches in software. We have conducted interoperability tests in a testbed and have confirmed the all technologies we build met the planned target.

1 研究開発体制

- 代表研究責任者 西原 基夫 (日本電気株式会社)
- 研究分担者 福井 将樹† (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 松本 隆 (日本電気株式会社)
富沢 将人† (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
- 研究開発予算 総額 2,367 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。

ネットワーク上の多種多量なデータ（ビッグデータ）の流通を柔軟に制御できるようにするとともに、これらのデータを活用した新たなサービスを支える多種多様なネットワークを迅速に構築できるようにするために、新たなネットワーク構築や制御の基盤技術である「ネットワーク仮想化技術」を、公衆網に導入できる機能と性能で実現するための研究開発に取り組み、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、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基盤技術の研究開発」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基盤技術の研究開発を実施した。特に本研究開発においては早急な実現を要するプラットフォームの基本機能（OS 機能、OS 機能を用いた基本制御モジュール、ネットワークノードの SDN 化機能）についての開発に注力した。

具体的には、1. ネットワーク管理制御プラットフォーム技術（光、パケット、オーバレイネットワーク資源の抽象化基盤の開発とその基盤を用いたネットワーク設計のためのガイドラインの策定）、2. ネットワーク連携制御技術（前述 1. 抽象化基盤の上でそれぞれ異なるネットワーク管理制御や、従来ネットワークから SDN に移行するための管理支援、既存インターネットと SDN を相互接続させるための連携制御などのネットワークソフトウェアモジュールの開発）、3. 仮想ネットワーク対応ノード技術（光ネットワークノードやパケットトランスポートノードを前述 1. 抽象化基盤に接続して SDN ネットワーク機器として扱うための機能拡張や、キャリアクラス大容量高性能スイッチをソフトウェアにより実現するソフトウェアスイッチなど、有線ネットワークノードの開発）を実施した。

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、テストベッドにおける連携検証を行った。その結果、光コアノードとパケットトランスポートノードの実機を使った連携検証に成功した。また同様に課

題間連携により、マルチレイヤネットワークの可視化、および SDN オーバレイエッジスイッチ技術と相互接続技術の連携による広域網活用技術の実証実験にも成功した。これらのことから、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ための基盤となる技術を確立するという目標を達成できた。

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

固定コア網及びアクセス網を想定した、1000 台規模のパケット（IP、非 IP）や光通信機器により構成される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）ーア SDN 設計技術

通信事業者が SDN 技術を用いたサービスネットワークを設計するための SDN ガイドラインを策定した。現時点では、通信事業者が提供するサービスネットワークである大規模かつさまざまな種類のネットワークが階層的に接続されることで構成されたマルチレイヤネットワークに SDN を適用する場合には、設計を実施するための指針が存在しない。そのため、指針を示した SDN ガイドラインの策定が望まれる。そこで、まずその位置付けの明確化と、マルチレイヤネットワークへ SDN 技術を適用する場合の設計方法について机上検討を実施し、SDN ガイドラインとしての構成や記述すべき内容を決定した。

また、SDN 技術に対する今年度実施分研究課題について、それらを実際の通信事業者のサービスネットワークに適用する場合に必要な設計要件について、評価観点・指標・手法の抽出を実施した。それらの評価手法の確認のために、テストベッドを構築し、共同研究各社にて開発した要素技術の連携検証を実施した。また、SDN 装置の設計に関する評価手法については、OpenFlow スイッチ単体に関して基本的な手法の具体化を行い、評価ツールを作成し、それらを用いた検証を実施した。

上記の検討結果を基に、具体的な設計に関する要件をまとめ、SDN ガイドラインを完成させた。

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

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の研究開発においては、公衆網におけるトラフィックの増大や多種多量なデータの流通にも柔軟にネットワークを構築し、運用することを可能とするため、公衆網を仮想化しネットワークを管理し、制御するプラットフォーム技術を実現する基盤技術の実現に向けた取り組みを行った。

具体的には、共通制御フレームワークにおける共通管理モデル、及び、その attribute による拡張と、演算機能の検討を行い、API ドキュメント化を行った。また、試作実装にて性能評価を実施した。加えて、実証実験を通して、マルチベンダ、マルチレイヤのネットワークを統合的に扱えることが確認できた。

また、VXLAN のオーバレイネットワークが要求する帯域をアンダーレイの OpenFlow ネットワークでも保証する VXLANFederation を開発し、OpenFlow/VXLAN 連携制御機能を実現した。VXLANFederation は、オーバレイネットワークが要求した帯域を割り当て可能なアンダーレイネット

ワークを検索し自動的に割り当てることで上記を実現している。本機能を共通制御フレームワークが提供する演算機能を拡張することで実現した結果、元コードに対してわずか 30%程度の改造量で実現できることが分かった。

最終的に、共通制御フレームワークを用いた OpenFlow/VXLAN の統合ネットワークに置いて、VTEP 数を 1,000 台規模の環境で 100 スライスの作成にかかる時間を見積もり、10 分弱で実現できることを実証した。

課題（１）ーウ パケットトランスポートネットワーク資源管理技術

本研究では、ネットワーク仮想化技術を早期に公衆網へ適用する基盤技術を確立するため、公衆網のうち、コア網及びアクセス網への適用を優先し研究開発を行う。具体的には、パケットトランスポートで構成されるネットワークを対象として、制御・管理することを可能とする技術の研究開発に取り組む。パケットトランスポートネットワーク資源管理技術として、コア網及びアクセス網を想定した、1,000 台規模のパケット（IP、非 IP）機器により構成されるネットワーク環境において、100 以上の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パケットネットワークに関する資源管理情報を共通管理モデルに従って保持し、資源管理情報に対する参照・更新を 10 分程度で完了することを実現することを目標とした。

まず、仮想リソース管理機能を技術開発し、物理的なパケットトランスポートネットワークを仮想的なパケットトランスポートネットワークとして管理制御可能とし、複数のシステムへ仮想リソースを提供可能とするシステムを確立した。このことにより、複数の他連携システムへ仮想的なパケットトランスポートネットワークの資源を提供可能となり、マルチレイヤにおけるパケットトランスポート層の連携制御を確立した。

また、物理アプライアンス制御技術を開発し、物理的なパケットトランスポートネットワークを抽象的に管理制御することが可能となるシステムを確立した。このことにより、一つの物理的なパケットトランスポートネットワークを複数のリソースとして分割利用することが可能となり、通信事業者規模の公衆網レベルでのパケットトランスポートネットワークの共有利用技術を確立した。

さらに、サーバ制御技術を開発し、複数の利用者に対するユーザ管理を実現可能なシステムを確立した。このことにより、仮想的なパケットトランスポートネットワークの資源をユーザ毎に、分割利用可能となり、既存では物理的なパケットトランスポートネットワークの所有者のみが利用可能であった通信事業者規模の公衆網を物理的なネットワークを保有していない、事業者に対しても利用可能とする技術を確立した。

最終的には、固定コア網及びアクセス網を想定した、1000 台規模での運用管理が可能であることを確認するため、管理リソース機能の性能評価を実施し、各オブジェクトの登録数が目標に規定された固定コア網及びアクセス網を想定した、1000 台規模の登録操作となった場合においても、10 分以内で操作完了することが達成されていることを確認した。

この結果より、共通管理モデルに従って保持した 100 以上のネットワークについて、それぞれのネットワークの構築が 10 分以内で完了することを確認した。

課題（１）－エ 光コアネットワーク資源管理機能

光コアネットワーク資源管理機能の研究開発においては、固定コア網及びアクセス網を想定し、1,000 台規模の packets (IP、非 IP) や光通信機器により構成される物理ネットワーク上に、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 10 分以内で実現可能とするために、他レイヤネットワークと連携して静的に資源を管理して制御する光コアネットワークの管理、共通制御フレームワークを実現することを成果目標とした。

本目標を達成するために光コアネットワーク資源管理機能として、光コアネットワークを制御するための光コアネットワーク資源の種類を明確にし、その光コアネットワーク資源を、共通制御フレームワーク上において簡易に扱うための光コアネットワーク抽象化手法を検討した。次に、抽象化された光コアネットワーク資源を用いた光コアネットワーク資源管理方式を検討し、共通制御フレームワーク上への実装を行った。さらに、光コアノード資源管理機能を実装した共通制御フレームワークおよび光コアノードを用いて、テストベッドネットワークを構築し、動作検証と基本性能評価を行った。

スライス生成または変更にかかる所要時間、およびその内訳として光コアネットワークでの制御時間を計測し、スライス生成または変更は操作内容に応じて約 17~28 秒、光コアネットワーク制御はスライス操作の内容によらず約 2.3 秒で完了する事を確認した。本結果から、1,000 ノード規模の広域ネットワークを想定した場合にも、光コアネットワークの資源を分単位で割当てることが十分可能である見通しを得た。

3. 2 課題（２）ネットワーク連携制御技術

ア 統合資源管理制御技術

1000 台規模のノードで構成される光伝送装置及びパケット転送装置の通信環境において、高信頼かつ高スケーラビリティなコアネットワークの管理制御を実現し、複数レイヤを連携した設定を 10 分以内に完了することを実現する。

イ ネットワーク間相互連携管理制御技術

1000 台規模のノードで構成される仮想ネットワークの環境において、既存ネットワークを含む他ネットワークとの相互接続を実現し、連携したネットワーク構成の変更を 10 分以内に完了することを実現する。

ウ ネットワーク移行管理制御技術

1000 台規模のノードで構成されるネットワークの環境において、提供サービス、制御ポリシー、障害管理機能等が停止することなく、段階的に既設ネットワークから仮想ネットワークへ移行することを実現する。

課題（２）－ア 統合資源管理制御技術

課題（２）－アでは、1000 台規模のノードで構成される光伝送装置及びパケット転送装置の通信環境において、高信頼かつ高スケーラビリティなコアネットワークの管理制御を実現し、複数レイヤを連携した設定を 10 分以内に完了することを実現するため、パケットトランスポートネットワークを対象とした「パケットトランスポートネットワーク管理制御技術」及び光コアネットワークを対象とした「光コアネットワーク管理制御技術」の研究開発を行った。

「パケットトランスポートネットワーク管理制御技術」においては 1,000 台規模のノードで構成される通信環境において、目標値である 10 分以内に MPLS-TP ネットワーク内の資源を 40 資源程度まで

処理可能とした。また、「光コアネットワーク管理制御技術」においては 1,000 台規模のネットワークモデルに対して、光コアネットワーク管理制御機能が光コアノードの資源を管理し、切り出すまでの時間は最大でも 15 秒以下での完了を可能とした。これらの成果により、課題（2）-アの到達目標を達成した。

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（2）-ア-1 パケットトランスポートネットワーク管理制御技術

これまでのネットワーク設定では、個別のパケット転送レイヤ毎に必要なネットワークの設定をオフラインで作成検証し、策定した設定を個々の装置にアクセスし、それぞれ制御設定をしており、設定完了まで数時間から数日を要していた。

サービスとしてのアプリケーションが必要とするリソース量等を、アプリケーション側から要求すると、統合的に管理している複数レイヤのネットワーク資源の中から最適なネットワーク資源を、動的に確保、及び提供するネットワーク管理システムが必要である。

本技術開発では、MPLS-TP ネットワークレイヤ及び IP ネットワークを統合的に管理し、サービスを提供するユーザからの要求に応じて、MPLS-TP ネットワーク内から最適なネットワーク資源を動的に確保し、IP ネットワークのトラヒックに割り当てる、パケットトランスポートネットワーク管理制御技術を開発した。具体的には、MPLS-TP ネットワーク内から最適なネットワーク資源を動的に確保する MPLS-TP ネットワーク制御機能、確保した資源を IP ネットワークのトラヒックに割り当てる IP ネットワーク制御機能を備えたパケットトランスポートネットワーク管理制御システム、及びパケットトランスポートネットワーク管理制御システムへのユーザのインタフェースとなる管理アプリケーションを開発した。

開発したパケットトランスポートネットワーク管理制御技術をテストベッドで評価したところ、MPLS-TP ネットワーク内の 1 資源を IP ネットワークのトラヒックに割り当てる処理に要する時間は 20 秒以下であった。1,000 台規模のノードで構成される通信環境において、MPLS-TP ネットワーク内の資源を IP ネットワークのトラヒックにシリアルに割り当てていったとしても、目標値である 10 分では、40 資源程度までの処理が可能であることが確認できた。

課題（2）-ア-2 光コアネットワーク管理制御技術

従来、光コアネットワークの設定変更を行うには、光レイヤ、OTN(Optical Transport Network)レイヤのそれぞれに対して設計、検証を行った後に光コアネットワークの資源を管理している NMS (Network Management System) によって行われていた。このため、設定変更が完了するまでには短くても数時間を要した。

そこで、光コアネットワーク管理制御機能の研究開発においては、設定変更時間の短縮を目標とした。具体的には、固定コア網及びアクセス網を想定し、1,000 台規模のパケット (IP、非 IP) や光通信機器により構成される物理ネットワーク上に、高信頼かつ高スケーラビリティな光コアネットワークの管理制御を実現し、複数レイヤを連携した設定を 10 分以内で実現可能とするための、静的に資源を管理して制御する光コアネットワークの管理制御機能を実現することを成果目標とした。

本目標を達成するために光コアネットワーク管理制御機能として、光コアネットワークを制御するための光コアネットワーク資源の種類を明確にし抽象化を行い、実際の光コアネットワーク資源を管理している NMS (Network Management System) との連携手法を検討し、抽象化された光コアネットワ

ーク資源の管理手法を検討し、実装を行った。次に抽象化された光コアネットワーク資源から、ユーザからの要求に対応する光コアネットワーク資源を切り出す手法を検討し、実装を行った。さらに光コアノードと光コアネットワーク資源管理機能共通制御フレームワークを連携させて、テストベッドネットワークを構築し、動作検証と基本性能評価を行った。

その結果、成果目標規模のネットワークモデルに対して、光コアネットワーク管理制御機能が光コアノードの資源を管理し、切り出すまでの時間は最大でも 15 秒以下で完了することが確認された。本結果から目標を十分達成可能である見通しを得た。

課題（2）－イ ネットワーク間相互連携管理制御技術

まず、既存ネットワークとの相互接続を実現するネットワーク間相互連携管理制御方式の検討およびその結果に基づく実装を行った。

広域網の重要な用途として、既存ネットワークとの相互接続が挙げられる。広域網が SDN 技術で構築されたとしても、既存のテクノロジーで実現されたネットワークと相互接続が必要である。特に、IP 技術を用いて構築されている既存ネットワークとの相互接続技術の確立は、重要な課題である。そこで、我々は、SDN 技術を用いて広域網上に構築された仮想ネットワークが、BGP を用いて経路情報の交換を行うことで、既存の IP ネットワークとの間で相互連携を実現するネットワーク間相互連携管理制御方式を提案した。さらに、提案方式の実装を用いることで、既存の IP ネットワークとの間で相互連携が実現できることを確認した。

また、モジュール配備機能について、IP-VPN 対応コントローラを用いた迅速な IP-VPN 面の展開を実現するための、モジュール配備機能の検討及び実装を行った。本機能を用いることで、IP-VPN への顧客/拠点の追加といった粒度での、IP-VPN 対応コントローラに対する操作を実現することができる。さらに、配備モジュールが IP-VPN に特化した Northbound API を提供することで、IP-VPN 対応コントローラを、他のコントローラやオーケストレータ、実アプリケーションなどから容易に制御することを可能とした。

さらに、JGN-X 広域テストベツトを用いて、実際に 1,000 台の OpenFlow スイッチからなる大規模広域環境において、IP-VPN 対応コントローラの評価を行った結果、スイッチ数及び拠点数を増加させることによって、処理にかかる時間は増加するものの、全体の処理時間はスイッチ数/拠点数が 2 倍になった場合にも、1.2 倍程度の増加しか示していないことから、本コントローラが、アンダーレイスイッチ数に対してスケールするアーキテクチャであることを確認できた。最終的には、課題 2 イで取り組んだネットワーク間相互連携管理制御技術を、課題 1 イで試作した共通制御フレームワーク上にて実装し、これを用いた評価を行い、1,000 ノード規模のネットワーク上で 10 分以内に 100 スライス作成という到達目標の達成を確認した。

課題（2）－ウ ネットワーク移行管理技術

既存のネットワークからより新規なネットワークへの従来のネットワーク移行では、現状のネットワークの変更を最小限に留めることを主眼にしたオーバーレイモデルが主流であった。しかしながら、従来の単純なオーバーレイモデルでは、遅延や帯域に厳しい品質を要求するレガシー通信に支障が出る可能性が高い。また、パケット通信装置においても、物理的な接続が変化しない場合においても、制御信号の論理的な接続先や接続数が増加するため、既存の通信装置に対する制御のスケラビリティ等に課題がある。

そこで、既存のレガシーネットワークから段階的に、サービスを停止することなく、新規サービスを提供可能な仮想ネットワークへ移行（マイグレーション）する技術として、従来の様々な制御アーキテクチャによるネットワーク（IP、MPLS、広域イーサネット、SDH等）から、インテリジェントな制御設定を実現する仮想ネットワークへの円滑な移行を実現する新たな技術として、仮想ネットワークを1台ないし複数のルータとしてエミュレーションすることにより、既存のネットワーク管理体系であるIPネットワークから仮想ネットワーク（MPLS-TPネットワーク）へ、段階的に移行するための技術を確立した。

具体的には、仮想ネットワーク上において既存サービスの継続を実現可能とするための、ネットワークエミュレーション技術を確立した。これにより、仮想ネットワーク上に既存ネットワークをエミュレートし、既存サービスに変更を加えることなく、仮想ネットワーク上でのサービスの継続を実現可能とした。また、既存サービスを停止せずに新規ネットワークに移行する、ネットワークサービス移行技術を確立した。これにより、仮想ネットワーク上に実現するエミュレーションネットワーク上への、既存サービスを停止させることのない移行を実現可能とした。さらに、ネットワーク移行管理制御技術の、電気通信事業者の大規模な公衆網への適用を可能とする、スケーラブル移行管理制御技術を確立した。

3. 3 課題（3）仮想ネットワーク対応ノード技術

ア ソフトウェアノード制御及びドライバ技術

1 インタフェースあたり 10Gbps を超える大容量トラフィックを収容し、100 万フロー（従来比 10 倍）の特性の異なるトラフィックに対して、適切な転送経路の設定をオンデマンドに行うことが可能なエッジスイッチを実現する。

イ 光コアノード制御及びドライバ技術

複数ユーザの packets 信号として供され、かつ、10Gbps を超えるパケットトラフィックに対して、その速度やサイズの属性に合わせて約 1Gbps 粒度の回線、光ネットワークへの振り分け、収容、転送、切替えを可能とする光コアノードを実現する。

ウ パケットトランスポートノード制御及びドライバ技術

100Gbps のインタフェースを有し、利用時間や帯域等 10 種類以上のサービス品質条件を指定してデータ伝送可能なパケットトランスポートノードを実現し、またネットワーク設定を従来比 1/10 の時間（数分以内）で実現する。

課題（3）－ア ソフトウェアノード制御及びドライバ技術

課題（3）－アでは、1 インタフェースあたり 10Gbps を超える大容量トラフィックを収容するため、「SDN ソフトウェア転送ノード構成技術とドライバ技術」の研究開発を行った。また、100 万フローの特性の異なるトラフィックに対して、適切な転送経路の設定をオンデマンドに行うことが可能なエッジスイッチを実現するため、「SDN オーバレイスイッチ技術及び制御技術」の研究開発を行った。

「SDN ソフトウェア転送ノード構成技術とドライバ技術」においては 10Gbps を超える転送性能と 100 万フローの収容を可能とした。また、「SDN オーバレイスイッチ技術及び制御技術」においては 100 万フローの特性の異なるトラフィックに対し、それぞれ適切な転送経路の設定を行い、分散して存在する拠点間を接続し、設定された経路に従ってパケット転送を行うことを可能とした。これらの成果により、課題（3）－アの到達目標を達成した。

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 SDN ソフトウェア転送ノード構成技術とドライバ技術

今後のダイナミックなデータ流通を支えるネットワークプラットフォームにおいて、特に広域ネットワークのコアエッジ転送ノードの汎用化とフレキシビリティの向上のために、汎用サーバ上で動作するSDN ソフトウェア転送ノード構成技術と SDN コントローラからノードを制御するためのドライバ技術の実現に取り組んできた。到達目標として、様々なネットワーク構成を持つ拠点を収容し、広域ネットワークへの転送を可能にする 10Gbps を超える大容量トラフィック転送性能、及び 100 万フロー級の特性の異なるトラフィックを収容可能とするフロー処理技術、OpenFlow などのプロトコルを用いて適切な転送経路の設定をオンデマンドに行うことが可能な機構を具備した、広域ネットワーク向け SDN ソフトウェアスイッチ構成技術とそのドライバ技術を確立することとしていた。

本目標を実現するため、本 SDN ソフトウェアスイッチの構成として、Agent 層と Dataplane 層の 2 階層構造を採用し、Agent 層で柔軟な制御が可能なドライバ技術、Dataplane 層で 10Gbps のトラフィック転送や 100 万フローを収容可能にする性能の実現に取り組んできた。

また、各機能部は可能な限り共通部品化を行い、それらの組み合わせで様々な付加機能、モジュールの実現を可能とし、柔軟性の高い SDN ソフトウェアスイッチの実装を行った。

ドライバ技術については、OpenFlow 1.3 に準拠した実装を行い、Comformance Test Specification for OpenFlow Switch Specification、及び Ryu Certification に基づいた機能評価を行い、広域ネットワークで用いられる MPLS や PBB 等のプロトコルの制御も含め仕様に対する高い準拠率を確認することができた。

性能面では、最新のマルチコア CPU や高速 I/O 処理の活用により、汎用サーバ上での高速なパケット処理が可能なアーキテクチャを検討し、実装を行った。この結果、広域ネットワークでの利用例としてデータセンタと WAN を結ぶゲートウェイ、MPLS ルータ、Ethernet スイッチを想定した性能評価を行い、目標としていた 10Gbps を超えるトラフィックの転送性能(2 リンクを用いることにより 20Gbps を達成)や、100 万フローの収容ができることを実験により検証し、年次目標の達成を確認した。

課題（3）－ア－2 SDN オーバレイスイッチ技術及び制御技術

SDN オーバレイスイッチ技術及び制御技術の研究開発においては、様々なネットワーク構成を持つ拠点のアクセス網からのオーバレイトンネルによって拠点間の仮想ネットワーク連携を行なう 100 万級のフローを管理し、異なるフロー特性に応じて適切な経路を選択する SDN オーバレイスイッチと仮想ネットワーク制御ノードを実現した。

仮想ネットワーク制御ノードに関する研究開発では、保守者から仮想ネットワーク制御ノードに対して 100 万フローを集中管理し、100 万フローに対しそれぞれ適切な転送経路の設定を行い、分散して存在する拠点間を接続し、設定された経路に従ってパケット転送を行う SDN オーバレイエッジスイッチ技術を確立した。

SDN オーバレイエッジスイッチ技術の研究開発では、トンネル技術及び制御インタフェースについて仕様検討・実装を行った。トンネル技術では、仮想ネットワーク制御ノードからの設定に従い、フロー毎に選択されたトンネルを通して、パケット転送を行う機能について検討し、実装した。また、フローと転送経路であるトンネルとの対応を、仮想ネットワーク制御ノードからの指示として受け取るための制御インタフェースについても、OpenFlow プロトコルをベースに必要となる機能の検討を行い、実装した。

そして仮想ネットワーク制御ノードおよび SDN オーバレイスイッチの連携動作を検証するために広

域実証環境（大手町・福岡・札幌）を構築し、トンネル制御や経路制御が正常に動作することを検証した。

課題（3）－イ 光コアノード及びドライバ技術

複数ユーザの packets 信号を OTN 信号(回線信号)へ振り分けて収容する機能を検討し、約 10 Gbps の packets 信号に対して、約 1 Gbps 粒度の OTN 信号への振り分けを行う評価ボードの試作・評価を通して本技術を実証する。

本研究開発では、ユーザから packets 信号として提供されるユーザの情報を載せた信号を回線ネットワークや光ネットワークへと振り分け、収容、転送を柔軟に行う機能を実現する光コアノード技術の確立を行った。具体的には、packets 信号向けのインタフェースから packets 信号（トラフィックのフロー）を識別し、前記 packets 信号を識別した情報に応じて振り分けを行う機能をもつ評価ユニットを試作して、その動作を実証した。

試作評価ユニットでは、入力側のクライアントインタフェースとして 10GbEthernet インタフェースを 4 ポート持ち、その出力側であるネットワークインタフェースとして 1.25Gbps 粒度の OTN 信号である複数の LO ODU (Lower Order Optical channel Data Unit)インタフェースを持つ。bitrate が約 1.25Gbps である LO ODU0 信号、または、bitrate が約 10Gbps (8 x 1.25Gbps)である LO ODU2 信号が出力され、入力される packets 信号としては MPLS または Ethernet MAC をその対象とした。入力された MPLS のラベル情報や Ethernet MAC の VLAN 情報を識別し、その識別した情報に従って複数の LO ODU インタフェースから特定のインタフェース、または、入力側のインタフェースへ packets 信号を出力する。全ての入出力インタフェース種の組み合わせにおいて、MPLS ラベルおよび VLAN タグの識別により適切に packets 信号が出力インタフェースに接続されていることを確認した。

上記より、複数ユーザの packets 信号を OTN 信号(回線信号)へ振り分けて収容する機能の試作を行い、約 10 Gbps の packets 信号に対して、約 1 Gbps 粒度の OTN 信号への振り分けを行うという目標の達成を確認できた。

課題（3）－ウ パケットトランスポートノード制御及びドライバ技術

本研究開発では、パケットトランスポート(MPLS-TP)ネットワーク管理・制御フレームワークから物理ノードへの要求品質を規定するためのインタフェース構造を研究開発する。これにより、MPLS-TP ネットワーク管理・制御フレームワークは、物理ネットワークにネットワーク設定を要求する際に、物理ノード特有の複雑な制御トランザクションを意識することなく、ネットワーク品質設定が可能となる。また、多物理ノードへのネットワーク品質設定要求を効率的に物理パケットトランスポートノード制御に変換・展開する技術を研究開発する。一方で、多種・多様なネットワーク品質を提供するため、ノード内の機能ブロックを有機的に連携させる多品質ネットワーク生成技術についても研究開発する。これは、多種多様な品質のネットワーク要求に適した物理ネットワーク制御インタフェース構造に関する技術、物理ネットワーク制御の個別ネットワークノード制御への変換技術、ノード内機能ブロック連携による多品質ネットワーク生成技術の 3 つの技術開発から構成される。

具体的な作業としては、パケットトランスポートノードを制御するための上記開発技術仕様を実装したソフトウェアを開発(コーディング)、及び開発した技術を検証するためのテストベッドを構築する。そして、本テストベッドを用いて開発ソフトウェアを実行し、収集した実行結果データを下に、目標とする(1)10種類以上のサービス品質条件を指定してデータ伝送可能なパケットトランスポートノードの

実現、及び(2)ネットワーク設定を従来比 1/10 の時間（数分以内）で可能とする技術を確認する事を目標とした。

今年度の研究開発を通して、目標(1)は、論理ネットワーク仕様として要求された 10 種類以上のサービス品質の接続性を、要求に応じてパケットトランスポート中継部に予め確立しプール化してあるパスから適切なものを選択し、パケットトランスポートエッジ部を制御し収容するユーザのフローと該当パスとのマッピングをオンデマンドで実施することで実現できたことを確認した。また、目標(2)は、構築したテストベッド用いて実施した実験結果から、目標としていた従来比 1/10 の時間を上回り、接続性提供では約 252 倍の 0.102[Sec]で、接続性削除では約 190 倍の 0.108[Sec]で各ネットワーク設定が可能であることを確認した。

本研究開発で検証用に開発したテストベッドを用いて実施した実験の結果、指定した多様な品質のネットワークを確実にかつ迅速に展開・設定可能であることを検証し、設定した目標を達成したことを確認した。

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

○OSS 化について

本研究開発では、研究成果の一部をオープン化することにより、オープンイノベーションによる成果のグローバルな展開やネットワーク仮想化技術の社会実装の加速をねらっている。

ネットワーク仮想化技術を取り巻く動向として昨今 SDN(Software Defined Networking)が注目され、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ている。そこで総合ビジネスプロデューサを中心とし、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、ポートフォリオの策定を進めた。

今後、調査結果・ポートフォリオを用いて、本プロジェクトの成果のオープン化をより効果的に行うための行動計画を検討していく。

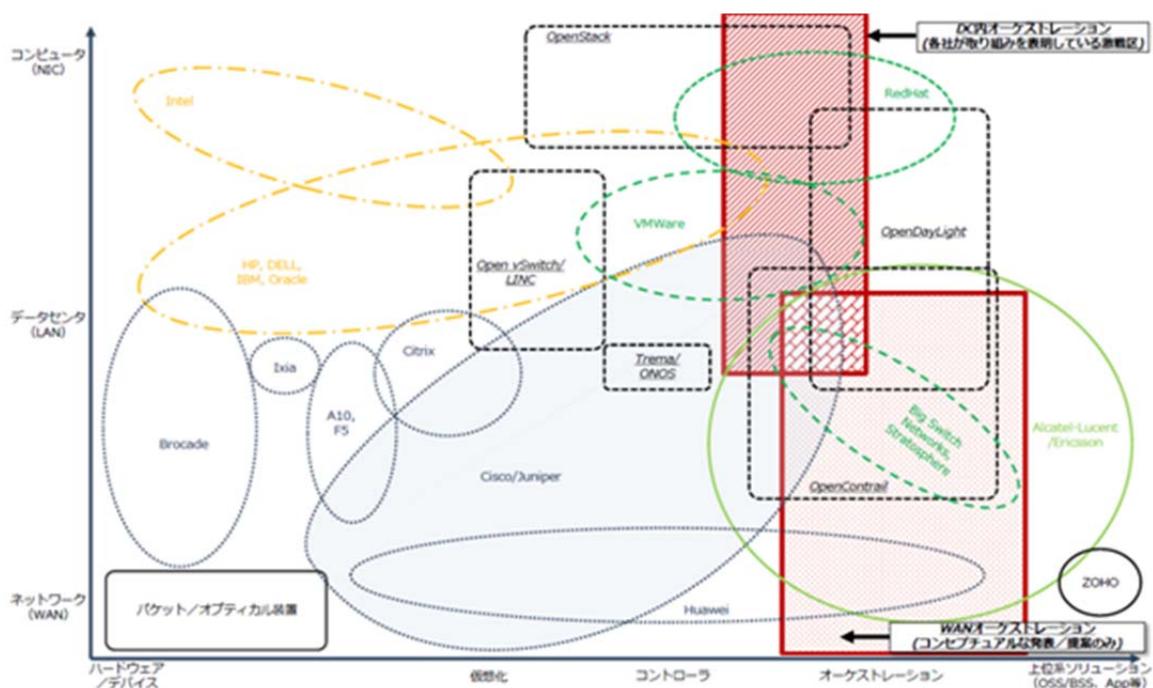


図 ① OSS コミュニティ・グローバルベンダのポートフォリオ

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図 ②に示す通りである。

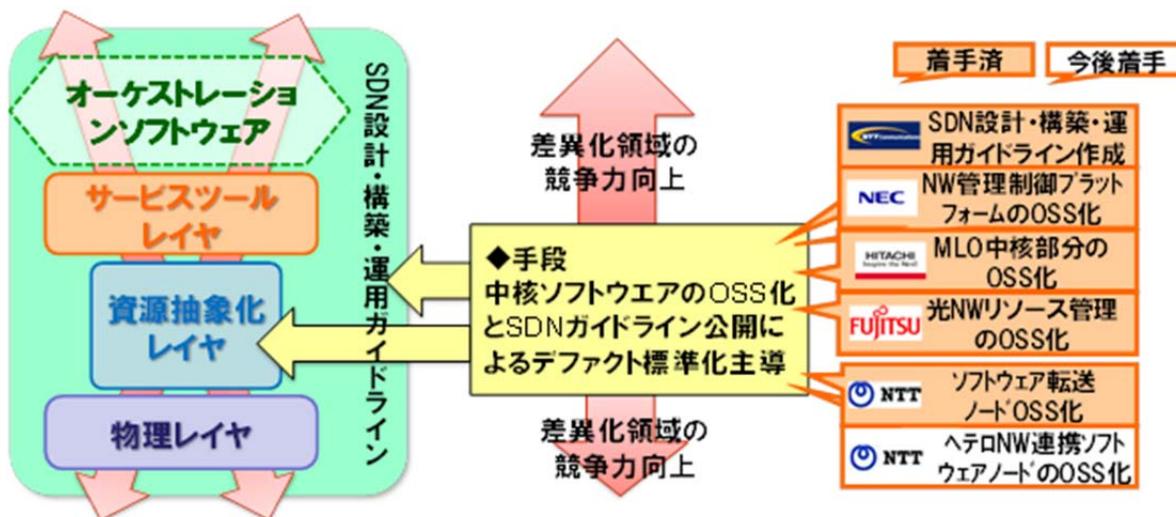


図 ② オープン化を検討している領域

○標準化について

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ねらっている。

本研究開発では国際標準化を以下二つの視点でとらえ、動向調査を開始し、ポートフォリオの策定を進め、それぞれの視点で活動を進めた。

- 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 ③ 標準化団体のポートフォリオ

○事業化について

日本電気株式会社

研究開発成果のキャリアグレードの多様なネットワーク（光、パケット、IP、モバイル、データセンタ）に対し、トランスポート SDN 技術を適用するユースケース、ビジネスモデルについて関連事業部門と議論している。

NTT コミュニケーションズ株式会社

本プロジェクトの成果の早期実用化・製品化により、国際競争力を強化し、グローバルな市場を獲得するための活動を開始した。具体的には、自社内事業部と自社網への適用性について定期的に議論している。沖縄オープンラボ等と SDN 関連のユースケース検証についても定期的に議論を進めており、本プロジェクトの成果のオープン化に伴って検証を実施する。

株式会社 日立製作所

図 ④に示す通り、補正課題（2）ーウのネットワーク移行管理技術、補正課題（1）ーウのパケットネットワーク管理技術、補正課題（3）ーウのパケットトランスポートノード制御及びドライバ技術を組み合わせることで、既存ネットワークから SDN への漸進的な移行を促す、仮想ネットワーク移行製品・管理ソリューションの製品化（2016 年～予定）を目指す。

補正予算課題(2)-ウ: NW移行管理技術
 補正予算課題(1)-ウ: パケットトランスポートNW資源管理技術
 補正予算課題(3)-ウ: パケットトランスポートノード制御及びドライバ技術
 ⇒ 2016年度～ 仮想NW移行製品・管理ソリューションの製品化

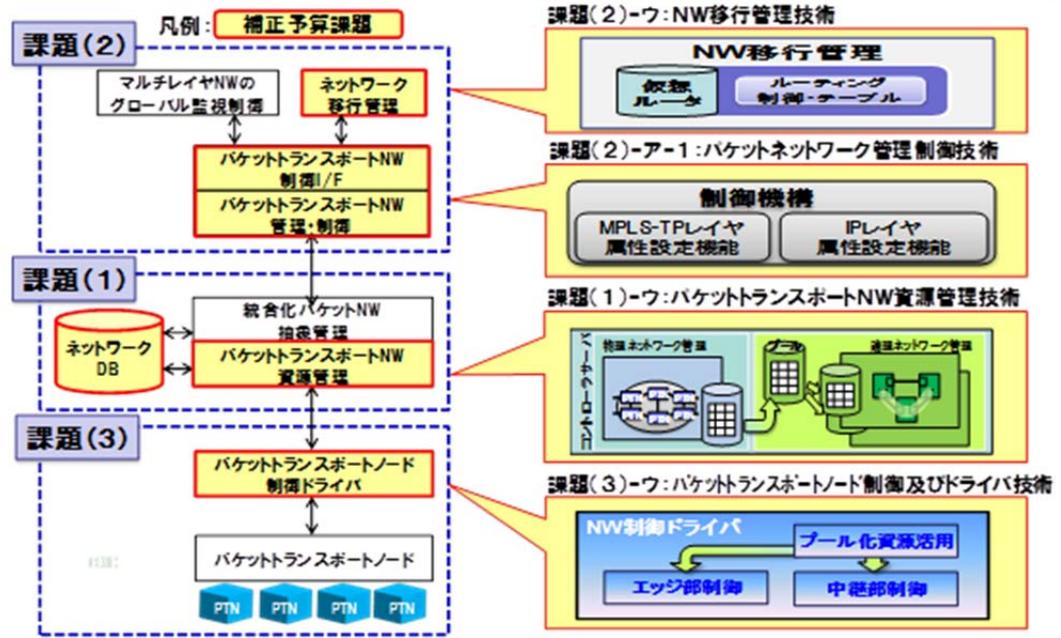


図 ④ 事業化の概要

富士通株式会社

最終的には、SDN の多レイヤ連携の中で、光レイヤを担当する光コアネットワーク管理制御技術の製品化と、それらで制御可能な SDN 対応光ノードの製品化を目指している (図 ⑤)。

今年度は、光コアネットワーク制御技術の事業化・製品化の検討を行い、広域ネットワークにおける SDN 適用時期を考慮し、2017 年度製品化の方針を議論している。

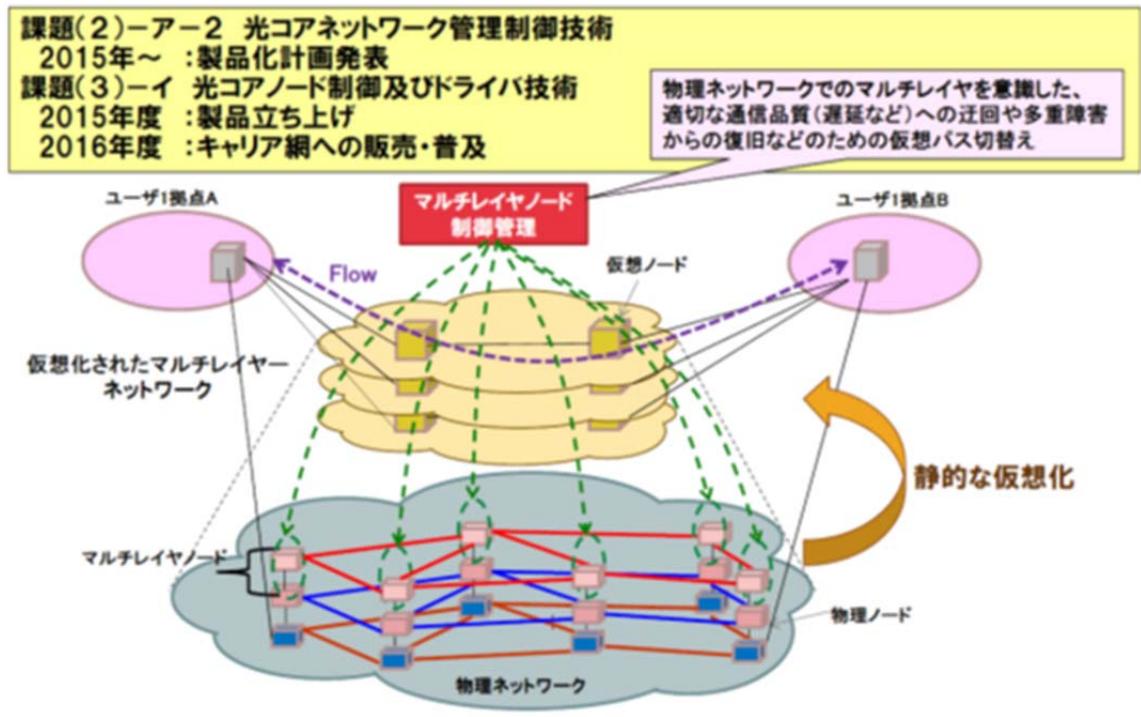


図 ⑤ 製品化・事業化計画

○対外的アピール活動

本年度の研究成果を広くアピールする場として、研究成果発表会を下記の通り開催し、活動成果についてのプレゼンテーション、ならびにデモ展示を行った。

- ・ 名称：O3 プロジェクト シンポジウム 2014
- ・ 開催日時：平成 26 年 3 月 14 日（金） 11:00～17:30
- ・ 開催場所：アキバ・スクエア（秋葉原 UDX2F）
- ・ 来場者数：396 名（事前登録 539 名）
- ・ メディア掲載

クラウド Watch 「着実に成熟に向かう SDN の現状～O3 シンポジウム基調講演」

(http://cloud.watch.impress.co.jp/docs/news/20140318_640121.html)

日経 BP ネット 「SDN 技術開発の国家プロジェクトがアキバで成果を披露」

(<http://www.nikkeibp.co.jp/article/news/20140315/388092/>)

この他、国内外で開催された展示会やシンポジウム（SDN Japan 2013、TEIN4 Future Internet Workshop、Okinawa Open Days、ONS2014 等）にてプレゼンテーション、デモンストレーション等を行い、本研究開発の意義、目的、内容を内外に広くアピールした。

5 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた計画

本研究開発の成果を踏まえ、平成 26 年度以降のネットワーク仮想化統合技術の研究開発ならびに受託各社の個別開発に取り組むとともに、対外アピール活動を継続し、コミュニティの拡大に努める。

最終的には、オーケストレーションが完全にソフトウェア化・自動化され、コンピュータ（仮想マシン）並みの応用性・即時性を有するネットワークを実現する。これにより、最終的には流通異業種間でのクラウドサービスの連携がソフトウェア流通・交換により即時に実現される世界（図 ⑥エラー! 参照元が見つかりません。）、および世界で共通品質・性能をもつクラウドサービス基盤がソフトウェア配布により即時に実現される世界（図 ⑦）を目指す。

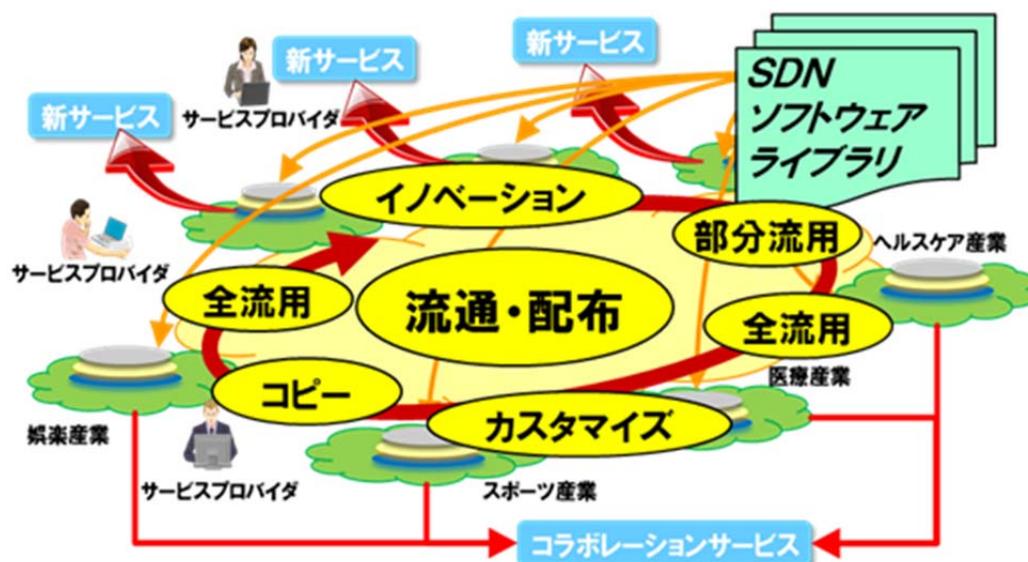


図 ⑥ 将来展望イメージ（1）



図 ⑦ 将来展望イメージ (2)

上記将来展望イメージの実現を目指した本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) の活動として、OSS 化、製品化・事業化、知財・国際標準化活動、実証実験、成果プロモーションの今後の計画を以下に示す。

○OSS 化

OSS 化については、今後、調査結果・ポートフォリオを用いて、本プロジェクト成果のオープン化をより効果的に行うための行動計画を検討していく。今後の予定は、以下の通りである (図 ⑧)。

- ・ 共通制御フレームワーク：平成 26 年度中 (2014 年 12 月を目処) に OSS として公開予定
- ・ SDN 設計、ガイドライン：平成 26 年度中 (2015 年 3 月まで) にガイドラインを公開予定
- ・ SDN ソフトウェア転送ノード：平成 26 年度中 (2014 年第二四半期を目途) に OSS として公開予定
- ・ パケットトランスポート：平成 26 年度中 (2015 年 3 月まで) にマルチレイヤオーケストレータ基本部を OSS として公開予定
- ・ 光ネットワーク：平成 26 年度中 (2015 年 3 月まで) に光ネットワークリソース管理部を OSS として公開予定

平成 27 年度以降、リリース後の OSS のメンテナンス・拡張を継続的に実施する。

○事業化・製品化

事業化・製品化に関しては、以下の通り予定している (図 ⑨)。

- ・ SDN 設計ガイドライン：平成 26～29 年度 (2014 年～2018 年頭) に実ネットワークへの適用検討 (ターゲット：通信事業者、NW サービス提供事業者)
- ・ SDN ソフトウェア転送ノード：平成 26 年度中 (2015 年第一四半期まで) に OSS 化
- ・ SDN オーバレイスイッチ：平成 26 年度中 (2015 年第一四半期まで) に一部技術の製品化または商用システムへの適用
- ・ パケットトランスポート：平成 27 年度 (2016 年) 中にトランスポート SDN の一部技術の製品化または商用システムへの適用
- ・ 光ネットワーク：平成 27 年度中 (2016 年第一四半期まで) に管理制御技術の製品立ち上げ、

平成 28 年度中（2017 年中頃まで）にノード制御・ドライバ技術のキャリア網への販売、平成 29 年度中（2018 年中頃まで）に SDN 統合運用、ソリューションの提供

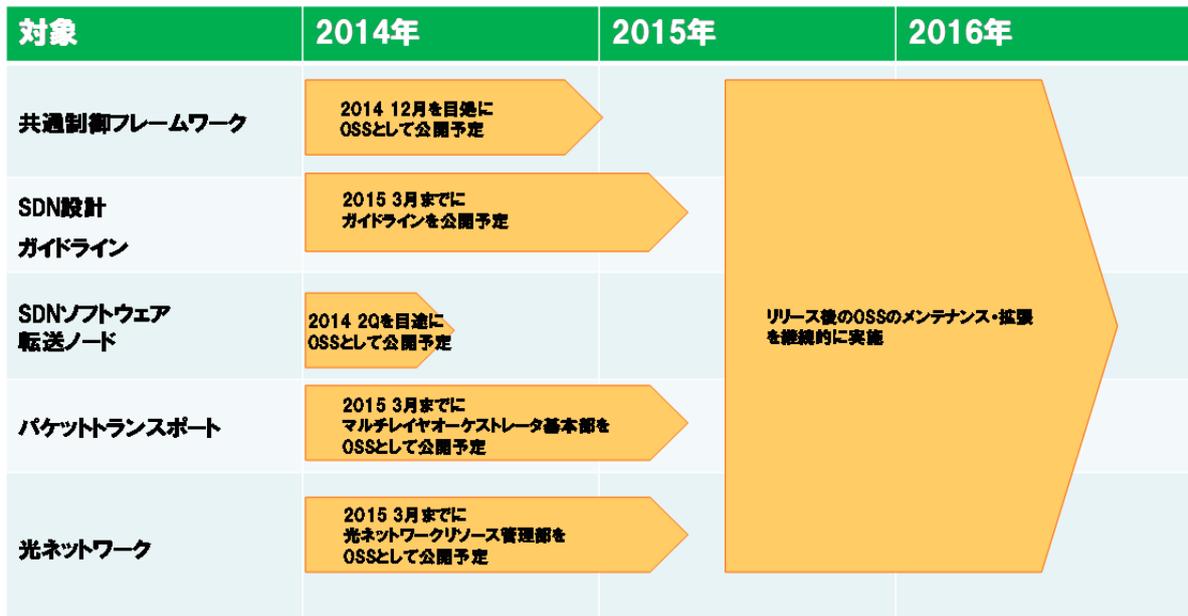


図 ⑧ 本研究開発成果の OSS 化による展開予定



図 ⑨ 本研究開発成果の事業化・製品化予定

○知財・国際標準化・実証実験

商用製品として具現化するために必要となる知財（特許）および国際標準化に関しては、平成 26 年度（2014 年）以降も継続して行う計画としている。さらに、社会導入に向けた実験について、NTT コミュニケーションズが構築した実験網を用いて、実証実験を進めていく計画である。

○プロモーション活動

本研究開発成果を発展させるためのプロジェクトとして、O3プロジェクトを発足させた。平成 26 年度（2014 年）以降も本プロジェクトを通じて広く成果を公開し、さらなる発展を進めていく。

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（表①）。

- ① OSS の公開：オープンソースソフトウェアを4つ以上公開する
- ② 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
- ③ 事業化・製品化：新規製品のリリースまたは事業を3つ以上立ち上げる

表① 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
OSS の公開	平成26年度	オープンソースソフトウェアを4つ以上公開	OSS 公開サイトによる情報発信	OSS を公開した時点
プロモーション活動	平成26年度	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	各種イベント・研究会での発表	10件以上実施した時点
事業化・製品化	平成26～29年度	新規製品のリリースまたは事業の立ち上げが3つ以上	各社 HP におけるプレスリリース	製品のリリースまたは事業の立ち上げ

○アウトカム以外に期待される波及効果

OSS として公開する成果に関しては、大規模通信事業者が持つ公衆網向け以外の領域への展開が期待できる。これは、OSS として公開されているコードを改変することにより、他領域への転用が可能になるためであり、企業が持つプライベート網やデータセンタ内ネットワーク等、ネットワーク仮想化技術を必要とする様々な領域への副次的な波及効果が期待できる。

6 査読付き誌上発表リスト

[1] 鈴木一哉、下西英之「A Survey on OpenFlow technologies」IEICE TRANSACTIONS on Communications Vol.E97-B No.2 pp.375-386 (2014年2月1日)

7 査読付き口頭発表論文(印刷物を含む)リスト

[1] 飯島智之、鈴木敏明、坂本健一、井内秀則、高瀬晶彦「Use of Resource Pooling Mechanism in MPLS-TP Networks for Service Agility」IARIA (2014年5月25日)

8 その他の誌上発表リスト

[1] 飯澤洋平、森本昌治、下西英之「ヘテロジニアス網統合制御基盤を実現するマルチレイヤ抽象化技術」NEC 技報 Vol.66 No.2 p44-47 (2013年10月31日)

[2] 鈴木一哉、金子紘也「運用省力化を実現する IP-VPN 向け OpenFlow コントローラ」NEC 技報 Vol.66 No.2 p48-51 (2013年10月31日)

9 口頭発表リスト

<5社連名>

[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)、2013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)、2013年12月3日

[3] 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、2014年1月16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」O3 シンポジウム2014(秋葉原)、2014年3月14日

[5] 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)、2014年3月26日

<各社>

[6] 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(千代田区)、2013年12月18日

[7] 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、2014年3月1日

[8] 飯澤洋平「Network Abstraction and Control Models for Hierarchical SDN Controllers」Open Networking Summit 2014(サンタクララ)、2014年3月3日

[9] 下西英之「Infrastructure Architecture for Network Functions Virtualization with SLA Guarantee」OFC2014(サンフランシスコ)、2014年3月11日

[10] 森本昌治、飯澤洋平、下西英之「OpenFlow/VXLANのレイヤ間連携による QoS 保証方式」2014年電子情報通信学会 総合大会(新潟大学)、2014年3月18日

[11] 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)、2014年3月19日

- [12]飯澤洋平、森本昌治、下西英之「仮想リンクを用いたマルチレイヤ動的パス制御方式」2014年電子情報通信学会 総合大会（新潟大学）、2014年3月20日
- [13]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）、2014年3月20日
- [14]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）、2013年12月12日
- [15]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（静岡県三島市）、2013年12月13日
- [16]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」テレコムサービス協会技術サービス委員会（静岡県三島市）、2014年1月24日
- [17]島野勝弘「将来ネットワークの標準化動向」JICA標準化研修、2014年1月31日
- [18]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（武蔵野市）、2014年2月13日
- [19]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）、2014年3月3日
- [20]中島佳宏「Scalable, High-performance, Elastic Software OpenFlow Switch in Userspace for Wide-area Network」ONF Member Workdays（サンタクララ）、2014年3月7日
- [21]佐藤陽一「SDNに対する通信事業者の取組みと今後の期待」電子情報通信学会 NV 研究会（北海道大学）、2013年7月19日
- [22]山田亜紀子、中津川恵一、清水翔、山下真司、宗宮利夫「SDNにおける光コアネットワーク管理制御の検討(1)」電子情報通信学会総合大会（新潟大学）、2014年3月20日
- [23]中津川恵一、山田亜紀子、清水翔、山下真司、宗宮利夫「SDNにおける光コアネットワーク管理制御の検討(2)」電子情報通信学会総合大会（新潟大学）、2014年3月20日
- [24]宮部正剛、片桐徹、内藤崇男、山下真司「OpenFlow プロトコルを用いて OTN 伝送装置を制御するための変換ソフトウェアの試作」電子情報通信学会総合大会（新潟大学）、2014年3月20日
- [25]飯島智之、鈴木敏明、木村浩康、木村昌啓、高瀬晶彦「MPLS-TP ネットワークにおけるスライス管理方式の一提案」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）、2013年9月17日
- [26]久保広行、柴田剛志、鈴木敏明「Discussion in On-Demand Service Provisioning for Future Carrier Network」APNOMS2013（広島）、2013年9月25日
- [27]柴田剛志、木谷誠、星原隼人、眞下大輔、鈴木敏明、木村昌啓、高橋清隆、奥井裕、芦賢浩、高瀬晶彦「ネットワーク仮想化による段階的な移行方式」電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会（宮崎シーガイア）、信学技報, vol. 113, no. 472, NS2013-248, pp. 415-418, 2014年3月、2014年3月6日
- [28]高橋清隆、眞下大輔、木谷誠、木村昌啓、芦賢浩、高瀬晶彦「仮想ルータの高信頼化を支援するコントロールプレーン転送方式」2014年電子情報通信学会総合大会（新潟大学）、2014年3月20日
- [29]奥井裕、飯島智之、木村浩康、新善文、高瀬晶彦「ユースケースを考慮したレイヤ3機器のデータモデル提案」2014年電子情報通信学会総合大会（新潟大学）、2014年3月20日

10 出願特許リスト

- [1]鈴木一哉「制御装置、ネットワークシステム、パケット転送制御方法、制御装置用プログラム」日本・

海外、2013年9月26日

[2]飯澤洋平「マルチレイヤネットワーク制御方法および装置」日本・海外、2013年10月21日

[3]岡野裕、飯澤洋平、森本昌治「ネットワーク図描画システム、ネットワーク図描画方法およびネットワーク図描画プログラム」日本・海外、2013年11月13日

[4]森本昌治「ネットワーク分割モジュール、及び、その方法」日本・海外、2013年11月26日

[5]小野雅之、三森康之、山本幹太「伝送装置、伝送システム、及び伝送方法」日本・海外、2013年9月2日

[6]高橋毅、浦西宏幸、松下亮太郎「通信経路制御方法及び通信システム」日本・海外、2014年1月22日

[7]山下真司「障害復旧方式」日本・海外、2014年2月25日

[8]水口有、松田英幸、遠藤智墨「監視映像伝送方式」日本・海外、2014年3月13日

[9]飯島智之、鈴木敏明、井内秀則「ネットワーク管理制御装置、ネットワーク管理制御システム、及びネットワーク管理制御方法」日本、2013年11月21日

[10]柴田剛志、木谷誠、鈴木敏明「転送装置、サーバ、および経路変更方法」日本、2013年11月27日

[11]奥井裕、木谷誠、草間一宏「管理システム、管理サーバ、および管理方法」日本、2014年3月12日

[12]野中康充、川原宏太、中村真一、古宮健太「パケット伝送システムおよびネットワークコントローラ」日本、2014年3月28日

[13]木谷誠「通信システム、通信制御方法および制御装置」日本、2014年3月31日

他、出願手続き中5件

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

[1] ONF Member PreMeeting、Circuit Switching Extension of OpenFlow(Basic idea to support OTN)、2013年10月9日提案

[2] ITU-T SG13 Q.14 中間会合、Proposed modification to clause 12 of Y.SDN-FR、2013年11月6日提案

[3] IETF/IRTF、draft-ijima-resource-pool-multilayer-00、Resource Pooling Mechanism for Multi-Layer Operations、2014年2月14日提案

[4] ONF Member Workdays、Proposal of open source openflow 1.3 switch functional conformance test suite、2014年3月7日提案

1.3 参加国際標準会議リスト

[1] ITU-T SG13 Meeting、ジュネーブ、2013年6月17日～2013年6月28日

[2] ITU-T Q14/SG13 Interim Meeting、ソウル、2013年9月2日～2013年9月4日

[3] ONF 第6回 ONF Member Meeting、サンフランシスコ、2013年10月9日～2013年10月11日

[4] ITU-T SG13 Meeting、カンパラ (ウガンダ)、2013年11月4日～15日

[5] ONF OTWG 中間会合、サンノゼ、2014年1月14日～2014年1月16日

[6] ITU-T Q14/SG13 Interim Meeting、東京、2014年1月22日～24日

- [7]ITU-T SG13 Meeting、ジュネーブ、2014年2月17日～28日
- [8]IETF/IRTF・89th IETF、ロンドン、2014年3月2日～2014年3月7日
- [9]ONF 第7回 ONF Member Meeting、サンタクララ、2014年3月5日～2014年3月7日

1.4 受賞リスト

特になし

1.5 報道発表リスト

(1) 報道発表実績

- [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」、2013年9月17日
- [2]「O3 Project launched for achieving the world's first wide area SDN」、2013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～」、2013年12月9日
- [4]「Prototype High Performance SDN Software Switch Launched- Highest packet transferring performance yet achieved at 10 Gbps wire rate -」、2013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認～ 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 ～」、2014年3月7日
- [6]「Technologies developed for providing flexible wide area networks with SDN, a global first」、2014年3月7日

(2) 報道掲載実績

- [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(7面)、2013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(朝刊 10面)、2013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(朝刊 2面)、2013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”、マイナビニュース (Web) <http://news.mynavi.jp/news/2013/09/17/177/>
RBB today (Web) <http://www.rbbtoday.com/article/2013/09/17/111791.html>、2013年9月17日
- [5] “広域ネットワークへのSDN適用を目指す研究開発「O3プロジェクト」が始動”、クラウド Watch (Web) http://cloud.watch.impress.co.jp/docs/news/20130917_615660.html、2013年9月17日
- [6] “広域ネットワークの構築時間を約 1/10 に短縮 世界初の広域 SDN を目指す「O3 プロジェクト」スタート”、ASCII.jp (Web) <http://ascii.jp/elemp/000/000/825/825567/>、2013年9月17日
- [7] “NEC、NTT、NTT Com、富士通、日立の 5社、世界初の広域 SDN 実現へ研究開発プロジェクトを開始”、Enterprisezine (Web) <http://enterprisezine.jp/article/detail/5142>、2013年9月17日
- [8] “NEC や NTT・日立・富士通ら、広域 SDN 実現を目指す「O3 (オースリー) プロジェクト」、ソフトバンク ビジネス+IT (Web) <http://www.sbbit.jp/article/cont1/26887>、2013年9月18日
- [9] “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(8面)、2013年12月10日
- [10] “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(19面)、2013年12月10日

- [11] “世界最速の SDN スイッチ～NTT 研究所、開発に成功～”、通信興業新聞(1 面)、2013 年 12 月 16 日
- [12] “世界最高性能 SDN 対応ソフトウェアスイッチ NTT プロトタイプ開発”、科学新聞(4 面)、2013 年 12 月 20 日
- [13] “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/>、RBB today (Web) <http://www.rbbtoday.com/article/2014/03/07/117614.html>、2014 年 3 月 7 日
- [14] “「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、2014 年 3 月 11 日
- [15] “国際標準を目指す広域 SDN 「O3 プロジェクト」”、キーマンズネット (Web) <http://www.keyman.or.jp/at/30006921/>、2014 年 4 月 2 日
- [16] “Nippon Telegraph And Telephone Corp : O3 Project launched for achieving the world’s first wide area SDN - Reducing time to construct wide area networks by about 90% -”、4-traders、2013 年 9 月 16 日
- [17] “O3 PROJECT LAUNCHED TO DEVELOP WORLD'S FIRST WIDE AREA SDN”、Computer Business Review、2013 年 9 月 17 日
- [18] “NTT, NEC, partners launch wide area SDN R&D project”、Telecompaper、2013 年 9 月 17 日
- [19] “NEC, NTT, NTT Com, Fujitsu, Hitachi develop SDN technologies”、Telecompaper、2014 年 3 月 9 日
- [20] “NEC, NTT, NTT Com, Fujitsu, Hitachi develop SDN technologies”、4-traders、2014 年 3 月 10 日

16 ホームページによる情報提供

<https://www.itevent.jp/o3sympo/>、O3 プロジェクトシンポジウム 2014、3,609 アクセス(2014/3/7～3/14)

研究開発による成果数

	平成 25 年度
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)	1 件 (1 件)
その他の誌上発表数	2 件 (0 件)
口頭発表数	29 件 (5 件)
特許出願数	21 件 (8 件)
特許取得数	0 件 (0 件)
国際標準提案数	4 件 (4 件)
国際標準獲得数	0 件 (0 件)
受賞数	0 件 (0 件)
報道発表数	6 件 (3 件)
報道掲載数	20 件 (5 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。