

NEC



NTT



FUJITSU

HITACHI

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～



平成27年12月17日

代表研究機関 (NEC) 桐葉 佳明

1.社会環境認識とSDN技術動向

2.O3プロジェクト概要

3.これまでの技術成果

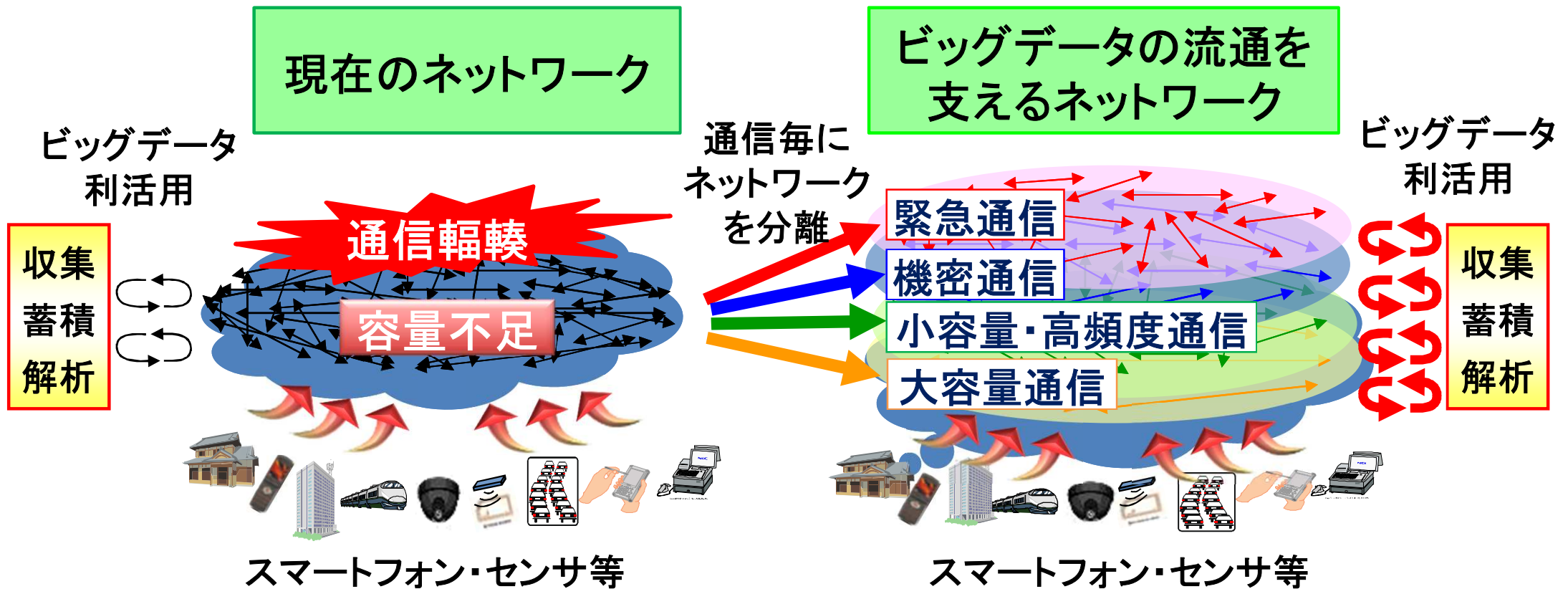
4.社会実装に向けた取り組み

5.まとめ

1. 社会環境認識とSDN技術動向

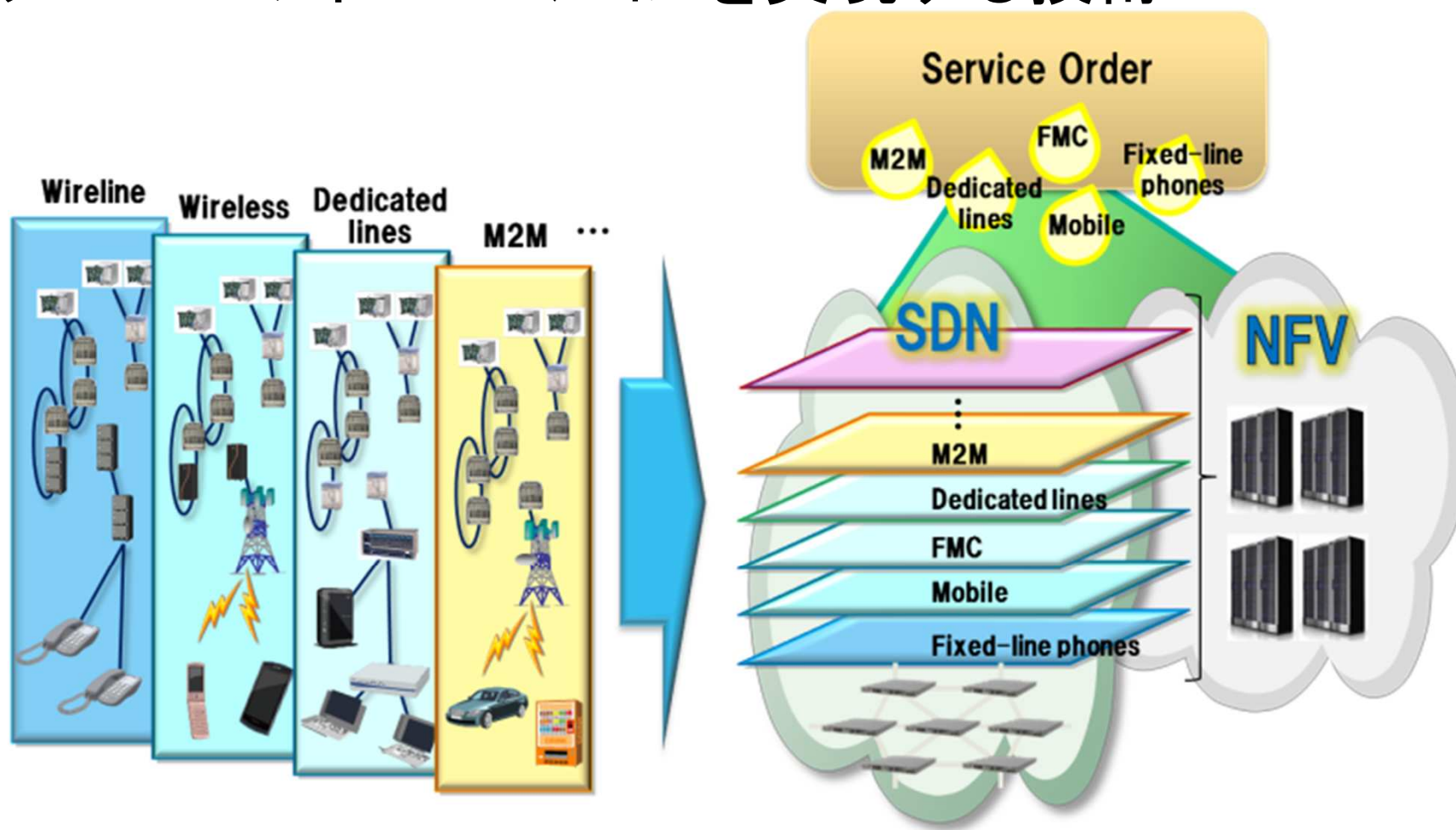
ビッグデータ時代に期待されるネットワーク

- ◆ビッグデータの利活用の進展に伴ってトラフィックが増大し、現状の固定的なネットワークでは**ボトルネックが深刻化**
- ◆ビッグデータの流通を支える**柔軟なネットワークの構築・運用が必要**



Software Defined Networking技術 (SDN)

SDNは、ビジネスアプリケーションや運用システムから、ネットワークを自由に設計、構築、運用し、迅速なビジネスや新サービスのイノベーションを実現する技術



広域ネットワークでのSDN/NFVの期待

1. サービスの多様化、サービス **ライフサイクルの短期化**
2. 広域クラウドの進展による広域ネットワークの **利用形態の変化**
 - ビジネス国際化にともなう海外拠点開設、国内外の拠点間でのNWサービス活用の最適化
 - 業界内クラウドや異業種間連携により、クラウドサービス間を連携するケースが増加

SDN技術の広域化(マルチレイヤ)対応と資源抽象化技術の提供

従来の広域ネットワークの抱える問題

- ① Lifecycleの短期化への対応
- ② Global Optimizationへの対応
- ③ Collaborationへの対応
- ④ Vendor-Defined Networkingからの脱却

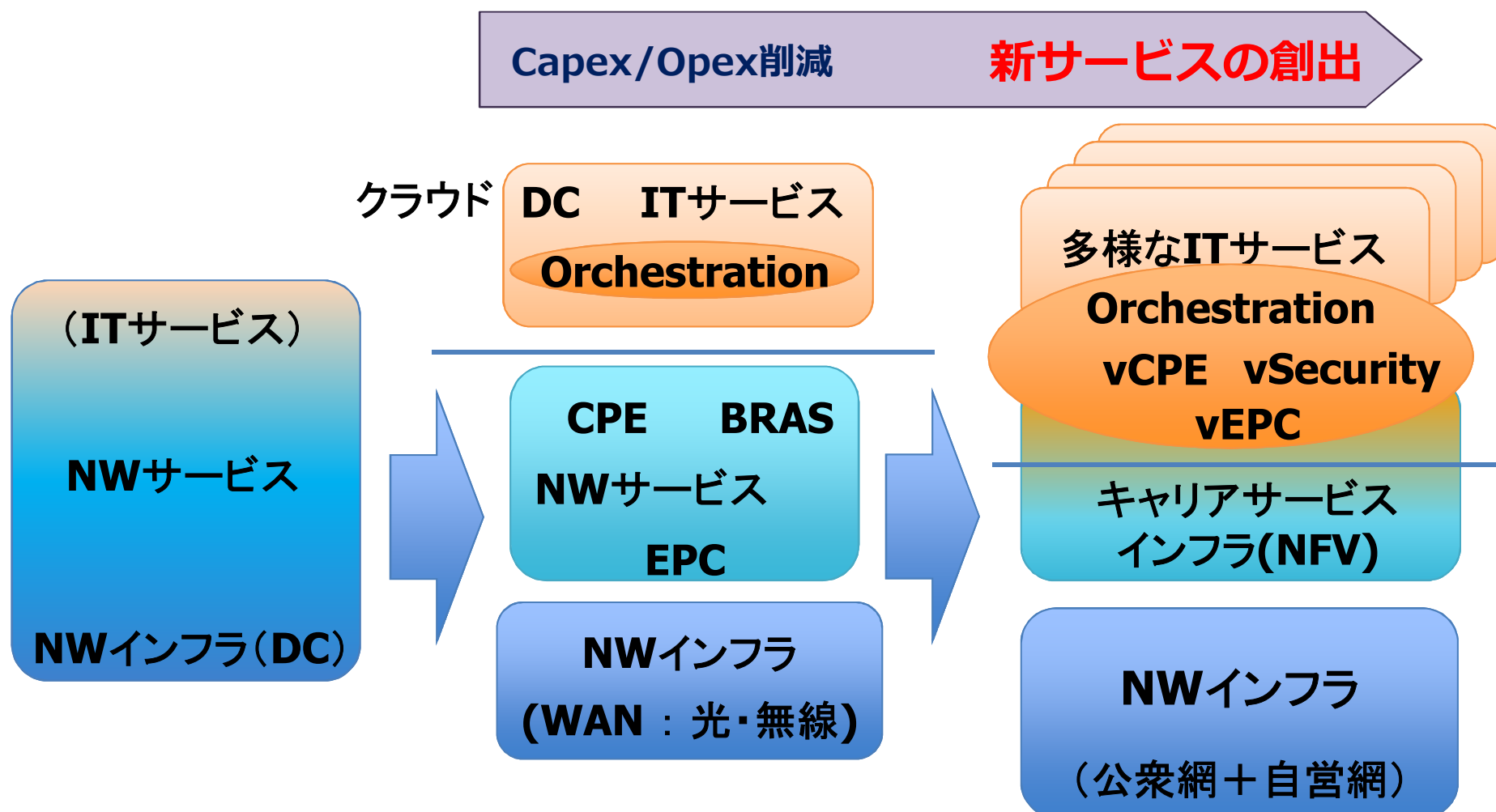


広域NWのあるべき姿(広域SDN技術)

- ① NWサービスの迅速な構築・運用・撤収
- ② 資源の効率的な活用による、広域にわたるNWサービス活用の最適化
- ③ 異なるサービス(新旧、異業種)間における柔軟な相互接続・マイグレーション
- ④ **サービス主導による自由で迅速・柔軟なネットワーク構築**

SDN技術の動向と社会実装の進展

- ◆NWサービス機能の仮想化や統合資源制御技術が急速に進展
- ◆CAPEX/OPEX削減に加え、収益を拡大する 新サービス創出に期待

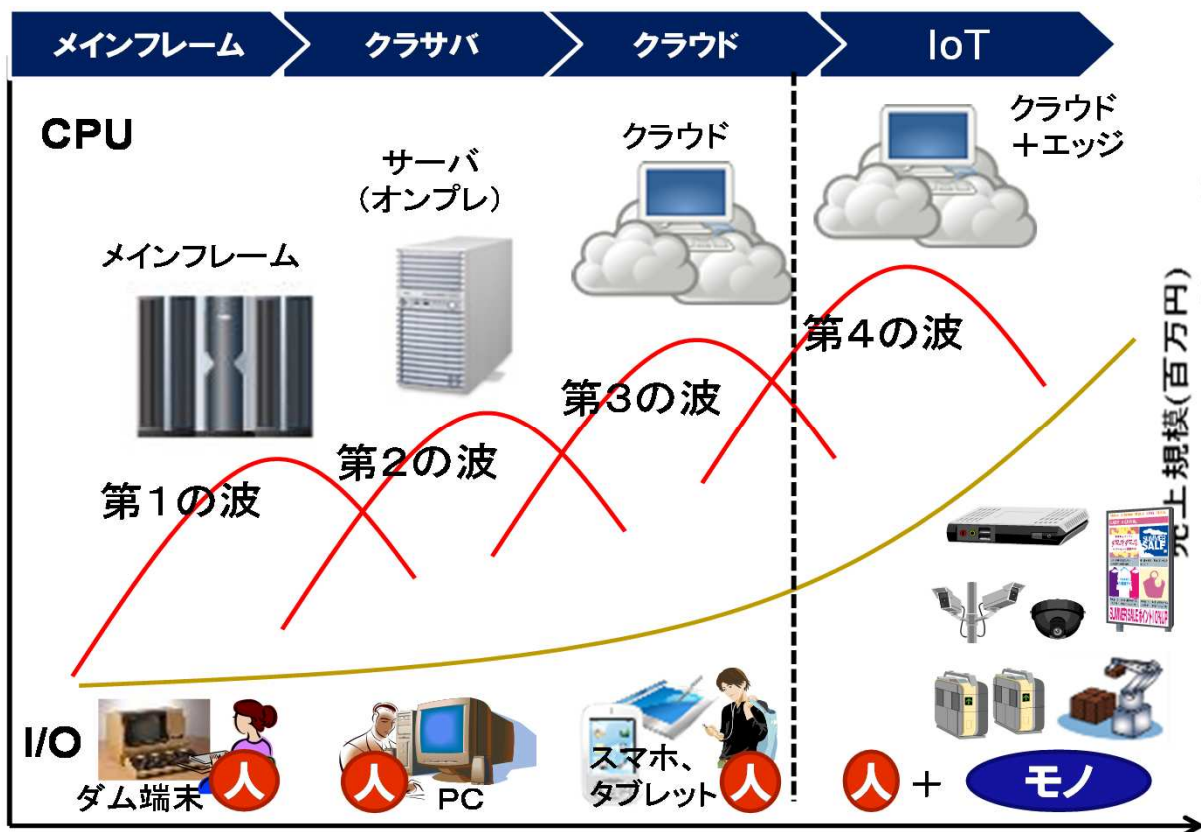


IoT/5G時代を見据えた新しい社会環境変化

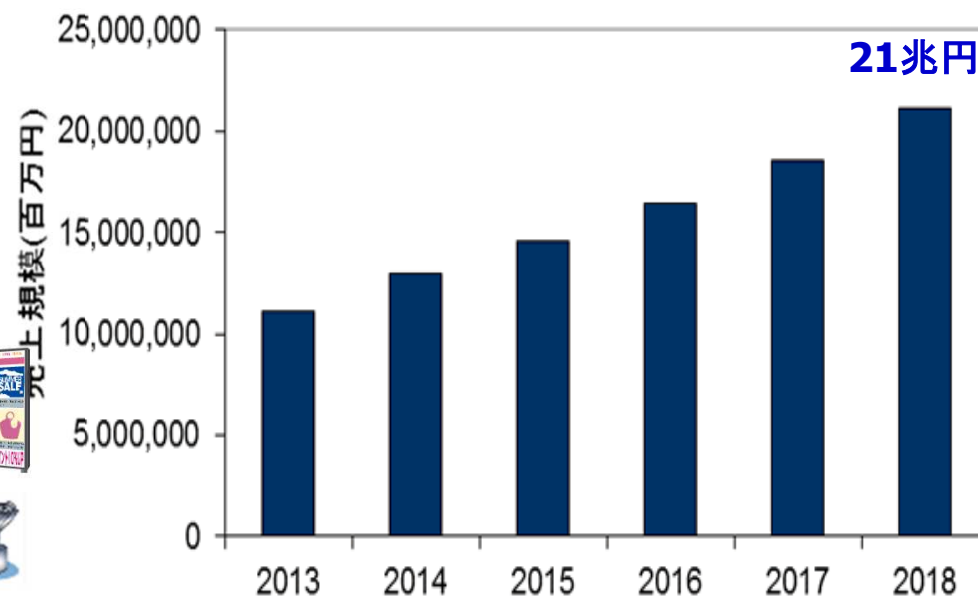
- ◆ 実世界の様々なモノ「物」X「者」X「事」を繋げる新しいIoTの到来
- ◆ 社会課題の解決、新価値の創造に向け、様々な産業が質的に変革
- ◆ IoT時代では広域ネットワークのサービス柔軟性が一層重要に

IoT: Internet of Things

要求品質の多様化、膨大なセッション数、サービス連携



例: 国内IoT市場売上規模



IDC Japan, 2014年8月

社会環境変化に伴うSDN適用領域の拡大

- ◆テレコムNWから社会インフラNWにアプリ・サービス領域が拡大
- ◆仮想世界での課題解決(ビッグデータ流通への対応)から実社会の課題解決(IoT情報流通への対応)へ、SDNの適用領域が拡大
- ◆利用者指向 & サービス指向の社会実装・普及を強力に牽引

仮想世界(WEB)
での課題解決

緊急通信

小容量・高頻度通信

ビッグデータの流通を
支えるネットワーク

機密通信

大容量通信

テレコムNW

NP開始当初(2013年)

実社会課題の解決

緊急通信

小容量・高頻度通信

付加価値

IoTの情報流通を支える
ネットワーク

リアルタイム通信

ダイナミック通信

機密通信

大容量通信

テレコムNW

社会インフラNW

物理ネットワークの
新技術(5G)の進展

2020年

2.03プロジェクト概要

～ビジョン、コンセプト、ロードマップ～

03 プロジェクトとは

- SDNを通信事業者やインターネットなど広域ネットワークインフラに適用するための研究開発プロジェクト
 - 本研究の一部は総務省の「ネットワーク仮想化技術の研究開発」による委託を受けて実施
- 平成25年度(2013年度)より開始
 - 参画企業:
NEC、NTT、NTTコミュニケーションズ、富士通、日立製作所

**NTT****FUJITSU****HITACHI**

オフィシャルサイト <http://www.o3project.org/ja/index.html>



Open Innovation over Network Platform

①オープン化

ユーザによるオープンイノベーションネットワーク基盤とツール提供による
オブジェクト指向型マルチレイヤ SDNの実現

②国際標準化

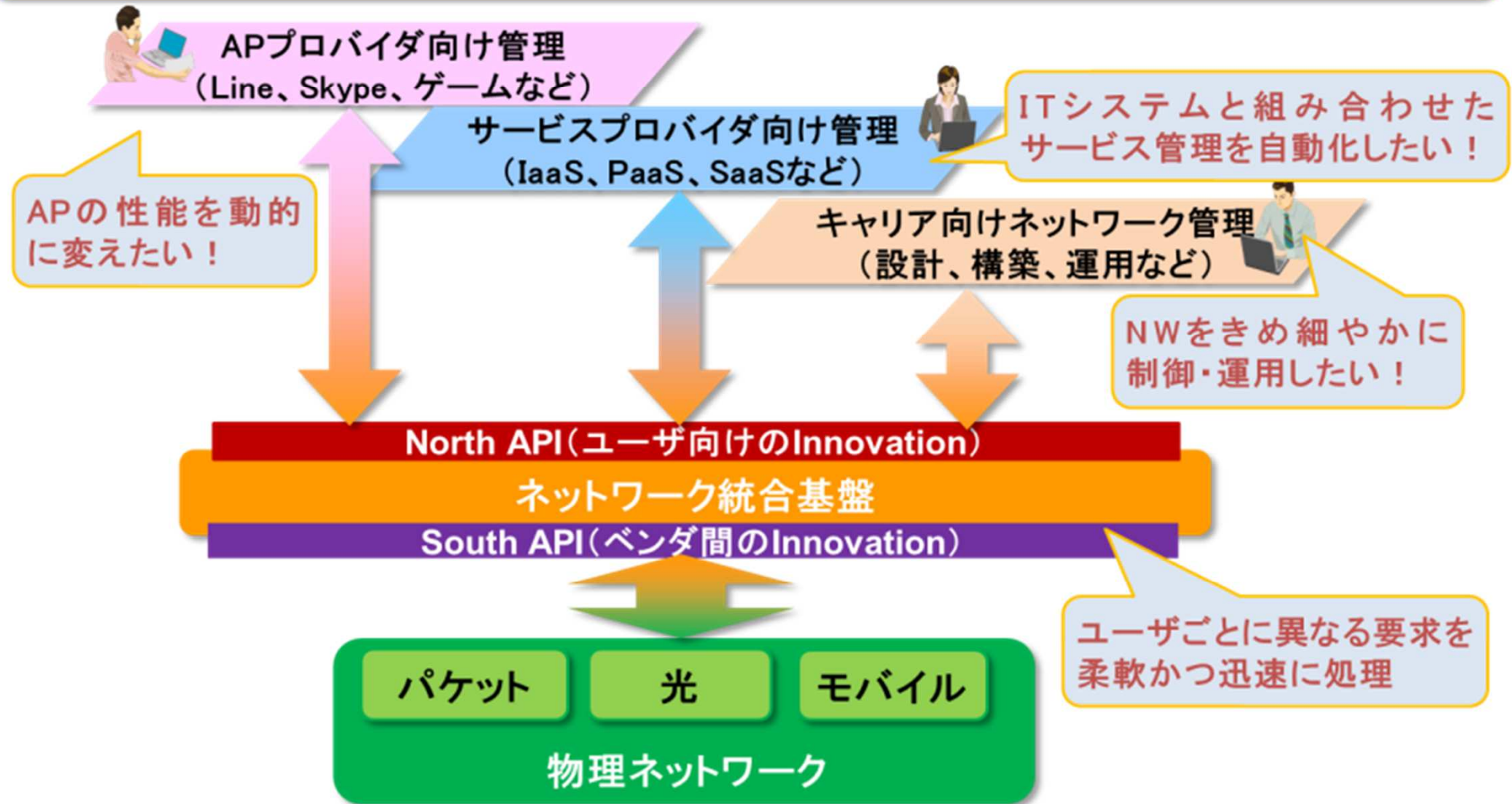
オープンなアイデア、イノベーションをタイムリに
グローバル・デファクト標準につなげる道筋の提供

③実用化・製品化推進

オープン基盤を利用したアイデア、イノベーションの
オープン・自由・迅速な実用化・製品化の推進

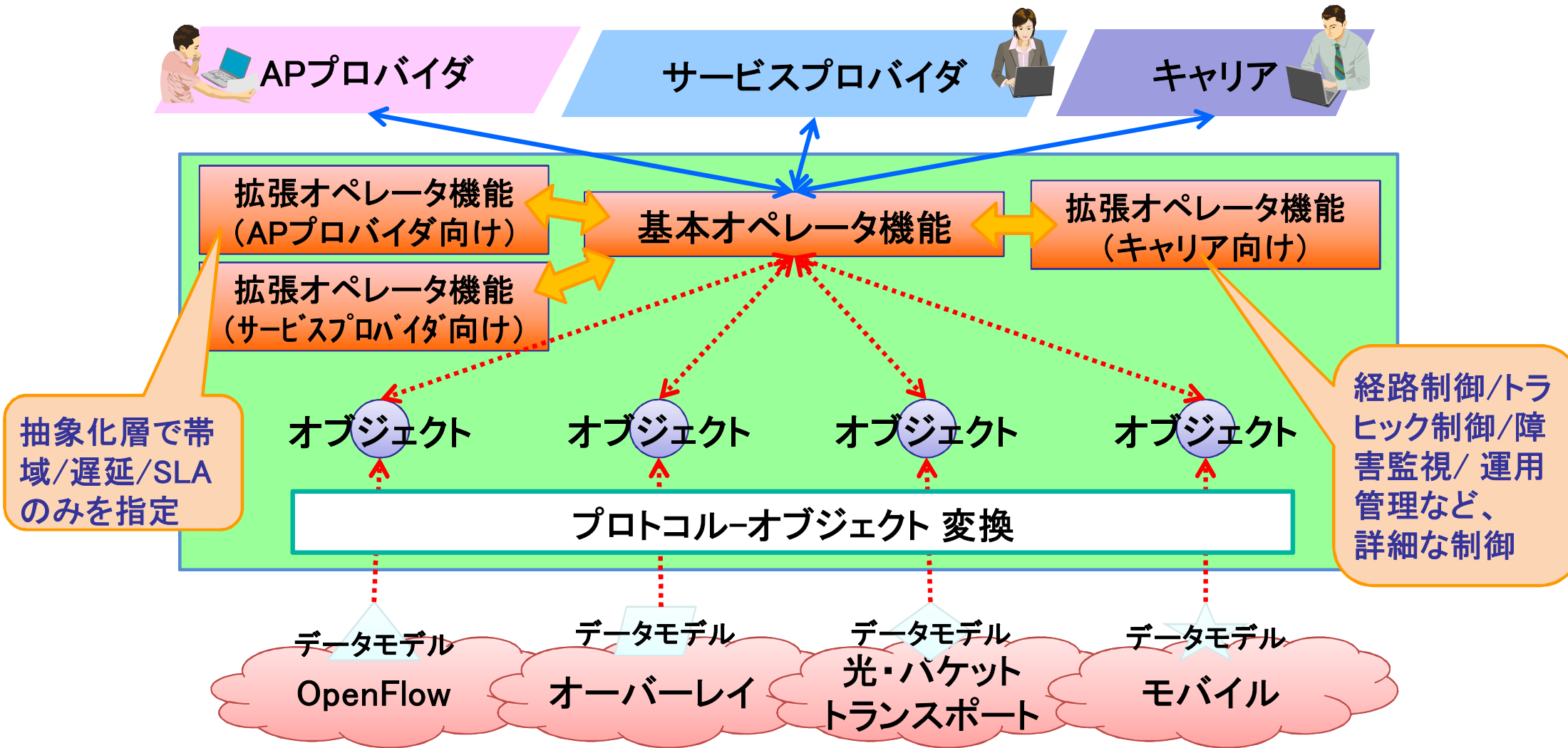
O3が目指すユーザ志向型ネットワーク統合基盤

異なるユーザ環境に対して、
上位システムをオーケストレーションできる仕掛けにしていく



ネットワーク統合基盤へのオブジェクト指向適用

キャリア向けのきめ細やかなNW制御と、アプリケーションプロバイダやサービスプロバイダ向けの手軽なNW制御の両方を同時に実現



03プロジェクト実施体制

キャリアおよびベンダの知見・技術を結集した体制により
プロジェクトを推進

総務省委託研究「ネットワーク仮想化技術の研究開発」

日本電気株式会社

ネットワーク管理制御プラットフォーム(**ODENOS**)
開発、無線通信システムの**SDN**化

NTTコミュニケーションズ
株式会社

SDNを設計・構築・運用するためのガイドライン作成
SDN OAMツールの開発

NTT未来ねっと研究所

ソフトウェア通信機器の**SDN**化(**Lagopus**)

富士通株式会社

光通信システムの**SDN**化

株式会社 日立製作所

パケットトランスポートシステムの**SDN**化

研究開発ロードマップ

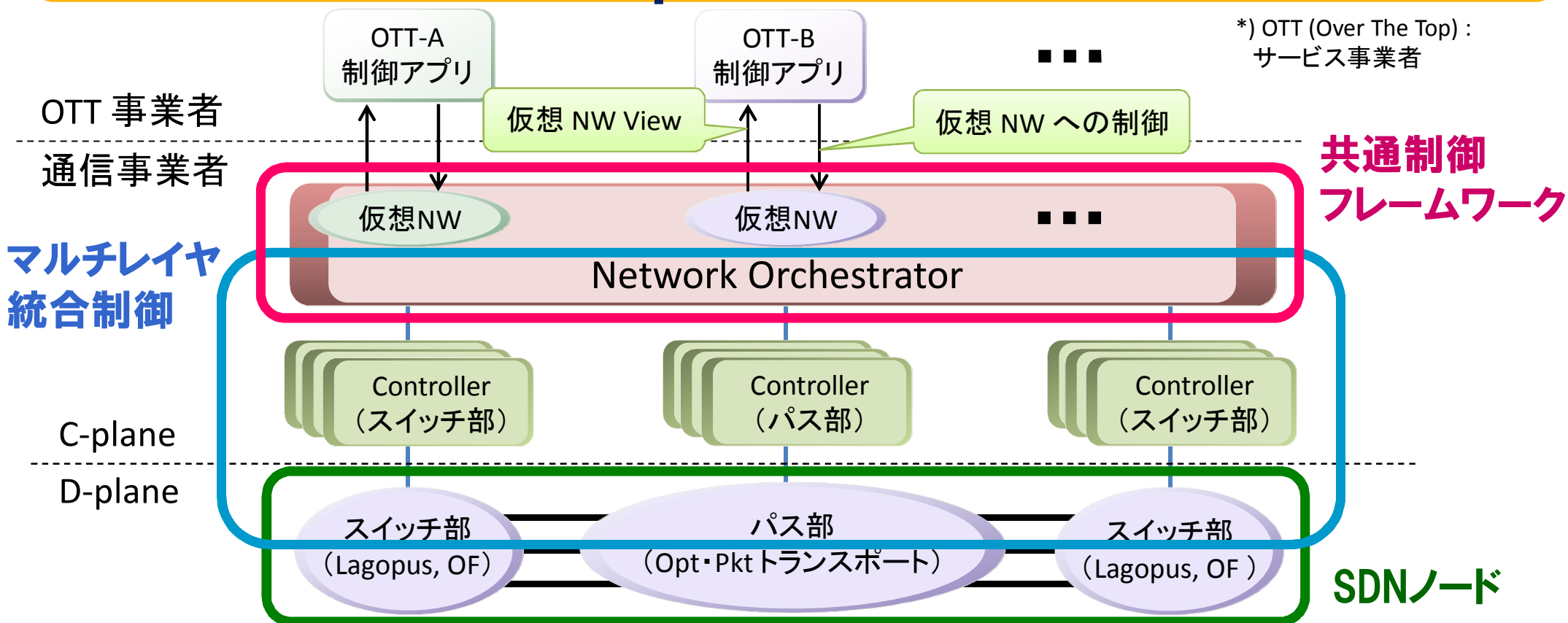
NW(ノード数:1000台規模)におけるNW資源を管理、設定、運用するとともに、迅速にNW監視と制御を可能とする技術を、IPパケット転送、トランスポート、光伝送等のノードに適応、連携を可能とした**プラットフォーム技術の実現**

	H25年度	H26年度	H27年度
	統合制御技術の実現	マルチレイヤNWの動的な構築の実現	総合的な設計、構築、運用管理の実現
共通制御FW ・異種NW統合制御 ・共通制御FW/リソース分離制御	<ul style="list-style-type: none"> ●ヘテロジニアスに構成された広域NWの統合管理とNW統合可視化の実現 	<ul style="list-style-type: none"> ●マルチレイヤフロー設定機能とネットワーク特性に応じた細粒度操作を可能とする拡張方式の実証 	連携検証 および 実証実験
マルチレイヤ統合制御 ・パケットトランスポート ・光トランスポート ・無線/光融合	<ul style="list-style-type: none"> ●パケット:パケットNWイベント管理技術の実現 ●光:光統合NWの統合管理、制御PF実現 ●パケット/光を、共通制御フレームワークを用いて連携実証の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ●パケット:他レイヤと連携するパケットネットワーク抽象管理技術の開発 ●光:動的な光コアNW制御、スライス作成、プール化技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ●パケット:統合化パケットネットワーク、抽象管理技術の開発評価 ●光:統合共通制御FWを用いた検証・評価
SDNノード ・SWスイッチ ・光ノード	<ul style="list-style-type: none"> ●SWスイッチ:100万フロー対応のノードを試作。2リンクにて20Gbpsの性能を確認 ●光ノード:光コアNW向け拡張を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ●SWスイッチ:高可用・高度運用のための統合資源設定管理部の実装 ●光ノード:マルチレイヤ連携制御管理技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ●SWスイッチ:有線系ヘテロNW連携SWノードとドライバの評価 ●光ノード:マルチレイヤ連携制御管理技術の評価
運用管理 ・ガイドライン ・障害復旧	<ul style="list-style-type: none"> ●ガイドライン:骨子完成 ●障害復旧:従来比1/10(10秒程度)にて復旧する基本技術を検証 ●トラフィック/信頼性管理技術の実現(完了) 	<ul style="list-style-type: none"> ●ガイドライン:評価手法の検討、評価項目の基本検証評価、検証用SDNの構築 ●障害復旧:多重障害のタイプ分析及び多重障害からの復旧技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ●ガイドライン:実証実験、試験運用を踏まえた最終版の作成 ●障害復旧:マルチレイヤ多重障害からの復旧技術の開発、評価

3. これまでの技術成果

03アーキテクチャ

オーケストレータおよびコントローラは、SDN利用者(OTT*)などの要求に従った仮想ネットワークを作成し、SDN利用者からの制御指示をネットワーク通信路(D-plane)に反映



D-plane は、利用者にプログラマビリティを提供するスイッチ部と、様々な要求(遅延, 帯域, 信頼性)に応じた NW 資源を提供するパス部から構成

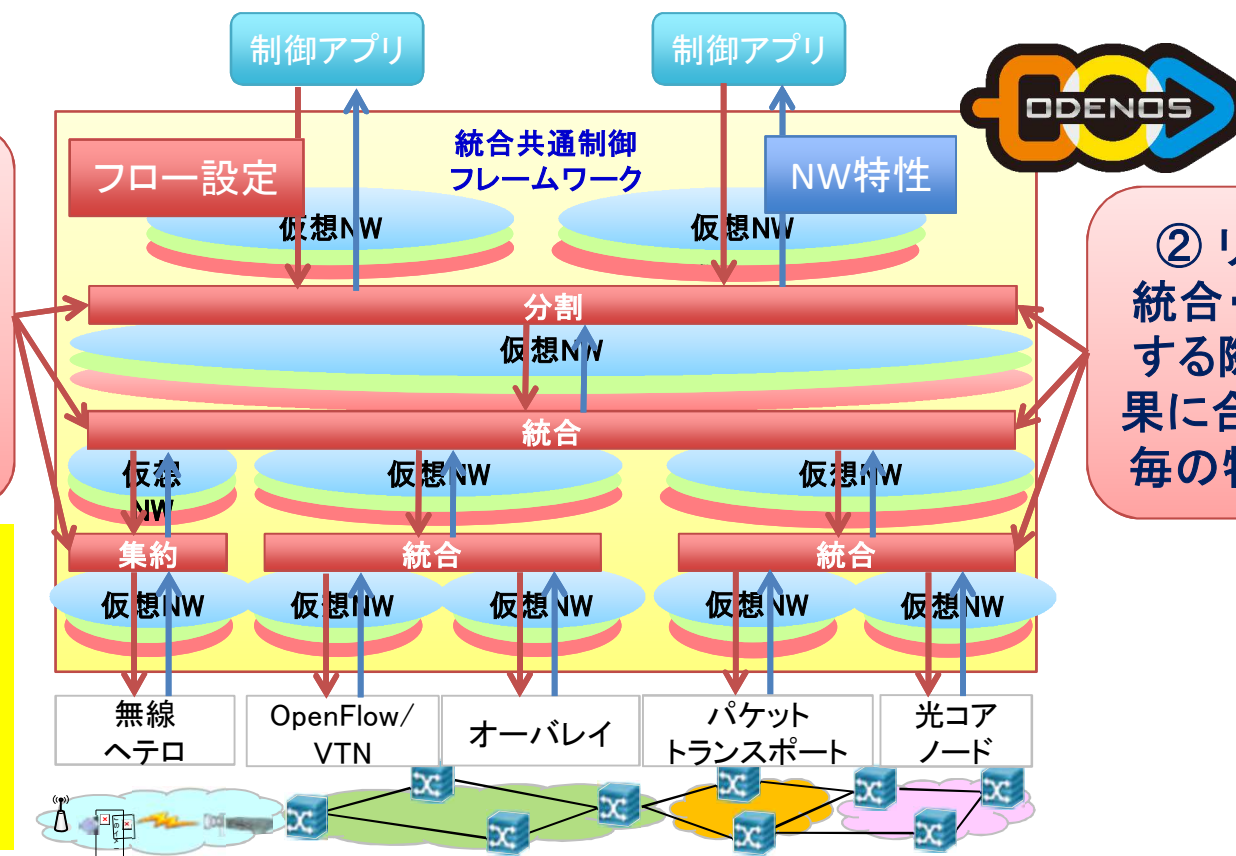
共通制御フレームワーク/NW資源抽象化

- ◆ 単純な演算機能の組み合わせにより、種別の異なるネットワークの共通制御を実現
 - 共通モデルに対する各種操作を、**集約・統合・分割**という**NW演算機能**として実現
これらの組み合わせにより、多様なネットワークに対する共通制御が可能に
 - **NW** 毎の特性を活かした制御のために、**特性情報(帯域情報等)の自動変換・伝搬機構**を実現、抽象化NW資源の特性情報を、NW演算の適用状況に合わせて変換

① 集約・統合・分割という三つの演算の組み合わせにより、制御アプリからのフロー設定を、種別の異なる物理ネットワークに適切に反映。

ネットワーク演算機能

- Aggregator
- Federator
- LinkLayerizer
- Slicer

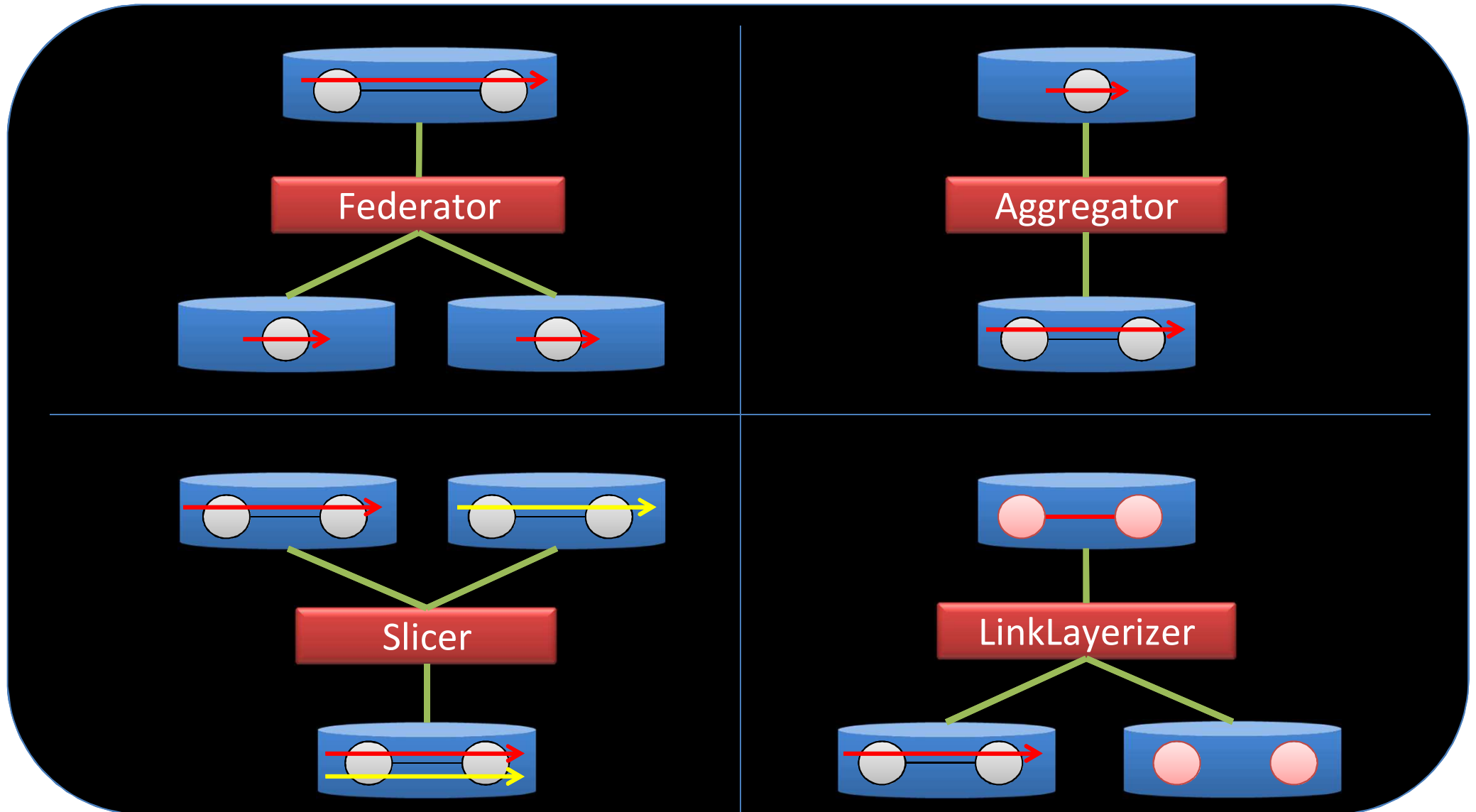


② リソースに対して統合・集約演算を適用する際に、その演算結果に合わせて、物理NW毎の特性情報を変換。



Abstract Network Operators in ODENOS

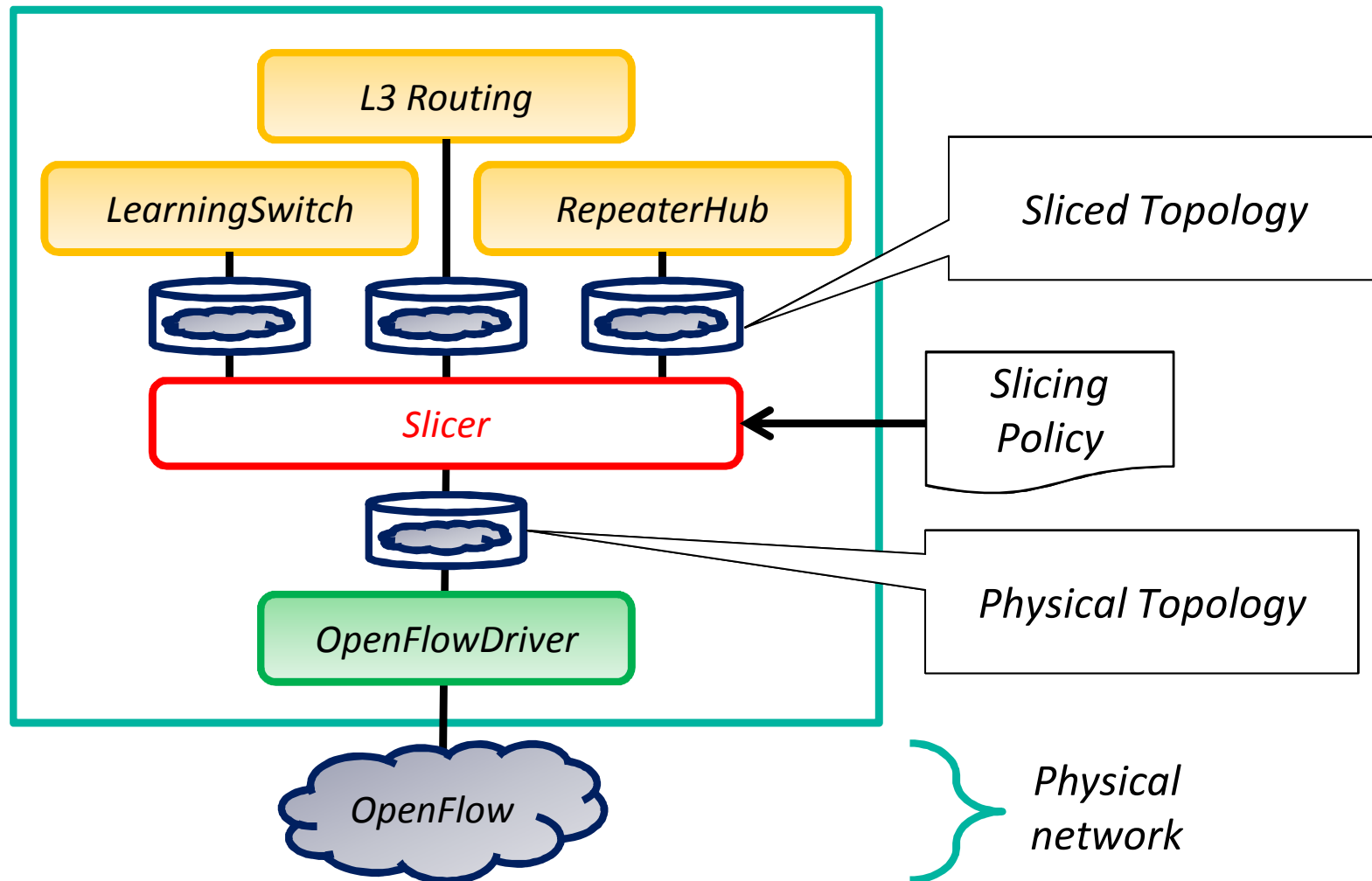
■ Slicer, Federator, Aggregator, Link-Layerizer





NW Operator: Slicer

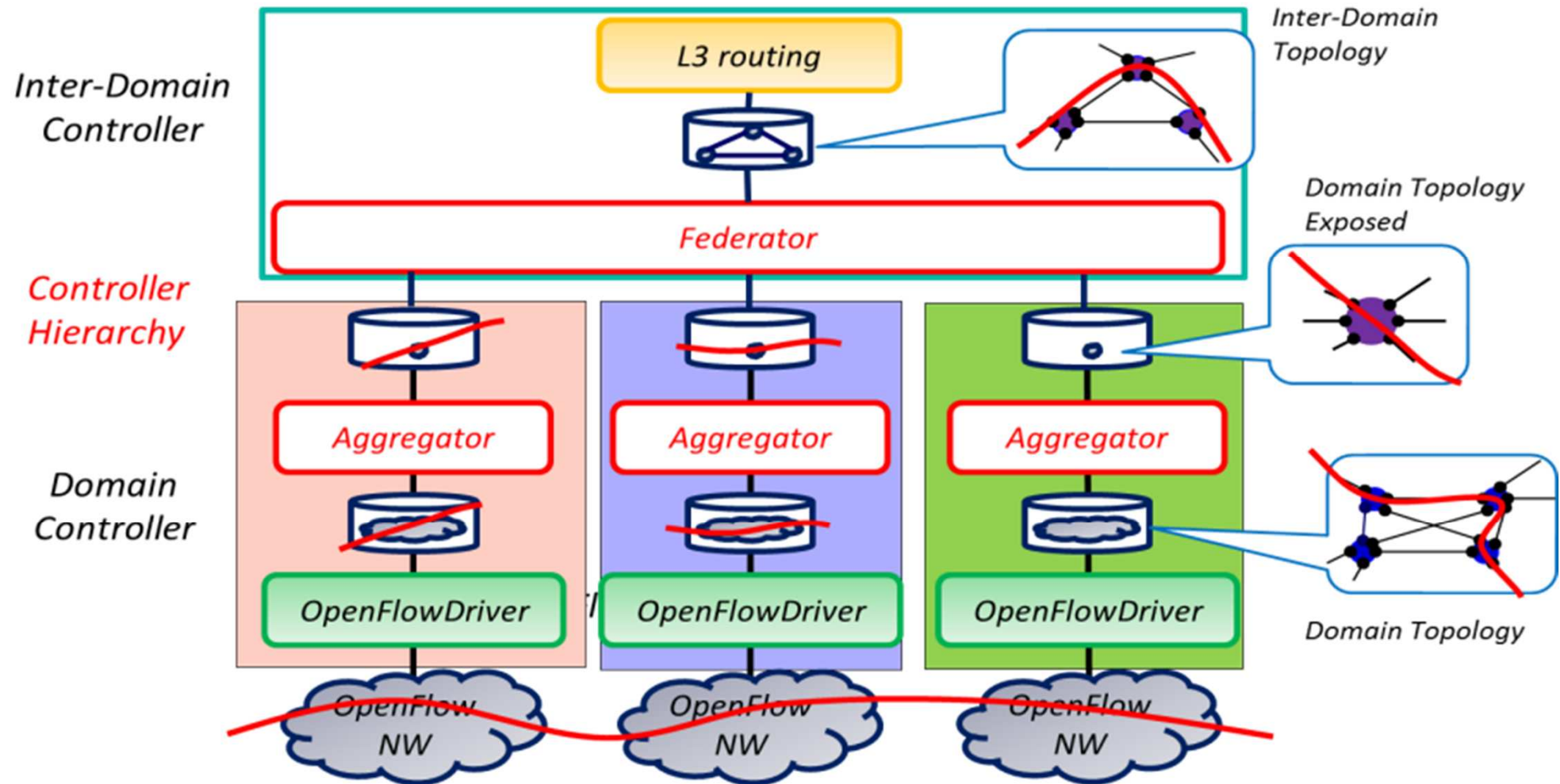
- *Slicer: creates copies of the network object based on the given policy: Edge ports, TCP/UDP port number (i.e., application)*
- *Enables multi-tenancy, multiple applications*





NW Operator: Aggregator & Federator

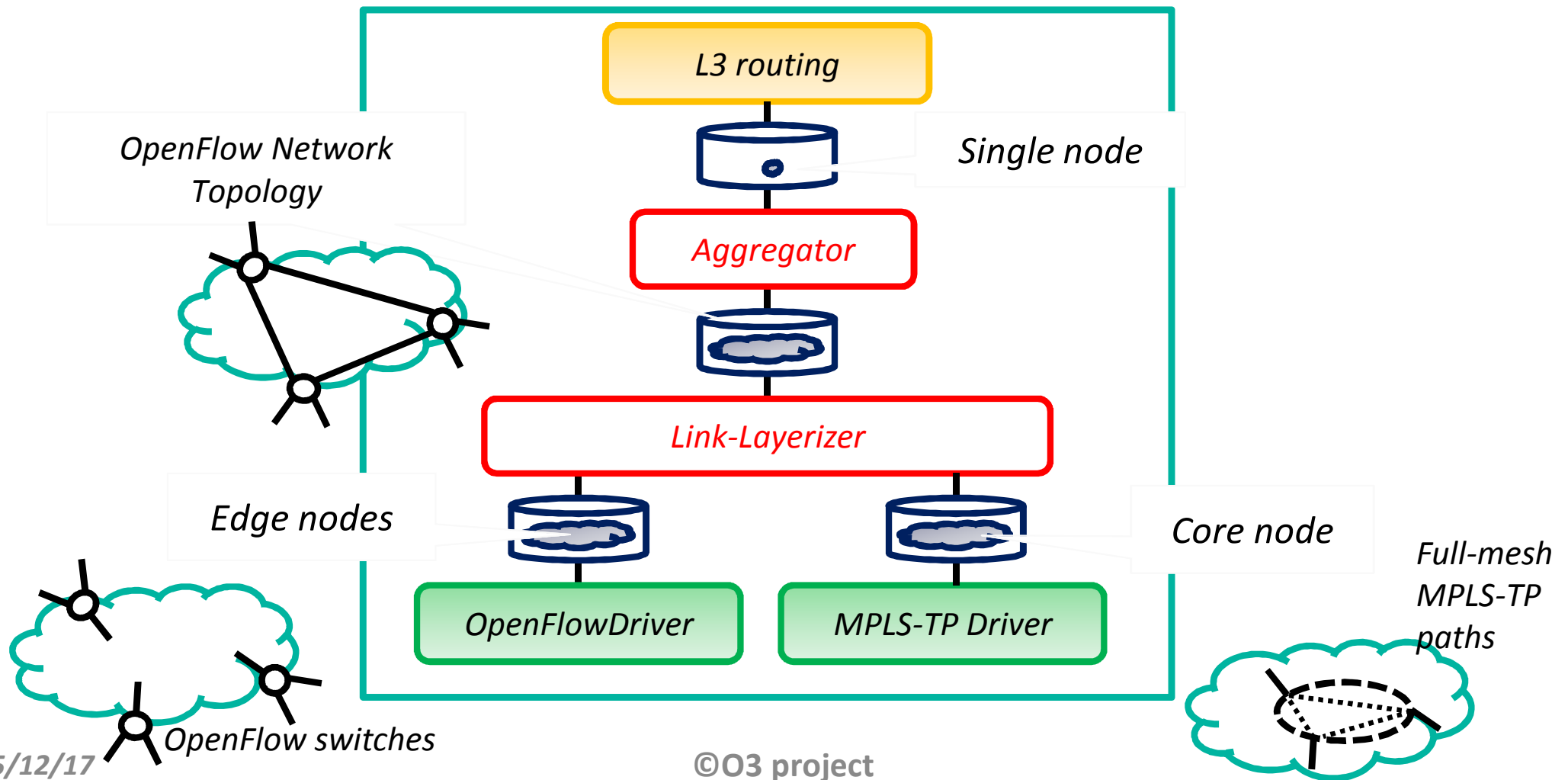
- **Aggregator:** Creates single big-switch abstraction
- **Federator:** Connects multiple networks
- **Use Case:** Multi-domain controller (with controller hierarchy)





NW Operator: Link-Layerizer

- **Link-Layerizer: Creates a network from the upper-layer nodes and lower-layer “paths” (flows)**
- **Use Case: Unified Control of Multi-layer Networks**



SDNノード/ソフトウェアスイッチ (Lagopus)

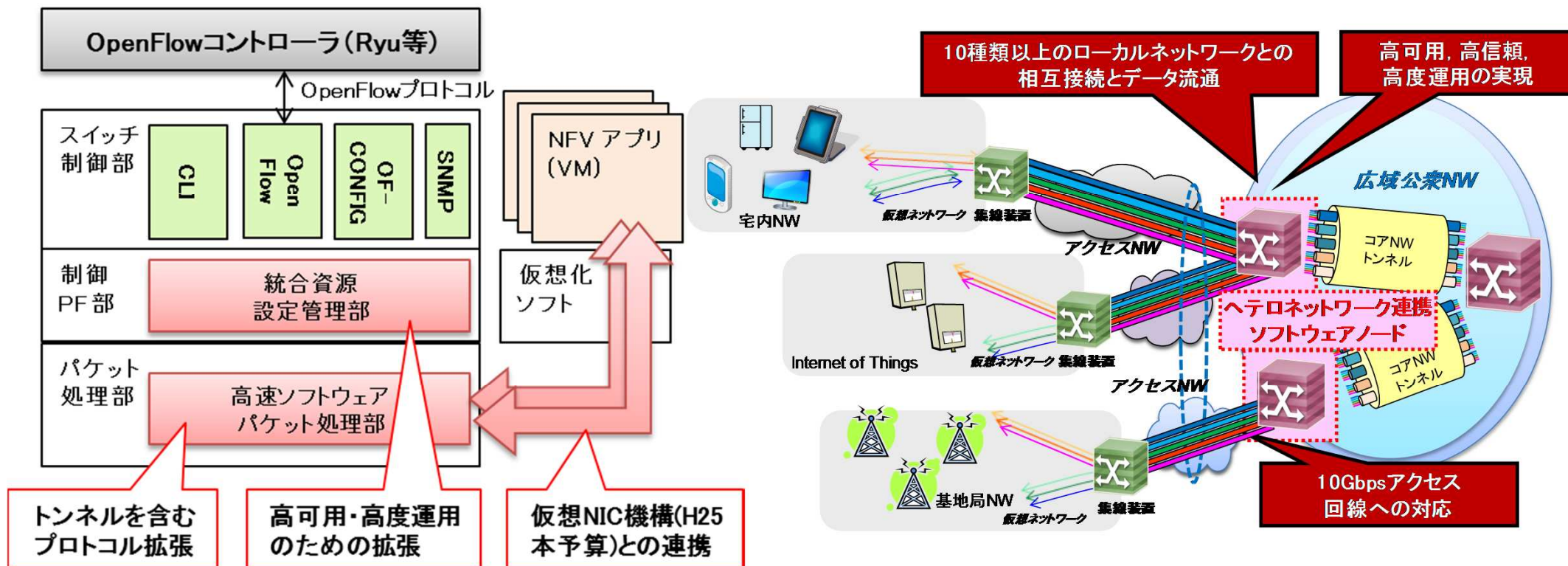
O3project

◆SDN高速ソフトウェアスイッチLagopusを開発

- 10Gb/s 100万フローエントリを実現
- 複数の管理インターフェース(CLI, OF-CONFIG, OVSDB等)を統合管理
- 高可用、高度運用を実現するための拡張(永続化、ロールバック等)
- 高速仮想NIC機構の連携

◆複数ローカルネットワークとの相互接続を実現するプロトコル拡張

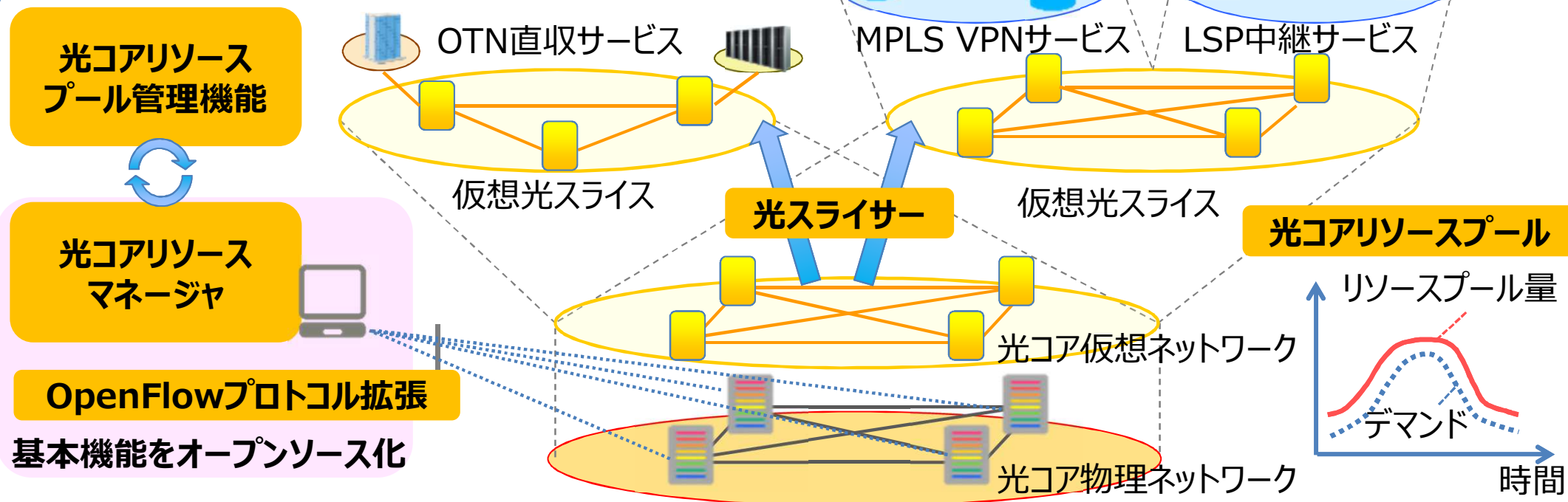
- VXLAN, GRE, PPPoE, L2TP, MPLS, PBB等



マルチレイヤ統合制御/光トランスポート

- ◆ **光コアリソースプール技術**により、光コア仮想ネットワーク資源（ODUや波長）を自動プール化し、これまで数分かかっていた**光パス提供時間を数秒に短縮**
- ◆ **光スライサー**を使用することで、上位レイヤ要件に応じた仮想光スライス作成（OTN直収、MPLS VPN、LSP中継）を**オンデマンドで実現**
- ◆ OpenFlowプロトコル回線拡張仕様（EXT-445）を、**ONF標準化**と同期して実装
- ◆ 光コアネットワーク制御のための**SDN OS(ODENOS)**の実装

SDNによる柔軟な光コアNW運用と、サービスアジリティの向上を実現する

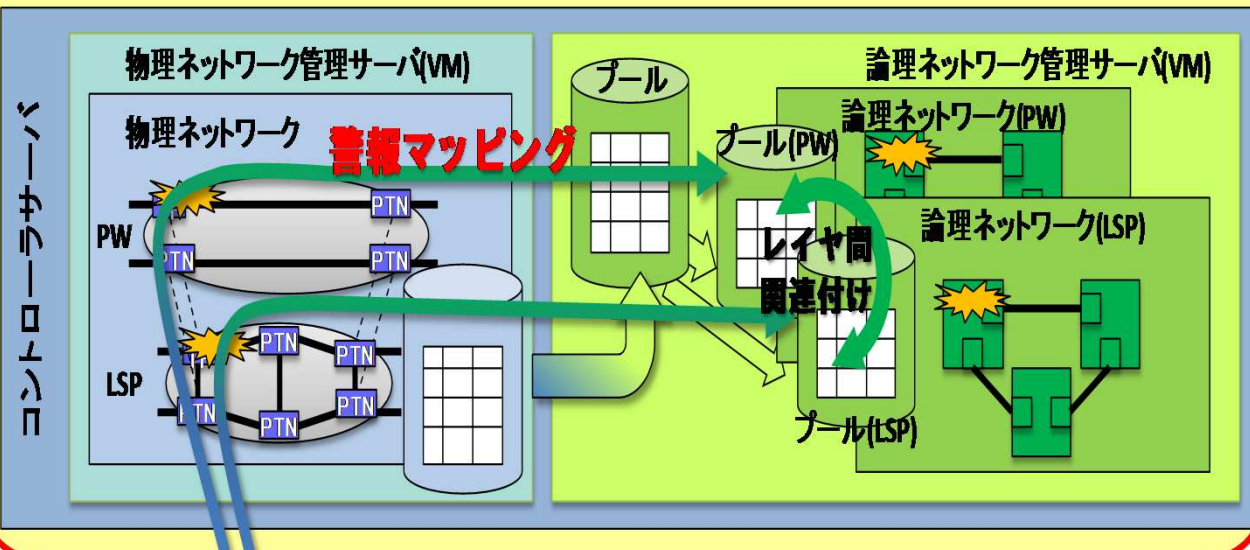


マルチレイヤ統合制御/パケットトランスポート

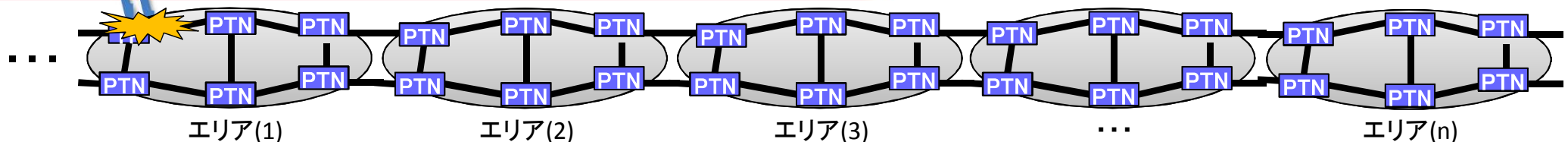
◆ 物理/論理資源の統合管理機構により、迅速かつ高度な障害復旧を実現

- **リソースプールの活用**により警報に紐付く大量の複数論理警報へのマッピングの速度を向上
- 論理警報から複数物理警報への関連性を管理し、仮想ネットワークにおける障害特定を実現
- 資源情報を論理データとして管理し、現用系パスに対するエリア内/間プロテクションにより、仮想ネットワーク環境における**従来比1/10(10秒程度)の多重障害復旧する技術**を確立

パケットネットワーク統合資源制御



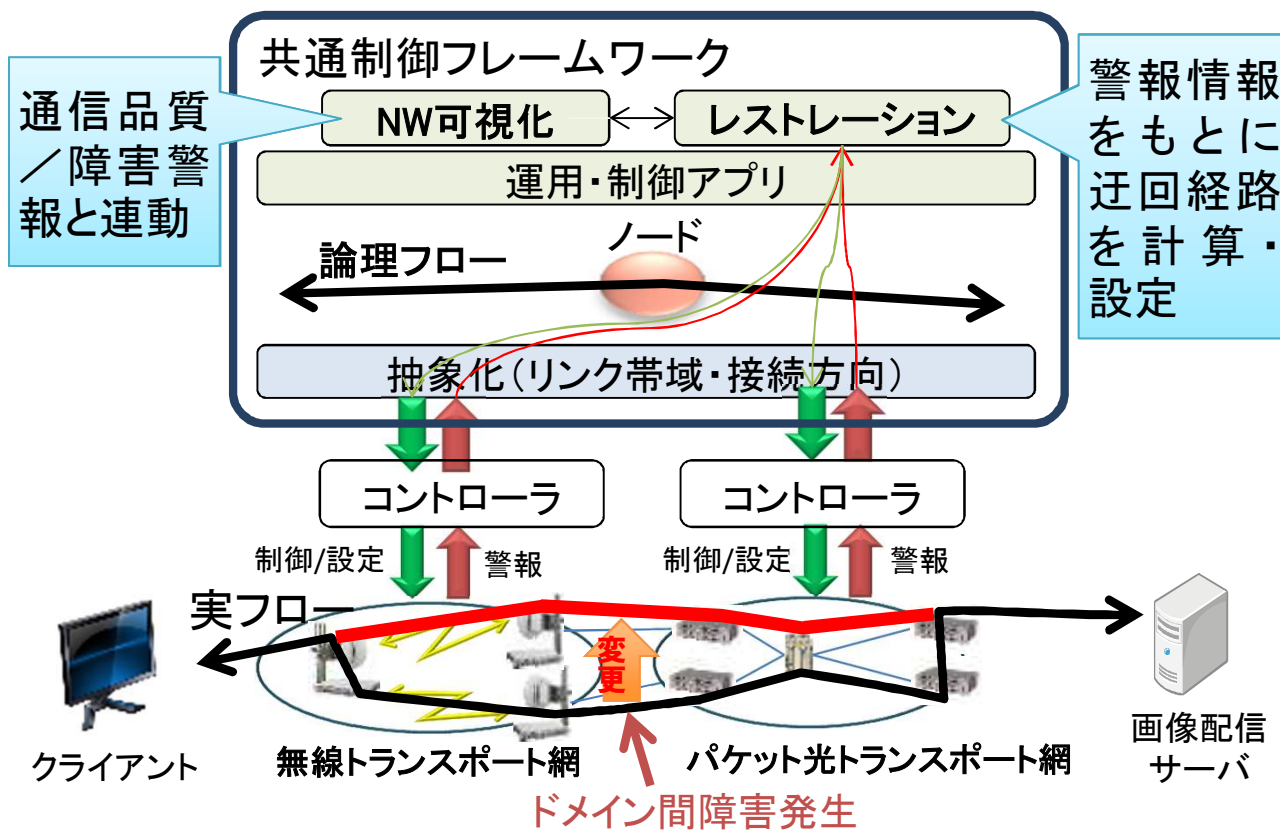
マルチレイヤネットワークのグローバル監視制御



マルチレイヤ統合制御/無線・パケット光融合

◆無線NWのSDN化を実現。無線・パケット光融合でNW資源抽象化の有効性を検証

- 無線・パケット光等の機器固有な物理特性をネットワーク抽象化モデルによる論理的な情報に変換、物理的な差異を吸収・隠蔽した**ドメイン間/レイヤ間連携の統合制御**を実現
- マルチレイヤ統合制御/無線・パケット光融合環境下において、ネットワークの可視化およびドメイン内・ドメイン間での**レストレーション機能の実用性**を検証

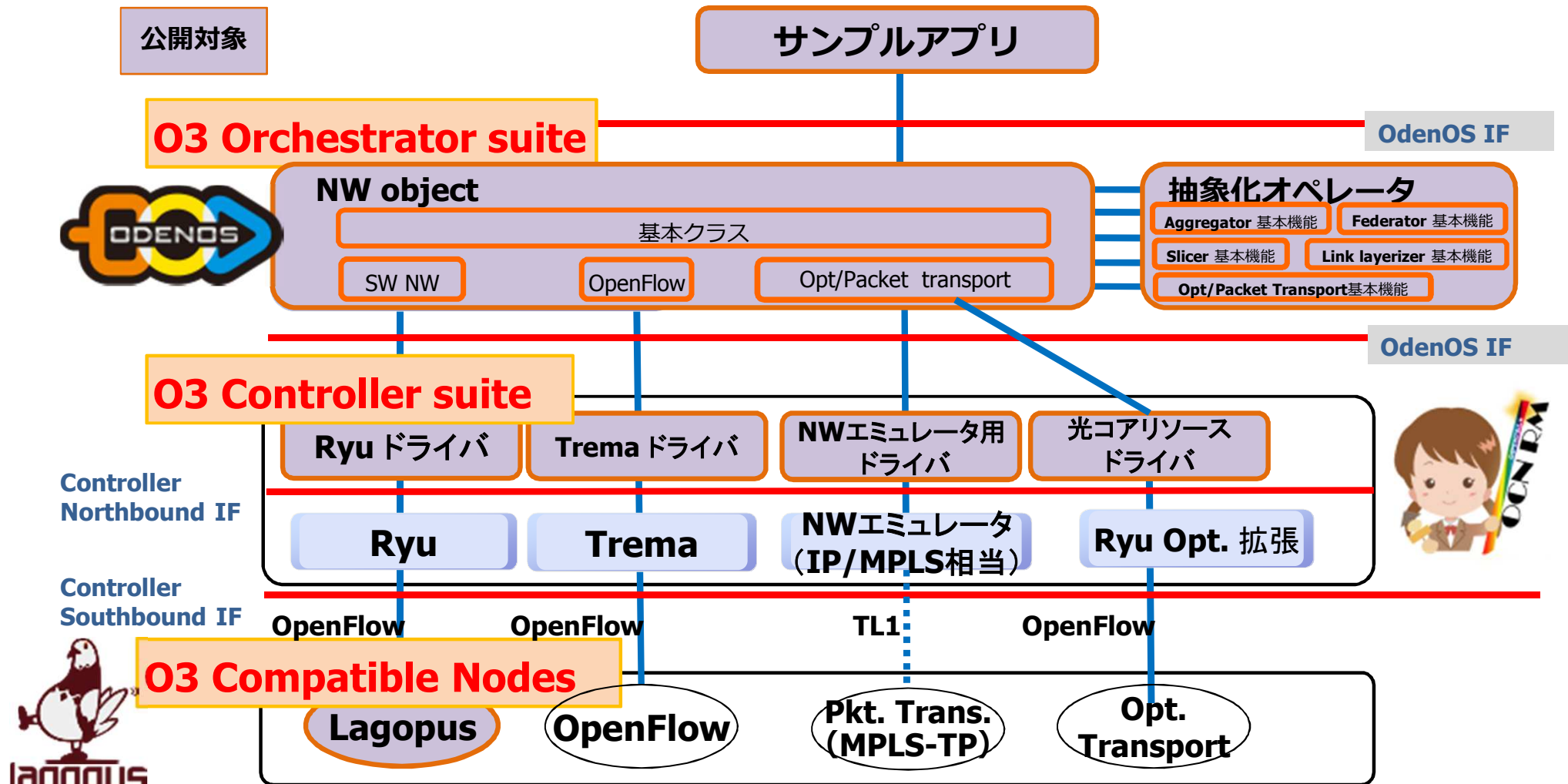


NW可視化とドメイン間障害時の自動復旧

4.社会実装に向けた取り組み

研究開発成果のOSS化

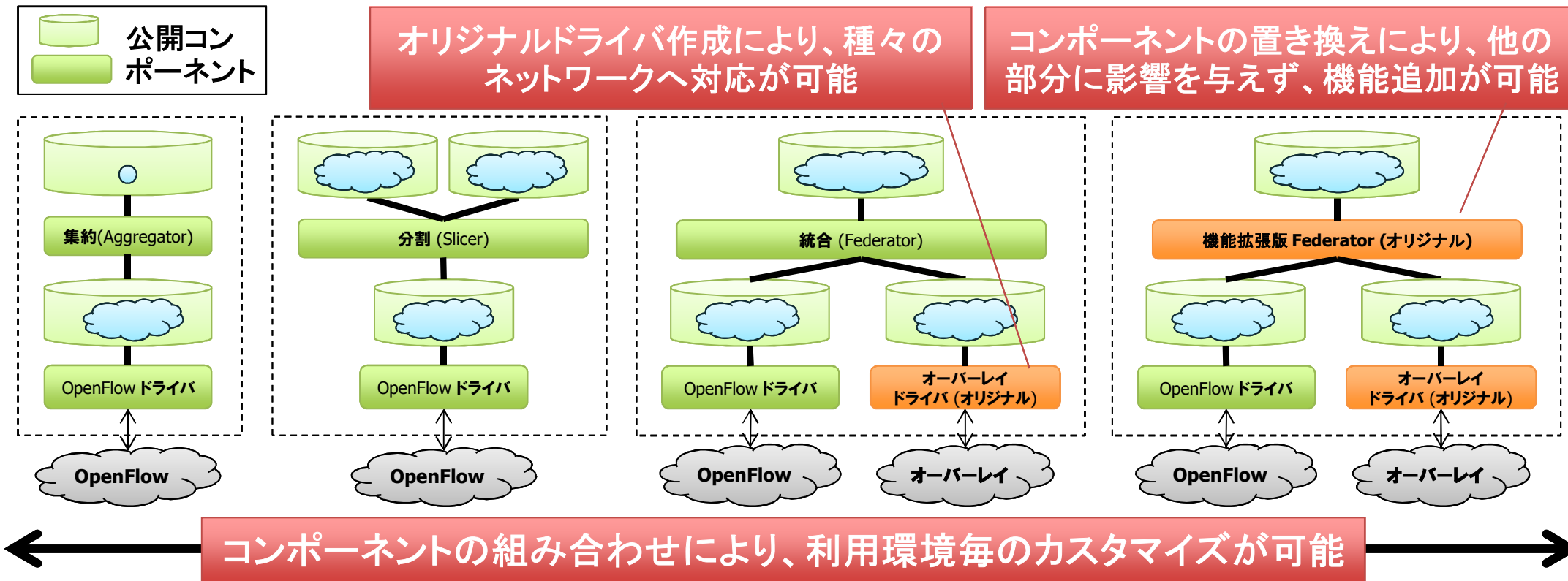
- ◆ H27/3迄にOSSおよびSDN設計ガイドラインの公開を実施。
Lagopus (H26/7)、ODENOS (H27/2)、光コアリソースドライバ/パケットトランスポート (MLO) (H27/3)をOSS公開。SDN設計ガイドラインはO3 WEBサイトにて公開(H27/3)



O3 Orchestrator suite(ODENOS)



- ◆ **マルチレイヤ&ドメインの仮想NWを統合的に構築・制御する世界初OSS**
- ◆ 様々な利用環境に適用可能な **NW** オーケストレータを作成するためのフレームワークをオープンソース・ソフトウェアとして**2015年2月公開**
 - 仮想NWを集約・結合・分割する演算機能の組合せで、利用環境毎の **NW** オーケストレータを容易に構築可能、機能コンポーネントの置き換えによる機能追加・拡張にも対応
 - オリジナルドライバを独自開発することにより、様々な種別のネットワークに対応可能(サンプルとして **OpenFlow** ドライバを公開)

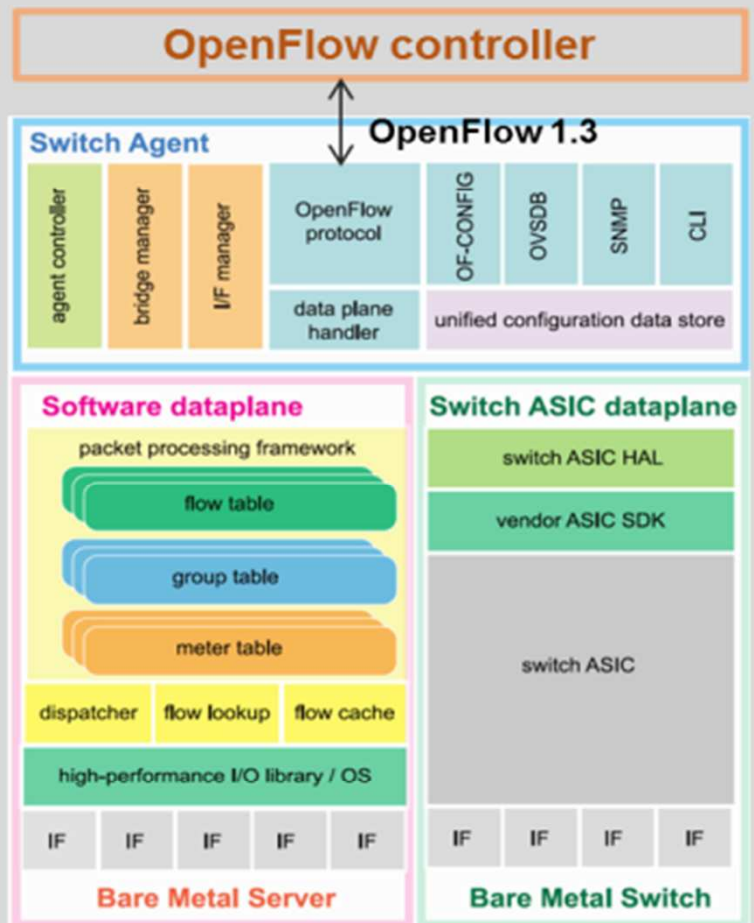


SDN Software Switch: Lagopus

◆ 2014年7月にOSSとして公開

“Lagopus” features and targets

- **High-performance packet processing**
 - Support for 1M flow control rules
 - Forwarding performance over 10 Gbps
- **Support for various protocols**
 - Extensive support for latest stable specification OpenFlow 1.3.4 (including MPLS, PBB, and QinQ in wide area networks)
 - Top score in “Ryu certification tests”
 - <http://osrg.github.io/ryu/certification.html>
- **Support for various config/mgmt interfaces**
 - OF-CONFIG, OVSDB, CLI, SNMP, and Ethernet OAM (including features under development)
- **Modular architecture**
 - New protocol modules or management interface modules easily deployed on “unified configuration data store” basis.
- **Support for multiple data planes**
 - General-purpose servers (IA servers)
 - Parallelized and multi-threaded packet processing
 - I/O acceleration by leveraging Intel DPDK
 - Bare metal switches (under development)
 - For general-purpose hardware switches



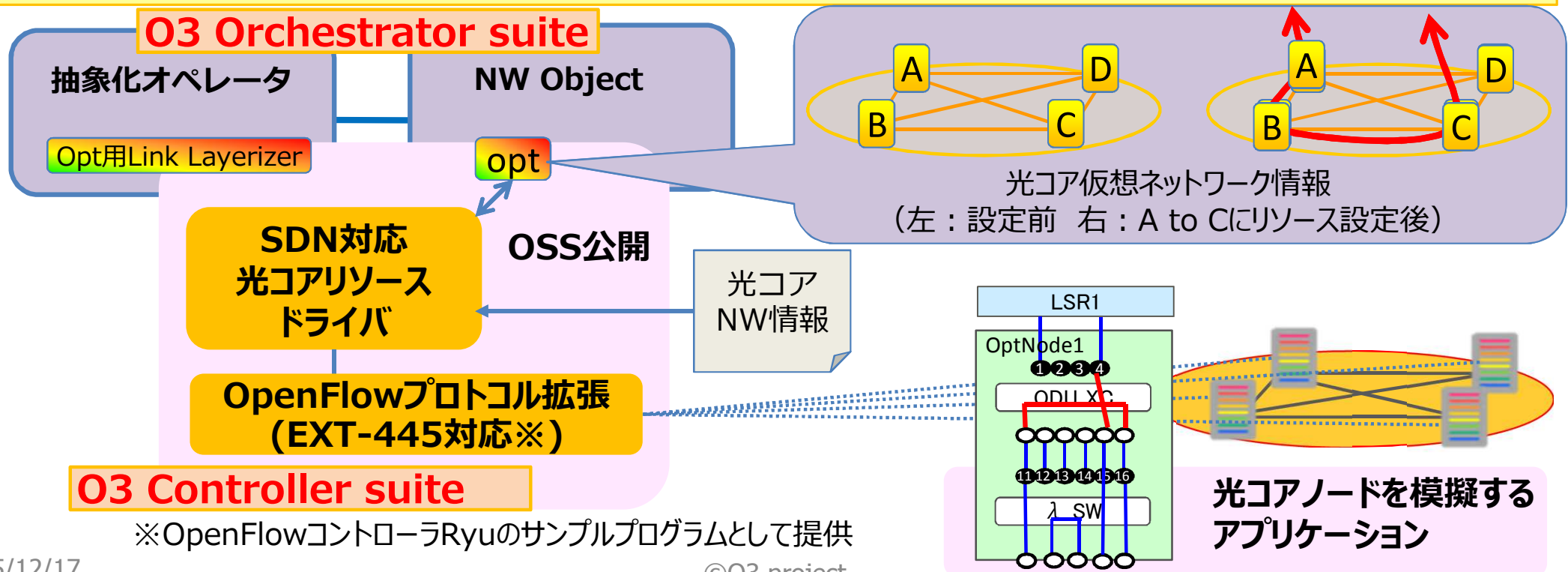
- **Open source**
 - Released as open source software at <http://lagopus.github.io/>

SDN光コアリソースドライバ



◆光コアネットワークSDN対応ドライバ

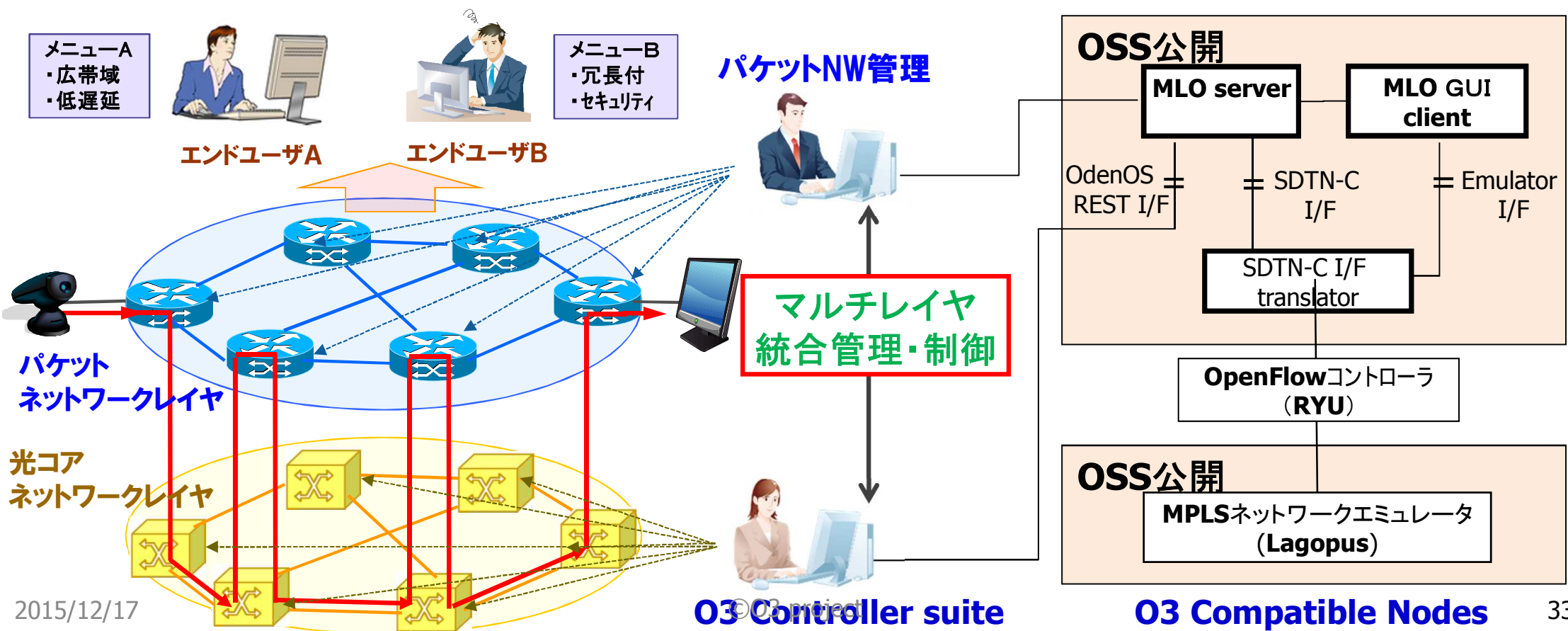
- 光コアネットワークのリソースを仮想化して管理すると共に、**ODENOSのAPI**によりリソース要求を受けると、要求条件を満たす適切なリソースを割当て利用可能にする**光コアネットワークSDNの制御管理ソフトウェア**を開発。**2015年3月にOSS公開**
- 光コアノードを持たないユーザでも動作可能にするため、光コアノードを模擬し、**OpenFlow** コマンドを受けて制御された接続状態を表示するサンプル**AP**も付属
- 本ソフトウェアを使用することにより、**O3 Controller suite**を活用した光コアノード制御の検証・拡張が可能



SDNパケットトランスポート

◆SDN対応パケットトランスポート

- パケットネットワークのリソースを仮想化して管理するとともに、サービスが要求する帯域、及び遅延を満足する**仮想パスを自動選択**するマルチレイヤオーケストレータ(MLO)を開発、**2015年3月にOSS公開**
- **パケットトランスポートと光トランスポート**からなる、マルチレイヤネットワークの統合管理・制御や**O3 Controller suite**との共存の検証が可能



Lagopusの利活用例

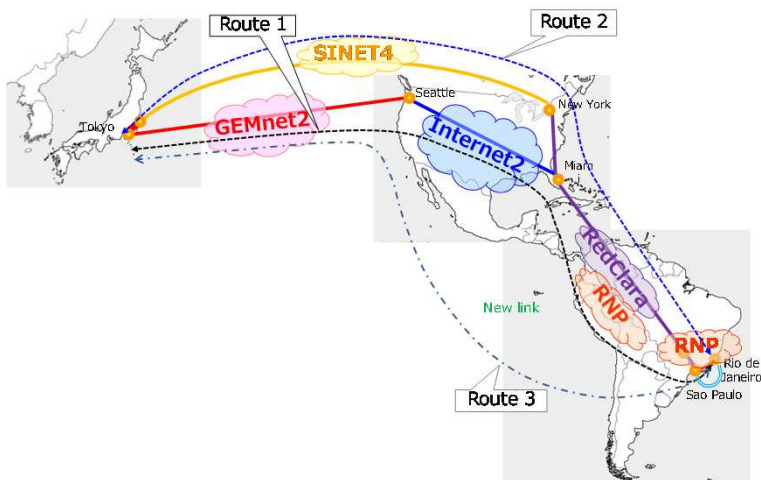
◆OSS化したLagopusを、NTT研究所主導の各種実証実験で利活用

◆映像ストリーミング実験 (未来ねっと研究所)

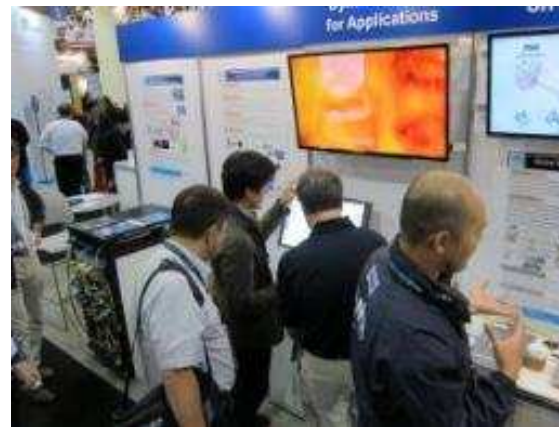
サッカーワールドカップの8K映像伝送実験で、日伯間ネットワークの中継・経路制御に利用
Super Computing 2014の4K映像伝送実験で、日米間NW中継・経路制御に利用

◆無線LAN帯域制御実験 (ソフトウェアイノベーションセンタ・未来ねっと研究所)

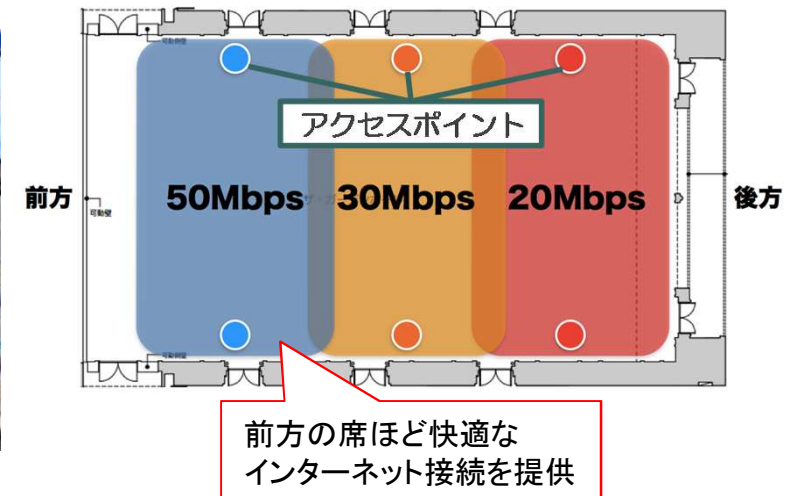
SDN Japan 2014の会場無線LANネットワークでの中継・帯域制御に利用



ワールドカップ中継のネットワーク構成



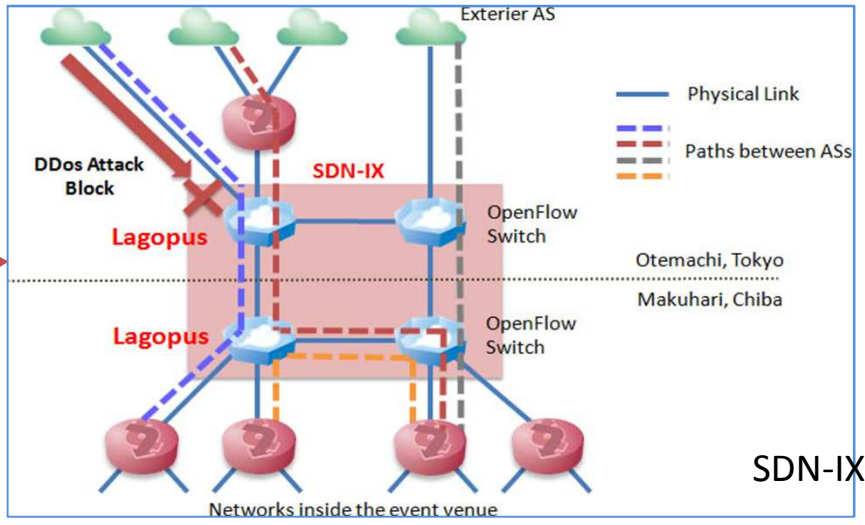
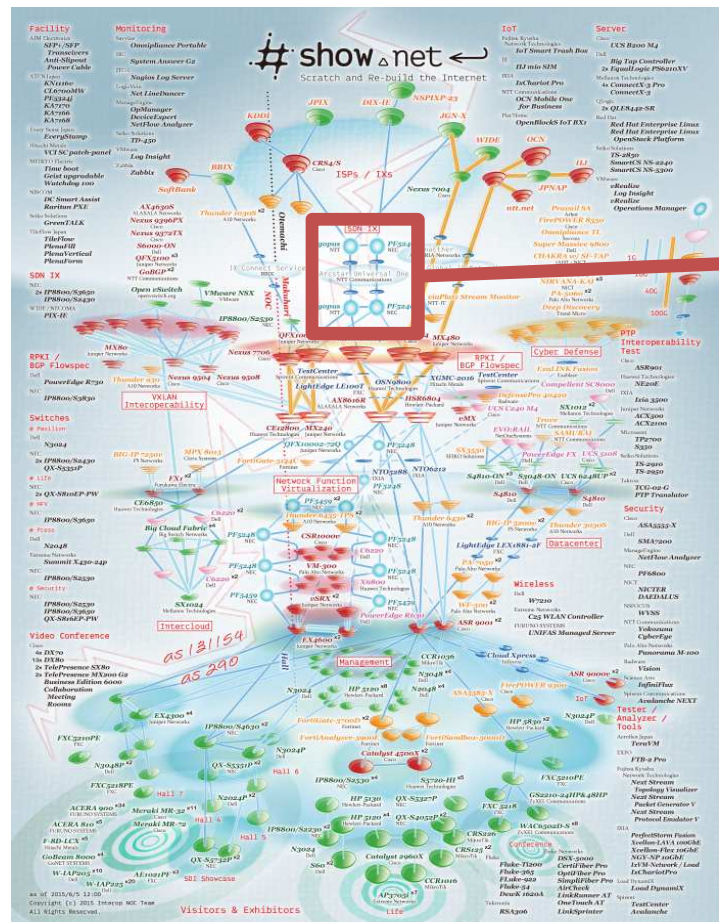
Super Computing 2014でのデモ



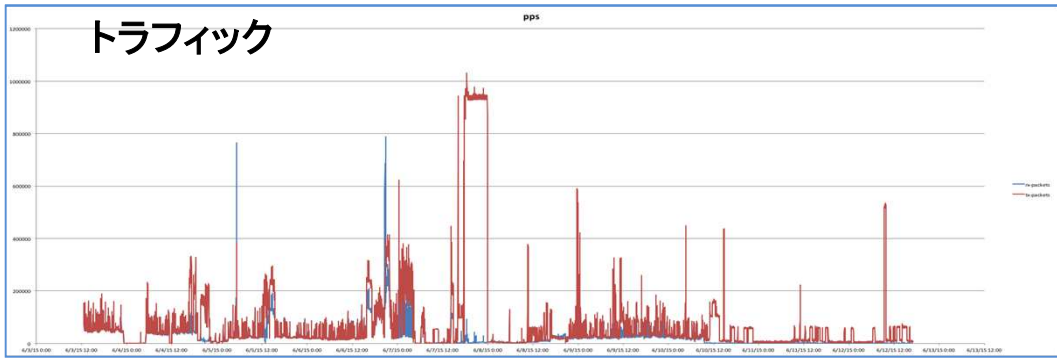
SDN Japan 2014会場無線LANの帯域制御

Interopus: Interop Tokyo 2015 ShowNet

◆ Interop のShowNet においてLagopusを運用。一週間以上の連続安定稼働
 ◆ ShowNetとインターネットとのGateway部分にLagopusを配備
 IXの高度化 (VLANでのピアリング、DDoS対策) を目指し、SDN-IXとして、SDN技術を用いたインターネットエクスチェンジ(IX)を構成。平均2Gbps、最大10Gbpsのトラフィックに対し、安定稼働を達成。高評価を獲得。

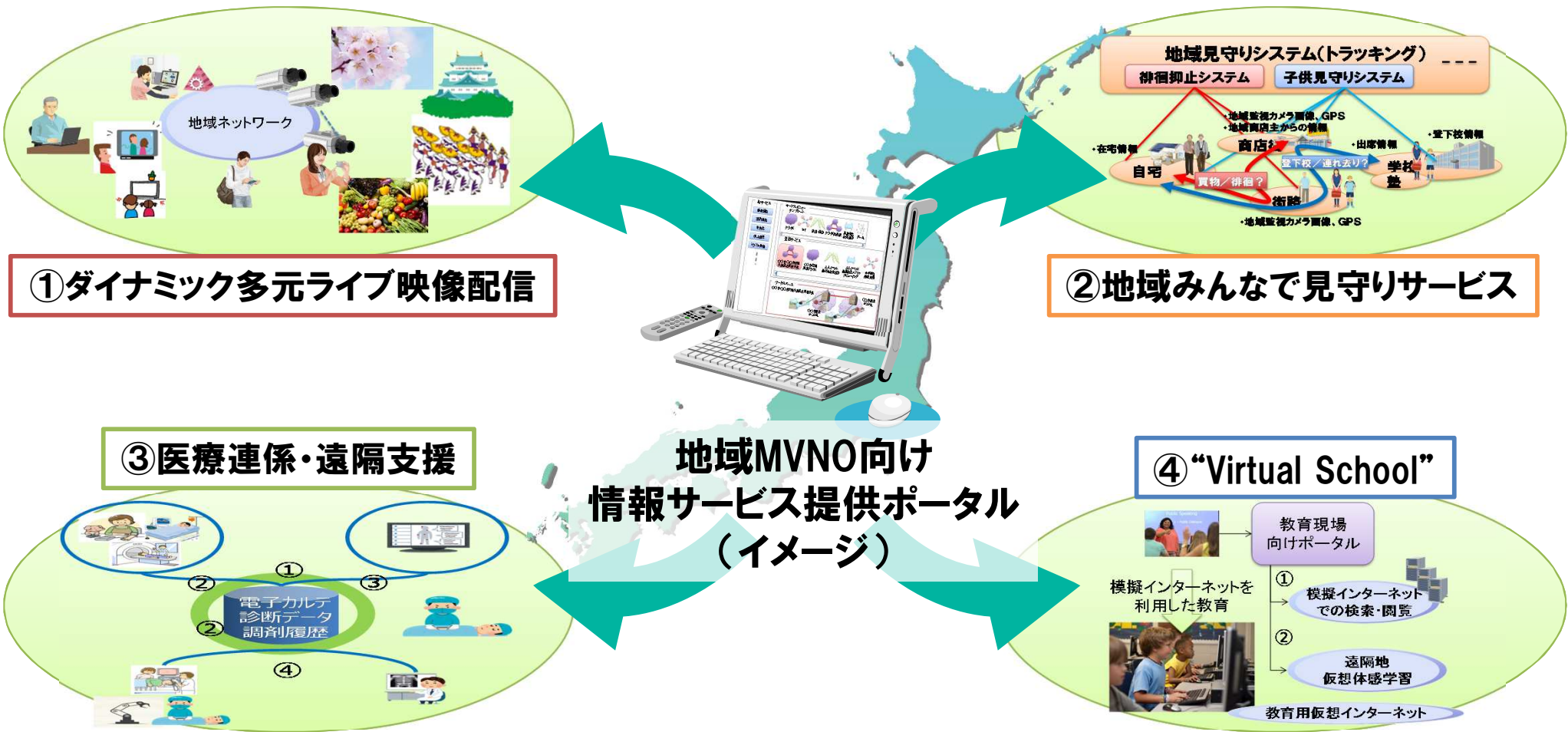


SDI部門審査員特別賞



エンドユーザ視点でのSDN利活用ユースケース

地方創成、地域の魅力の情報発信をワンクリックで安全安心に実現



5.まとめ

将来に繋がるSDN実証実験環境に向けて

- ◆ 特性・用途の異なる物理網に跨る仮想網をオンデマンドに構築・提供
- ◆ NWの品質・トポロジ要件が利用シーン毎に異なるサービスの実証

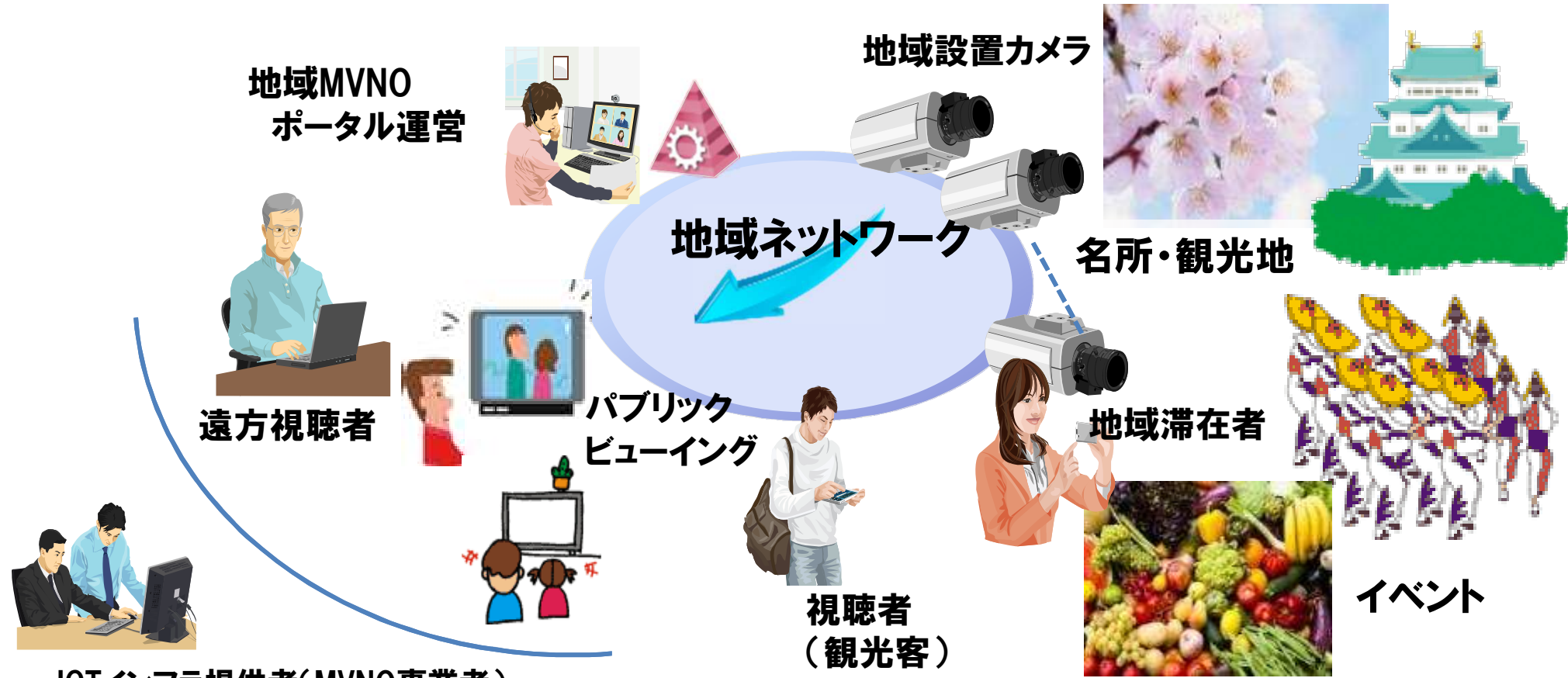
例：都市交通管制、遠隔介護・見守り、防災・減災・緊急対策、エネルギー管理、……



O3を活用したアプリケーション：ダイナミック多元ライブ

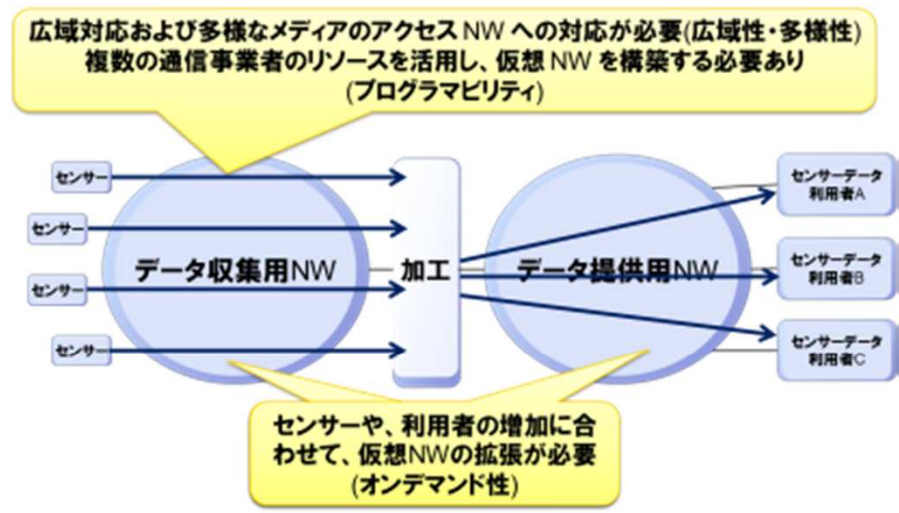
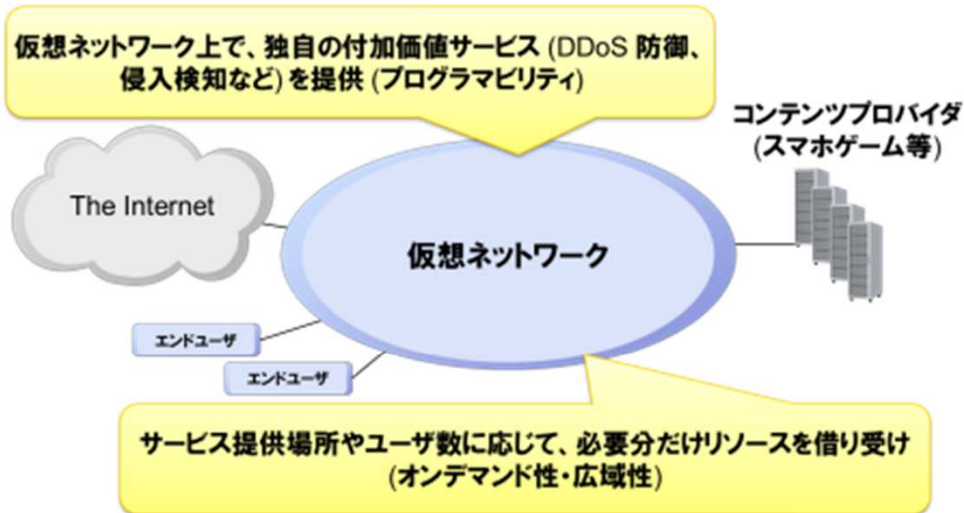
多角的視点の撮影映像を視聴者へダイナミックにライブ配信
 “見てもらいたい地域の魅力を、その時、見たい人へ”

多元的な映像を視聴者へ配信する通信を、複数のNWに跨ってセキュアかつダイナミックに設定



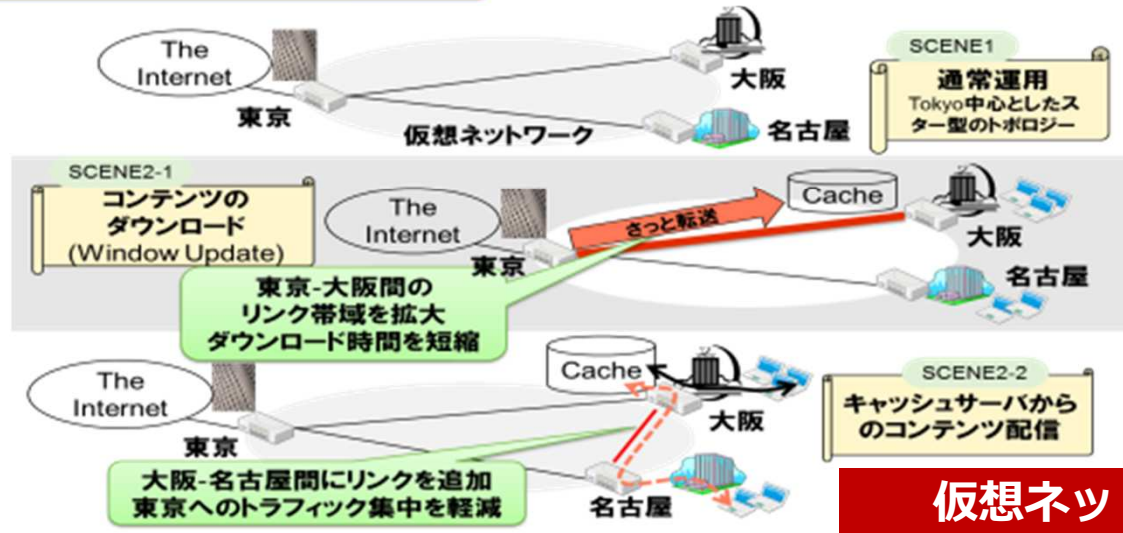
O3を活用したアプリケーション：事業者向け

- ◆ オンデマンド性、広域・多様性、仮想NWのプログラマビリティを提供
- ◆ 物理インフラを所有しない事業者による付加価値通信サービス



仮想ネットワークの付加価値サービス

特殊用途向け仮想ネットワーク



仮想ネットワークの オンデマンド構築・再構成

2016年3月23日の最終成果発表会 (O3シンポジウム2016@秋葉原)

に乞うご期待ください。

本研究は、総務省の「ネットワーク仮想化技術の研究開発」による委託を受けて O3 プロジェクトの一部として 実施しています。