



平成 25 ~ 27 年度 仮想ネットワーク統合制御技術の研究開発

2016 年 10 月 4 日

代表研究機関 (NEC) 鈴木 一哉

1. O3プロジェクトの概要

2. O3プロジェクトの技術成果

3. 実用化に向けた取り組み

4. まとめ

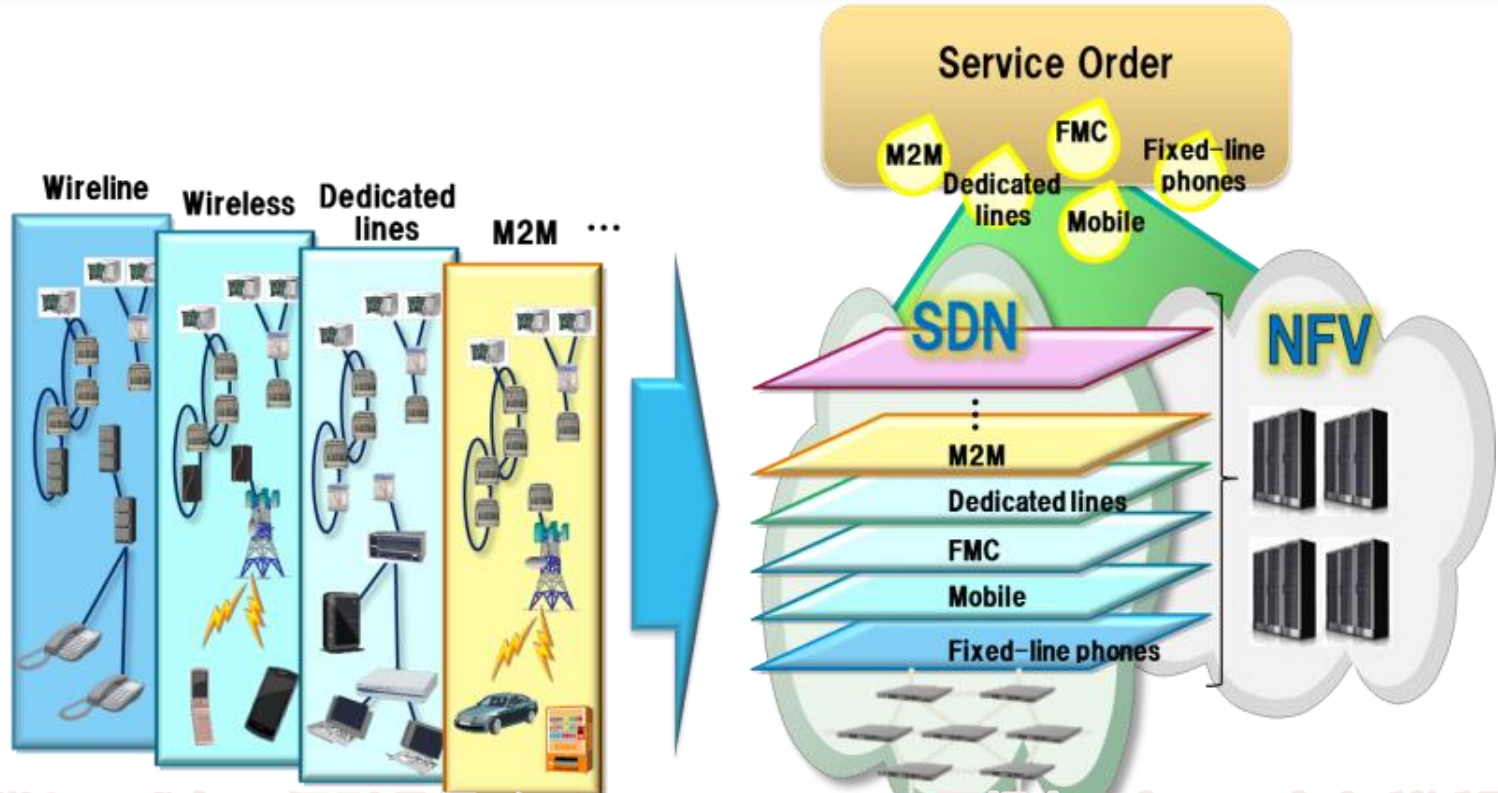
1.03プロジェクト概要

～ビジョン、コンセプト、ロードマップ～

Software-Defined Networking 技術 (SDN)



- ✓ ビジネスアプリケーションやインフラ運用者が、(広域)ネットワークを自由に設計、構築、運用するための技術
- ✓ 新しいNWサービスやビジネスモデルのイノベーションを牽引



多様な要求毎の個別通信インフラ

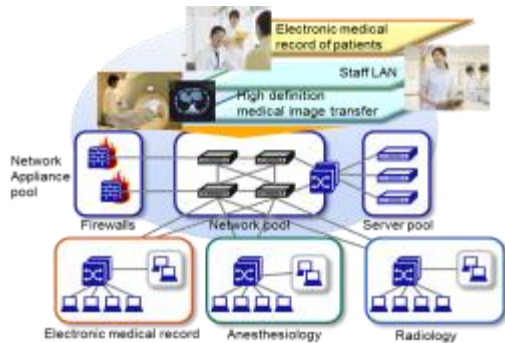
仮想ネットワークを活用した新しいサービスとビジネスモデル

SDNによる仮想ネットワークの普及と課題

◆ 閉域ネットワークを中心に、SDNの実用化が始まっている

- 例) 企業ネットワーク、データセンタ、モバイルコア(携帯電話システム)

Enterprise



頻繁なNW変更要望
に迅速に対応

Data center



利用者毎の様々な
NW構成要望に柔軟対応

Mobile core



需要に応じてNW
システムを迅速に増強

SDNによる仮想ネットワークのメリットを、
更により多くのアプリやサービスへ提供するために、
広域網(WAN)のSDN化に向けた技術確立が期待される

03プロジェクトによる広域SDN技術の実現

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

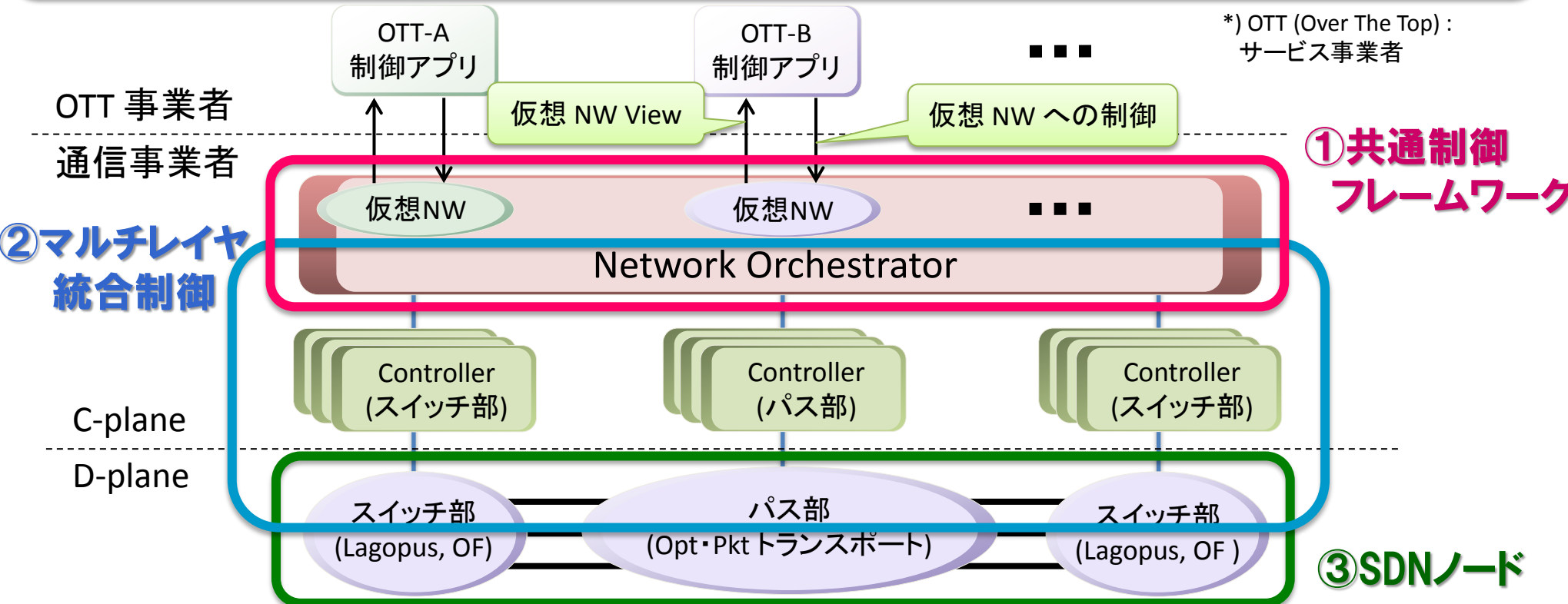
パケットトランスポートシステムのSDN化

2. O3プロジェクトの技術成果

O3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* 等) から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

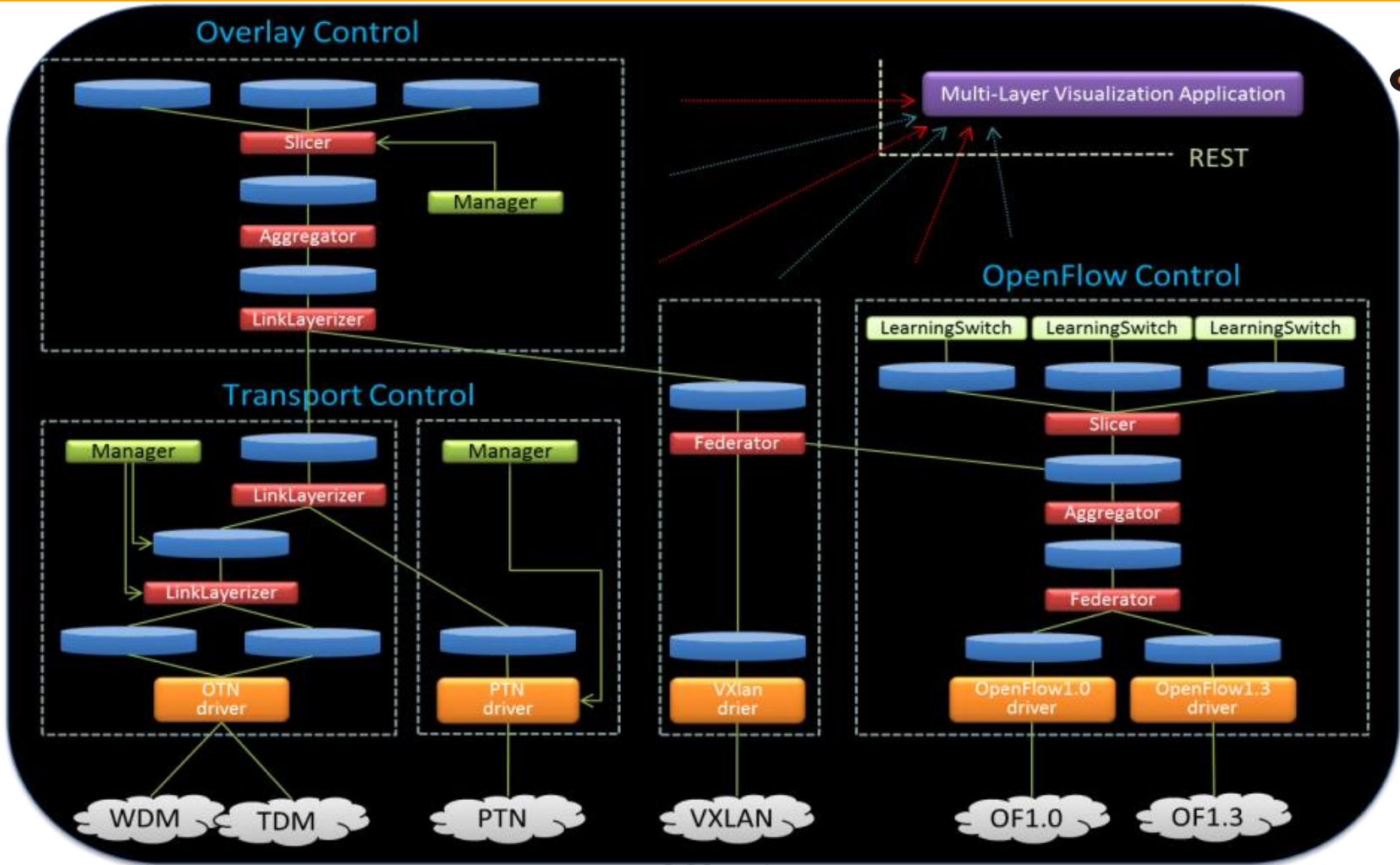
*) OTT (Over The Top) : サービス事業者



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

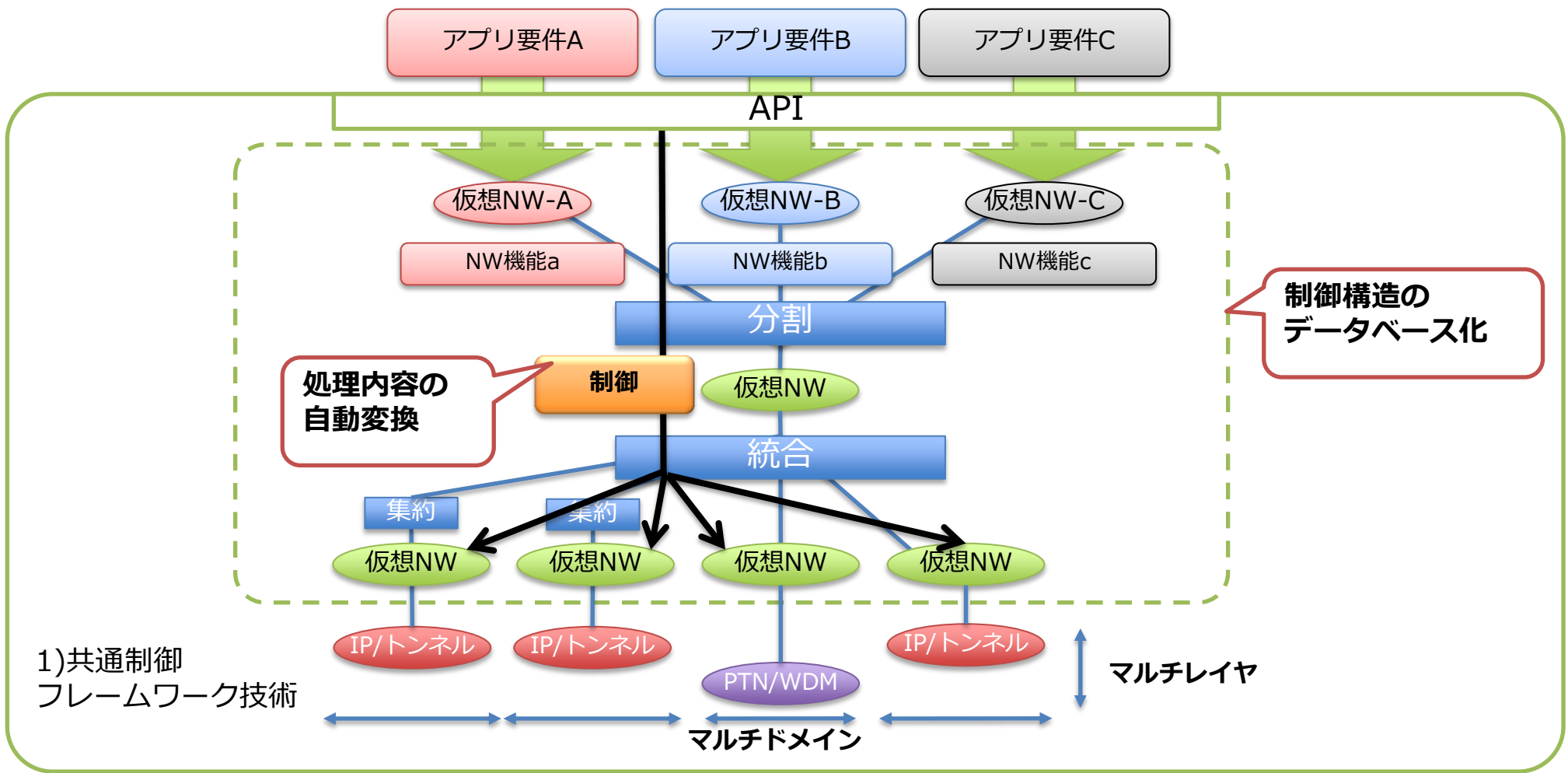
① 共通制御フレームワーク技術

- ◆ 仮想NWは、集約・分割・統合といった共通操作の組み合わせで構成
- ◆ マルチレイヤ・ドメインの広域仮想NWは、構造の大規模・複雑化が課題



① 共通制御フレームワーク技術

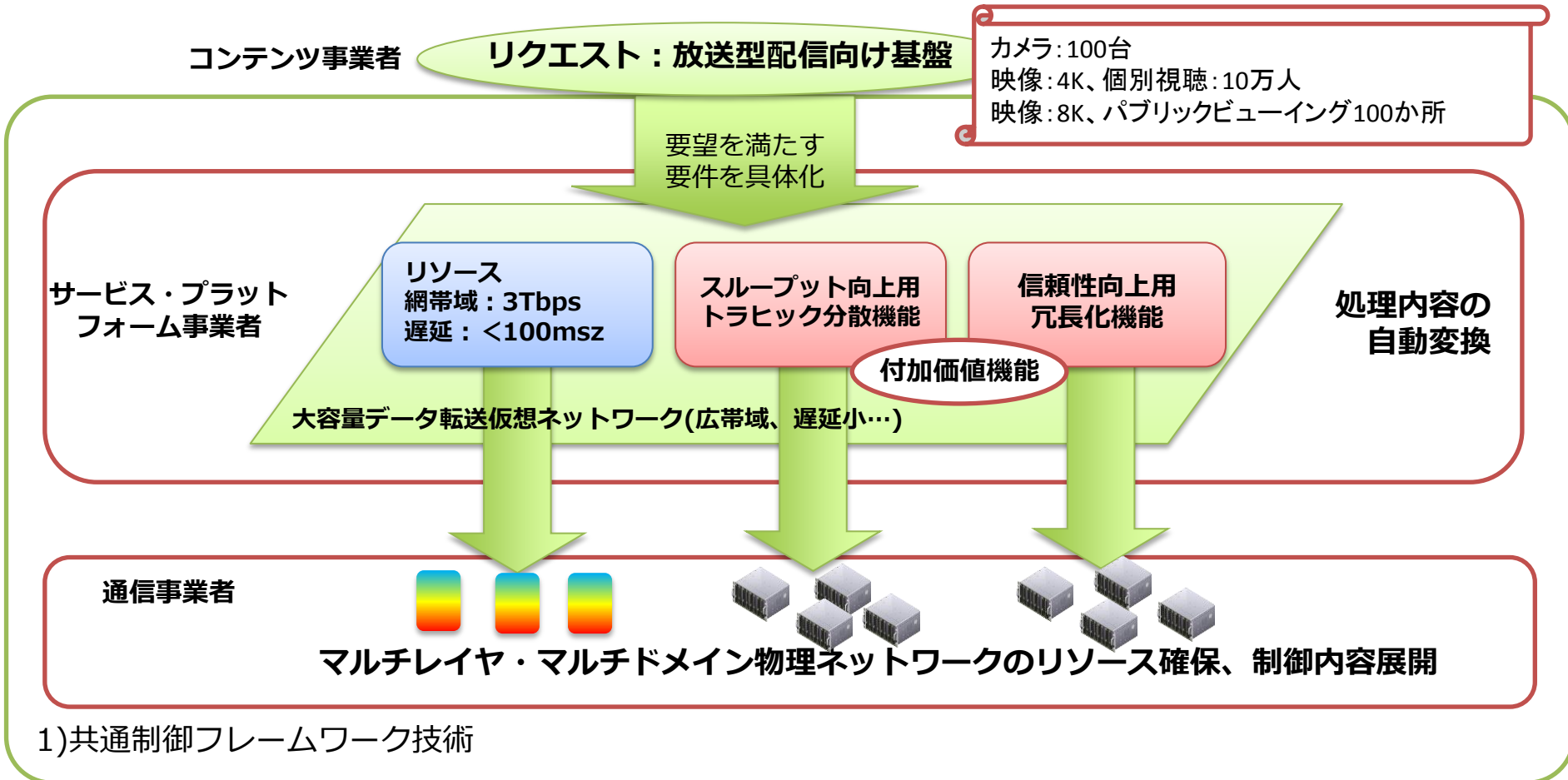
◆ 複雑に組み合わさった構成のマルチレイヤ・マルチドメインのネットワークの制御構造をデータベース化。制御構造データベースに従って処理内容を自動変換



1) 共通制御
フレームワーク技術

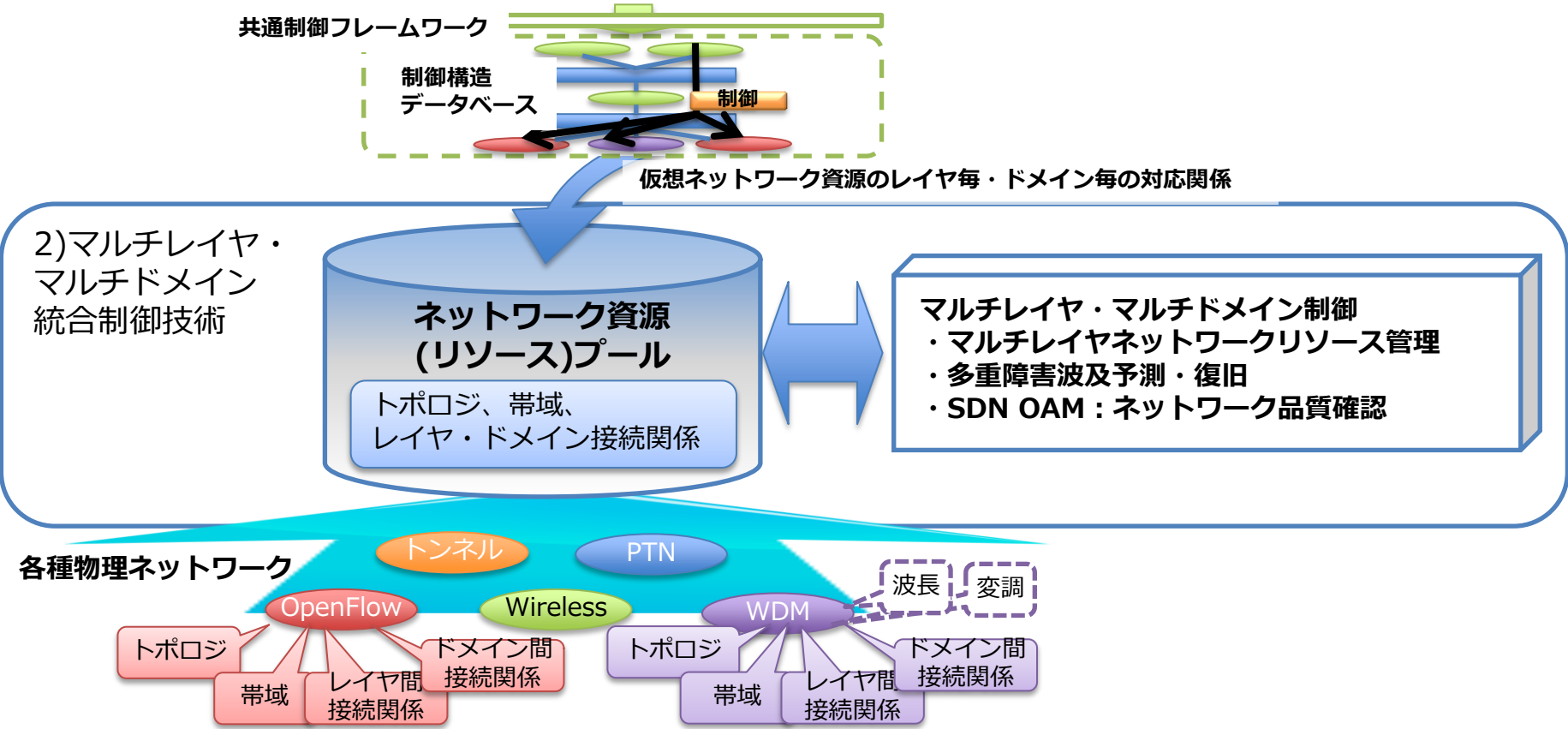
① 共通制御フレームワーク技術：メリット

- ◆ コンテンツ事業者は、ネットワークの専門知識がなくとも、必要なICT資源を調達・利用可能
- ◆ サービス・プラットフォーム事業者は、アプリケーション毎に必要な付加価値機能を提供可能
- ◆ 通信事業者は、物理インフラ上のリソースを組み合わせ、サービス・プラットフォーム事業者の要求を満たす仮想ネットワークをオンデマンドに提供可能



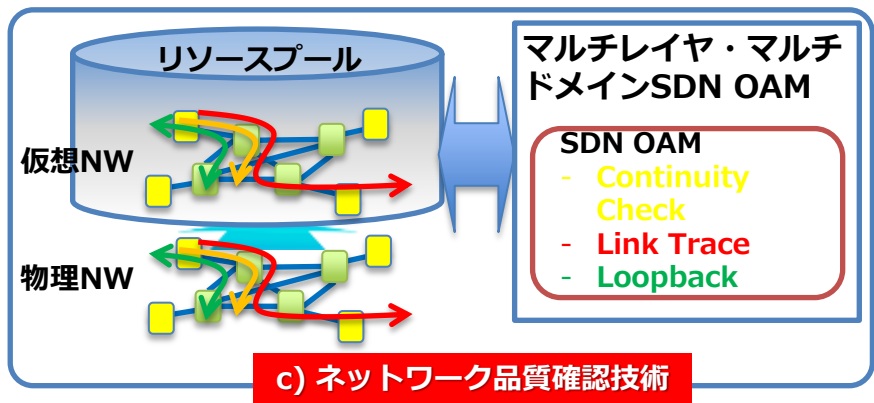
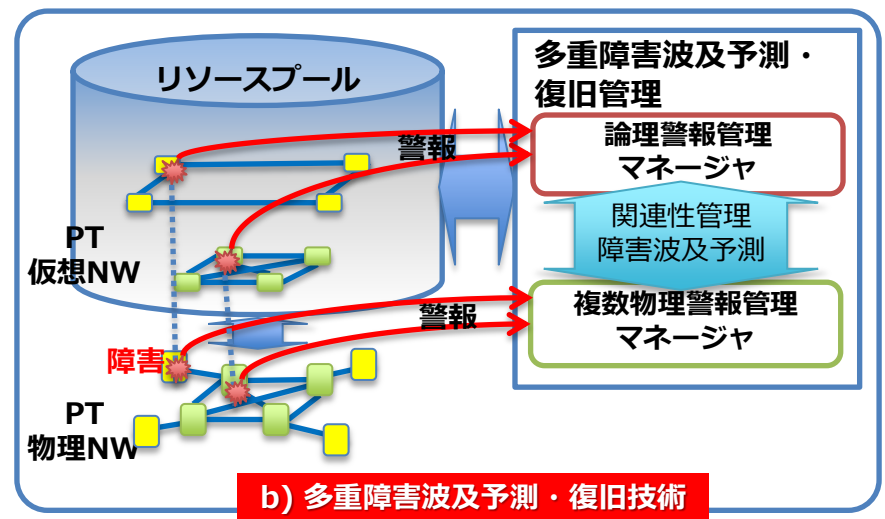
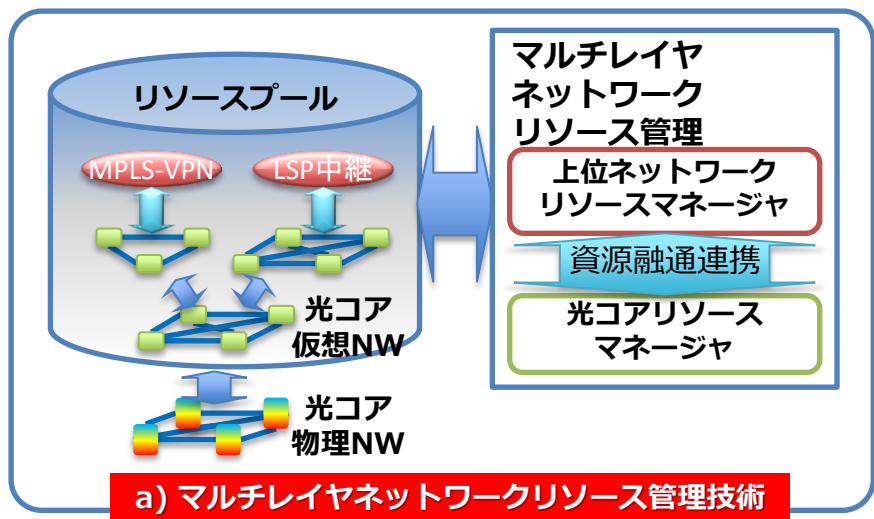
② マルチレイヤ・マルチドメイン統合制御技術

- ◆ 物理ネットワークと仮想ネットワークに跨り存在する多様なNW資源を、レイヤ・ドメイン毎ならびにその依存関係を一元管理するネットワーク資源(リソース)プール機構を導入
- ◆ これにより、レイヤ間・ドメイン間にまたがるネットワーク資源の統合制御を可能とし、リソース最適割当て、障害波及可視化、ネットワーク品質監視の制御モジュールを実現



② マルチレイヤ・マルチドメイン統合制御技術

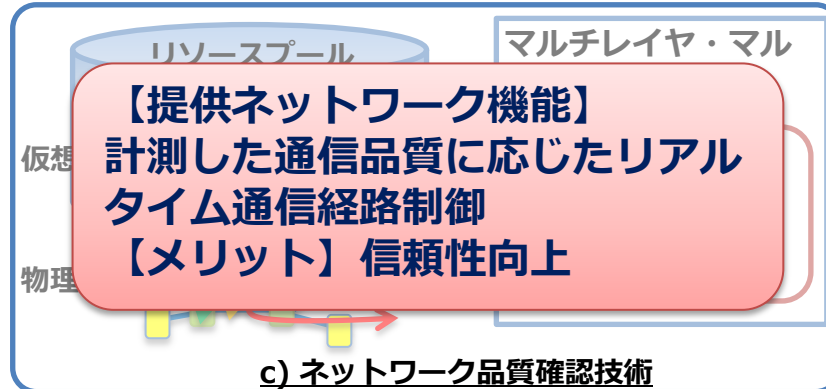
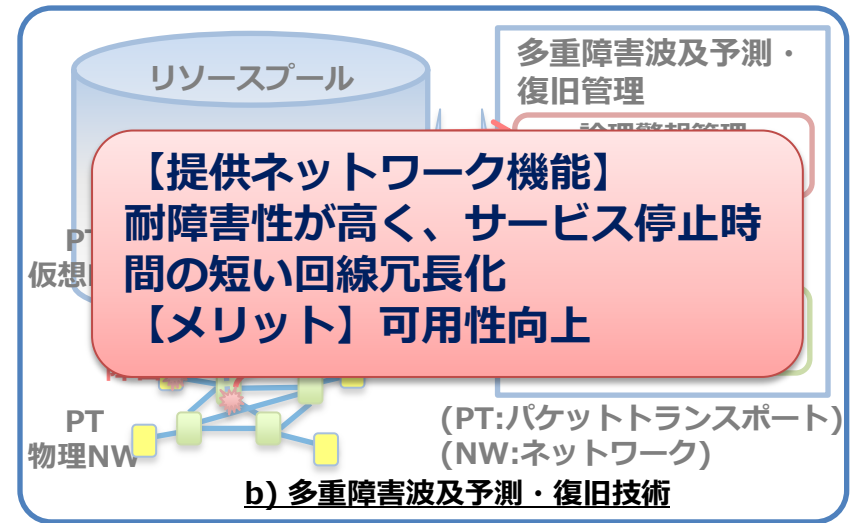
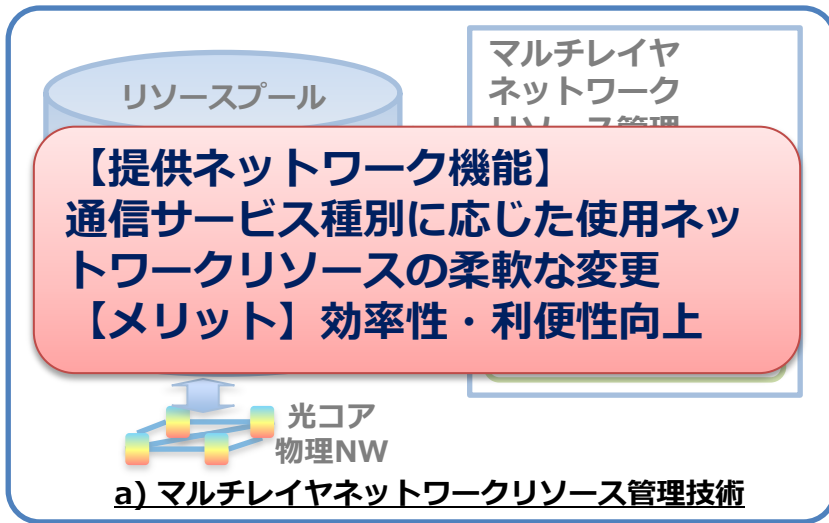
- a) マルチレイヤネットワークリソース管理技術：レイヤ間で通信サービス種別に応じ使用リソース変更
- b) 多重障害波及予測・復旧技術：多重物理障害警報と仮想NW警報の関連を高速判定、迅速に障害復旧
- c) ネットワーク品質確認技術：プログラム可能なOAM機能でネットワーク内の品質を自在に確認



(PT:パケットトランスポート)
(NW:ネットワーク)

② マルチレイヤ・マルチドメイン統合制御技術

- ◆ 広域ネットワークの資源を様々な組み合わせさせた制御を可能とし、ネットワークサービスの効率性、可用性、利便性、信頼性が向上
- ◆ 物理ネットワーク資源を直接持たないサービス・プラットフォーム事業者でも、プログラマビリティにより付加価値の高い独自サービス機能(負荷分散、セキュリティ)を提供可能



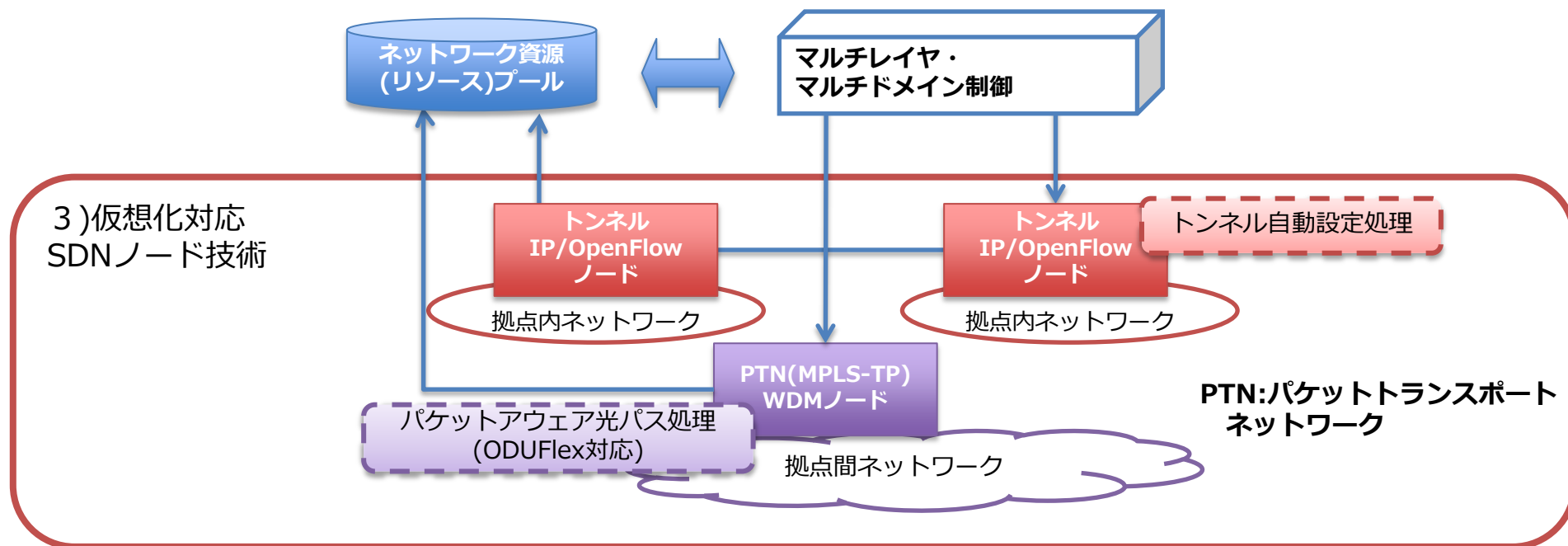
③ 仮想化対応SDNノード技術

◆ マルチレイヤ・マルチドメイン制御によって、通信事業者のネットワークを柔軟に変更可能とする通信装置(ノード)側技術

拠点内ネットワークと拠点間ネットワークで構成される通信事業者ネットワークを対象とし、

【拠点内ネットワーク】 IP/OpenFlowネットワーク上で普及する様々なトンネルプロトコルに対し、パラメータ設計・運用を効率化するトンネル自動設定処理技術を確立

【拠点間ネットワーク】：マルチレイヤネットワーク間での資源の効率的利用のため、パケット通信の種別に基づき最適な光パスを設定するパケットアウェア光パス処理技術を確立



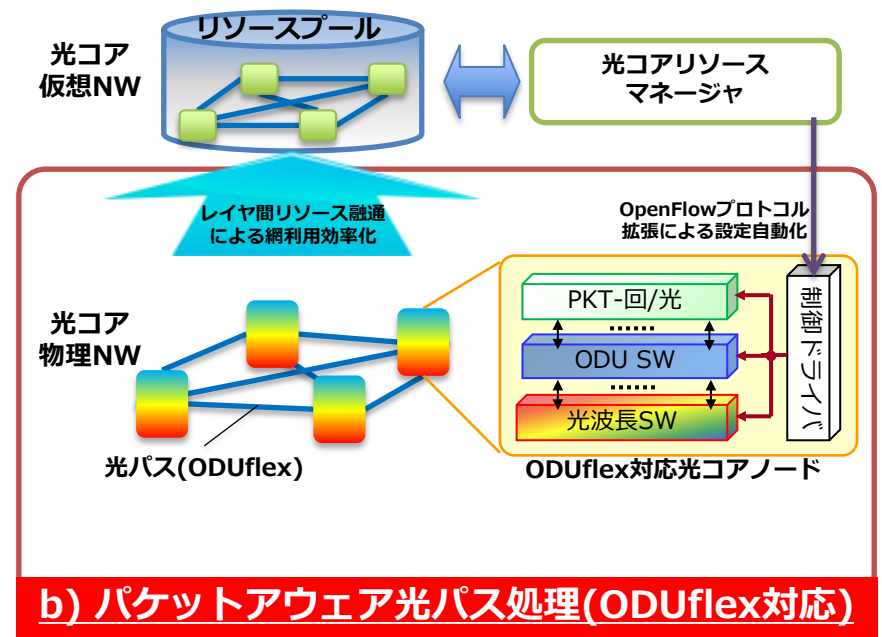
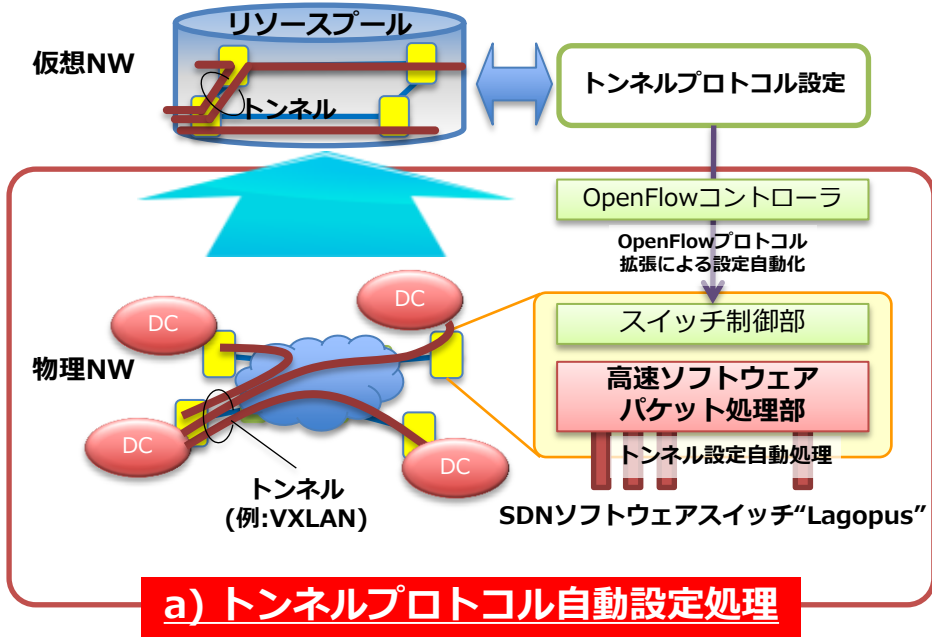
③ 仮想化対応SDNノード技術

◆ トンネルプロトコル自動設定処理技術

- 複数LANの相互接続を実現: VXLAN, GRE, PPPoE, L2TP, MPLS, PBB等
- SDNソフトウェアスイッチ(Lagopus)上で実現

◆ パケットウェア光パス処理技術

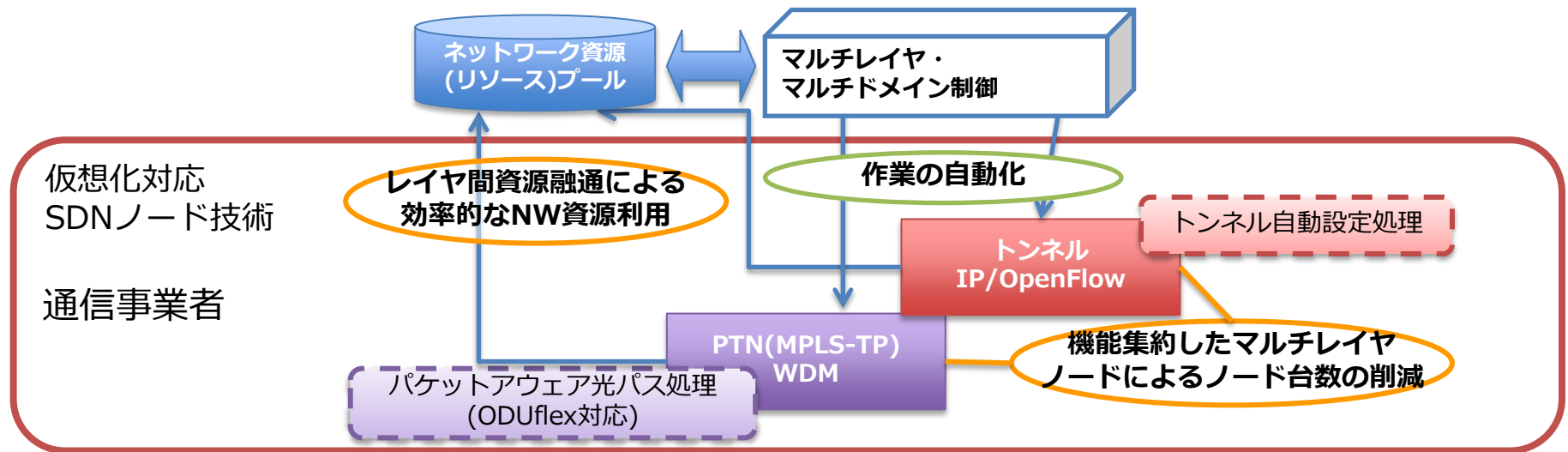
- 様々な帯域を持つ光コアネットワークの光パス(ODUflex)を提供
- OpenFlowプロトコル拡張方式(ONF標準化)でパケットと光パスを同時制御



③ 仮想化対応SDNノード技術：メリット

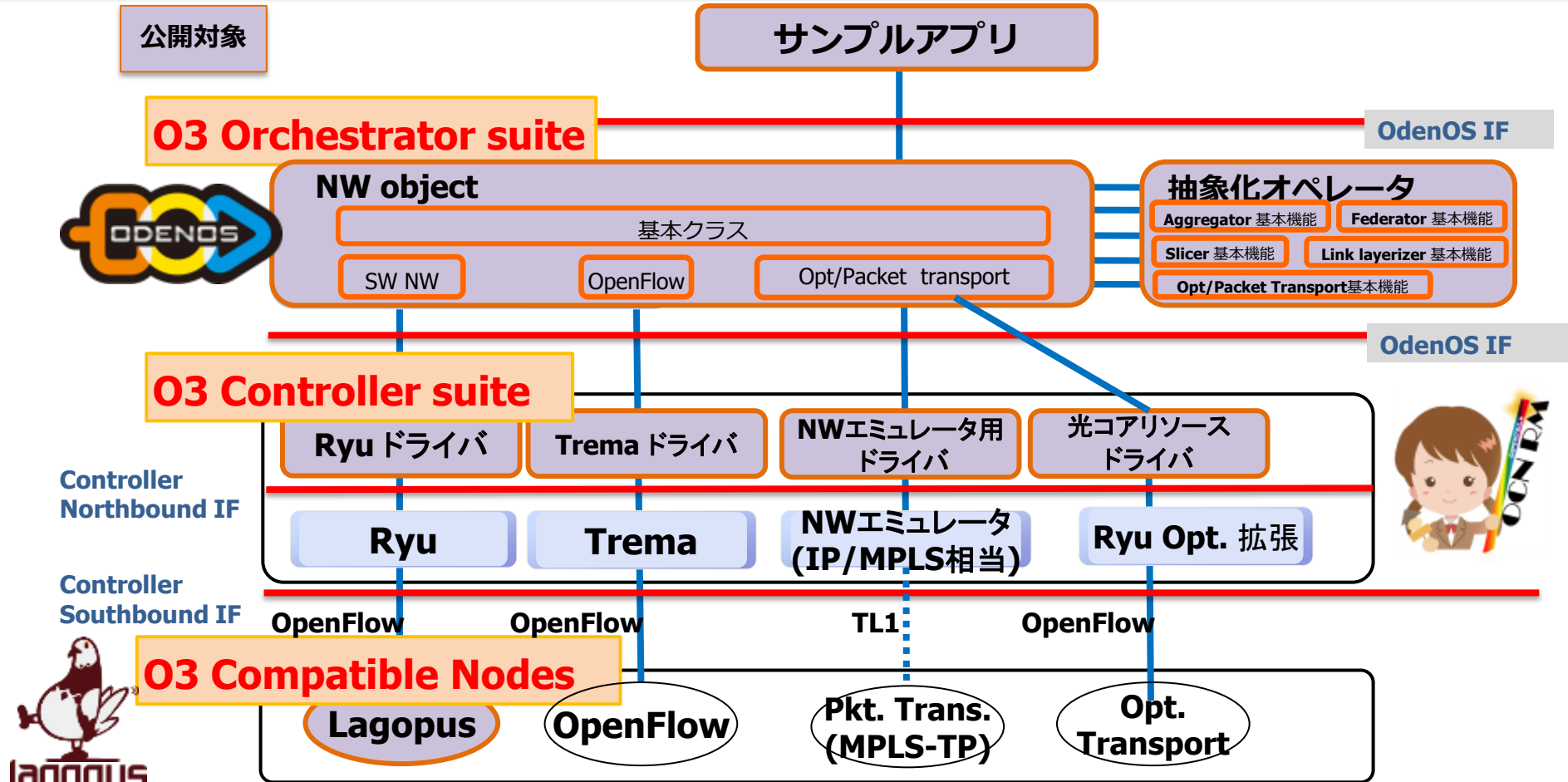
◆ 通信事業者のネットワーク構築コスト・運用コスト削減を実現

- 構築コスト(CAPEX)削減
 - 機能集約したマルチレイヤノードの実現で、ノード台数を削減
 - レイヤ間での資源融通によりネットワーク資源を効率的に利用
- 運用コスト(OPEX)削減
 - 作業の自動化(トンネルプロトコル処理自動化、ODUflex集中制御)



研究成果はオープンソースで利活用可能

◆ OSSおよびSDN設計ガイドラインを公開。
 Lagopus、ODENOS、光コアリソースドライバ/パケットトランスポート (MLO) を OSS公開。SDN 設計ガイドラインは O3 WEB サイトにて公開。

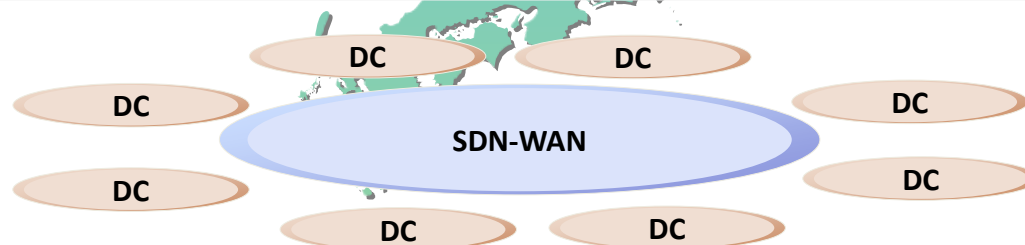


3. 実用化に向けた取り組み

03 SDNテストベッドによる広域実証実験

- ◆各基盤技術を統合し、サービスを提供するアプリケーションから広域仮想ネットワークが制御可能であることを、広域実証実験環境で検証(世界初)
 - 1000ノード規模のマルチレイヤ・マルチドメイン環境の広域物理ネットワークを想定し、100の仮想ネットワークの構築 (ex.10分以内で設定)・制御に関する検証を実施

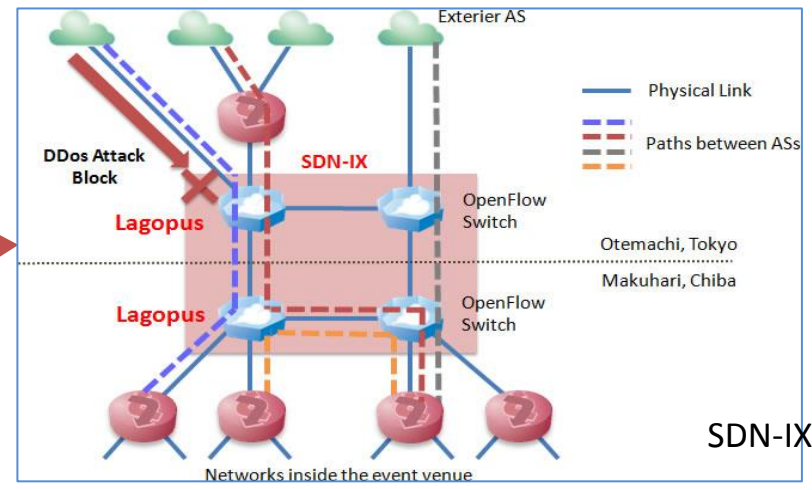
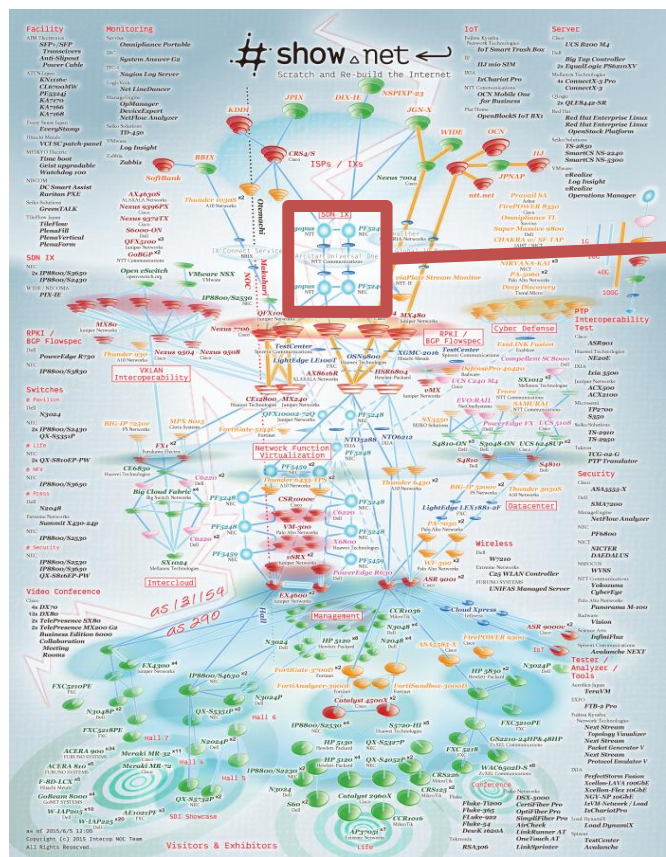
- 1000台のスイッチからなる複数のデータセンタ(DC)ネットワークとSDN-WAN環境を、物理実験環境上に構築
- 物理実験環境：実験機器設置のデータセンタ拠点(NTTコミュニケーションズにて用意)を、NICTの研究開発用テストベッドネットワーク“JGN-X”で接続



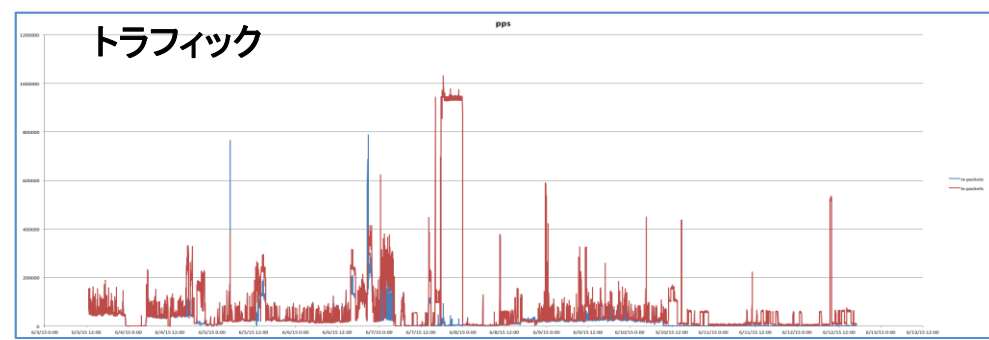

O3プロジェクト
テストベッド:
(SDN)

Lagopus: 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。

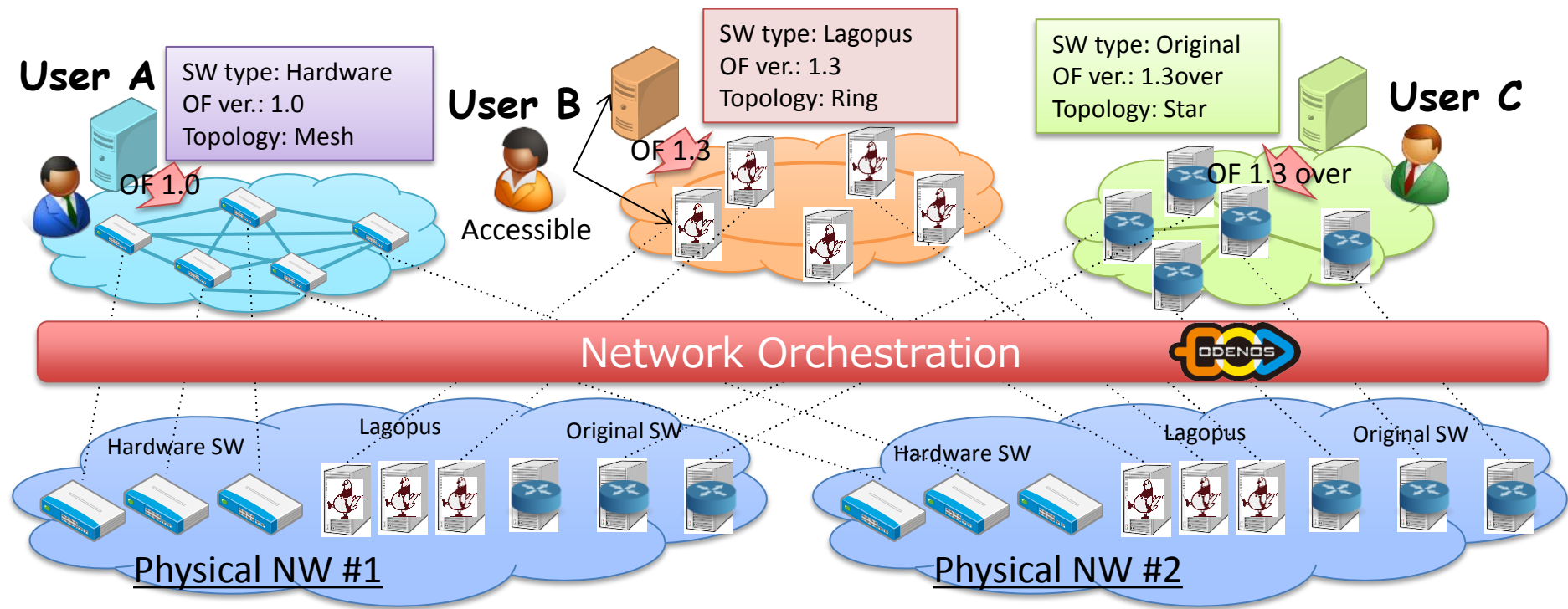


SDI部門審査員特別賞



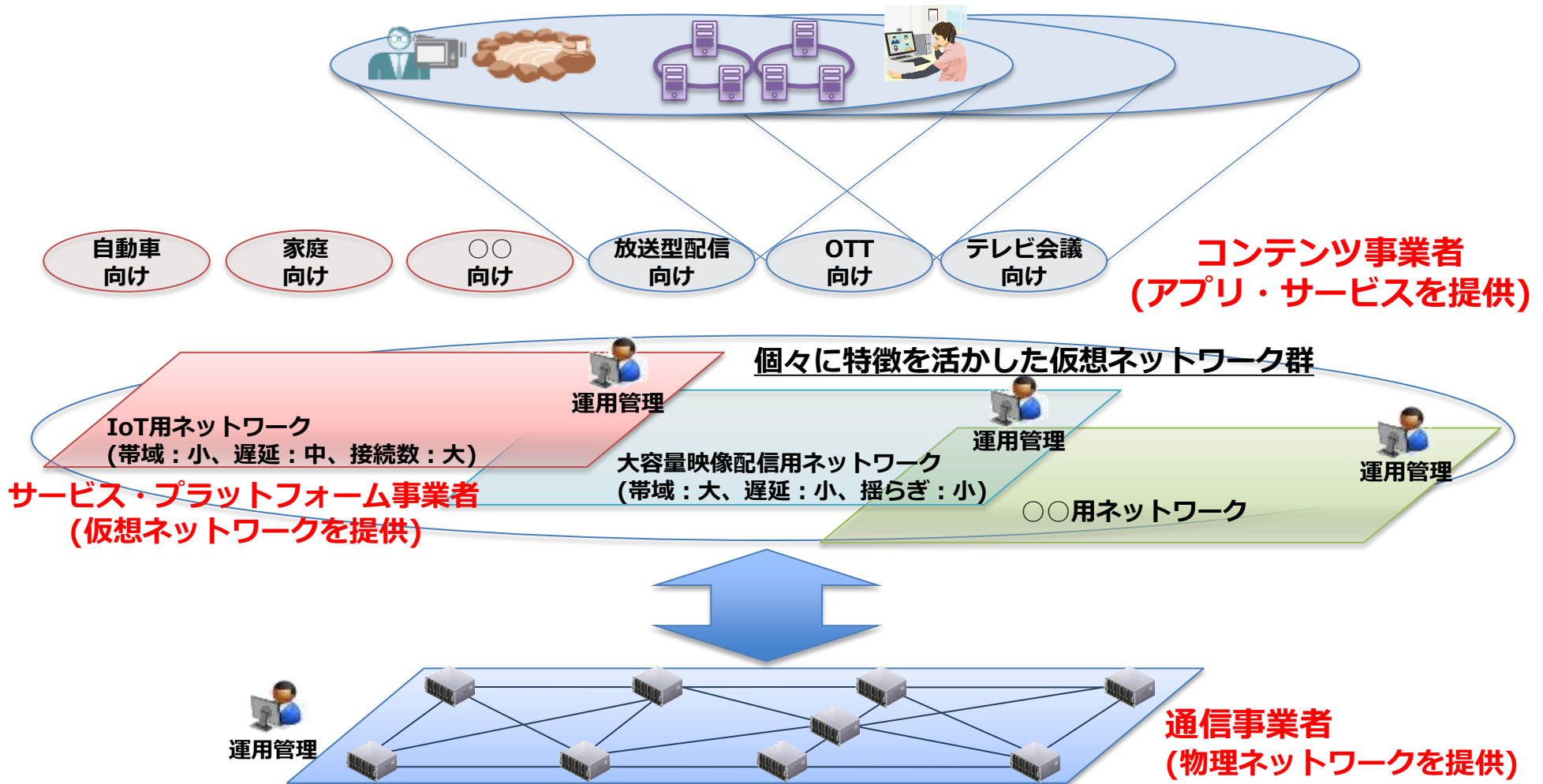
ODENOS/Lagopusの研究NW基盤への適用

- ◆ 非キャリア領域での統合ネットワーク管理制御プラットフォームの社会実装を推進
 - NICT JGN-XのSDNテストベッド“RISE”の次期バージョン(RISE 4.0)でODENOS、Lagopusを導入(2016年度下期より)
 - ODENOSの広域NW統合管理制御、Lagopusのネットワーク機能拡張により、複数のテストベッドを統合管理して、テストベッド利用者毎にカスタマイズされたNW実験環境を提供
 - NICT次期中期研究計画のIoTエッジコンピューティング基盤での活用を計画中



NWサービス領域の事業者間エコシステム

通信事業者、サービス・プラットフォーム事業者、コンテンツ事業者が連携・協調し、帯域・遅延・ユーザ数等の品質要件が異なる多種・多様なサービスを実現

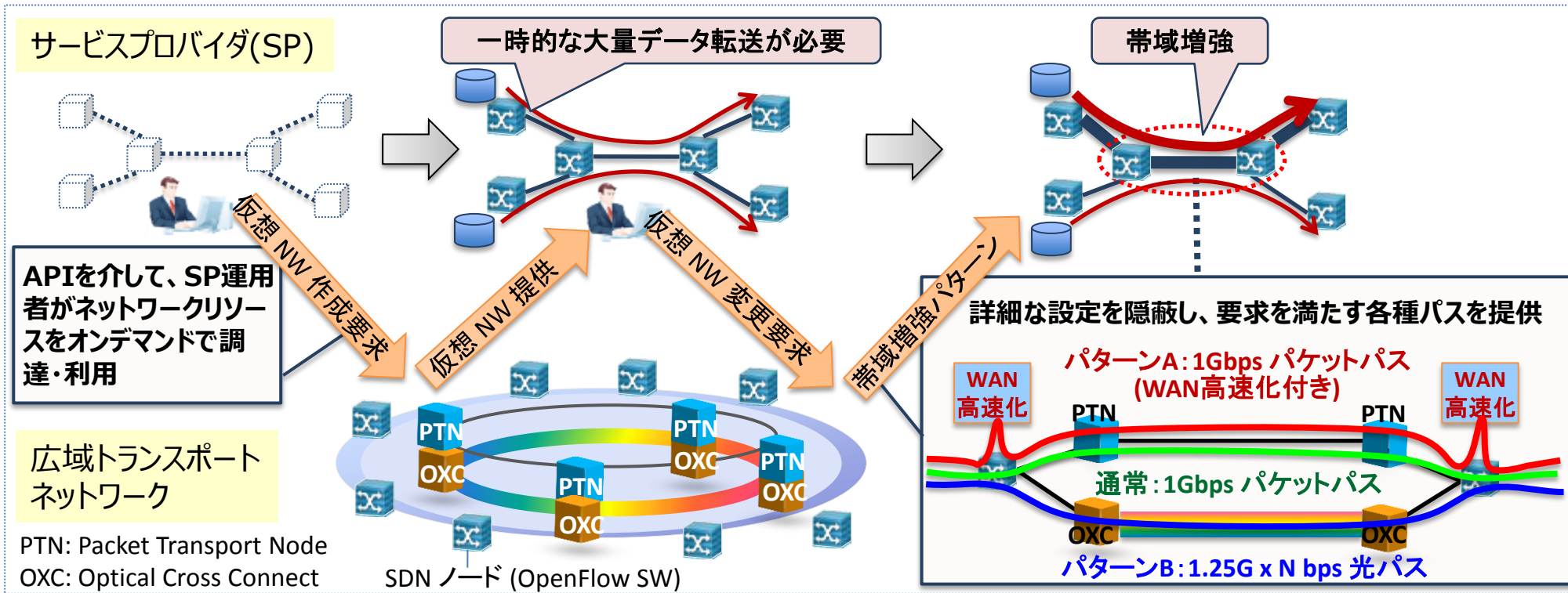


利用者、サービス提供事業者、ネットワーク事業者の全員がwin-winの関係を築くことの可能なシステムであることを実証／デモを通じて提示

デモ実証	利用者	■ 配信環境(ネットワーク、配信サーバ等のスペック)によらず、自分の見たいコンテンツは自分の見たい品質で視聴可能であることを検証・提示
	アプリケーション提供事業者	■ 利用者等のニーズに合わせて、オンデマンドに配信環境を迅速かつ、廉価に構築可能であることを検証・提示
	ネットワーク提供事業者	■ ネットワークの負荷状況等に合わせて、サービス提供事業者に割り当てするネットワークリソースを柔軟に制御可能であることを検証・提示 ⇒ サービス展開・提供の迅速化、及び効率的なリソース活用可能性の提示
大規模実証	■ 1,000クライアント程度の同時アクセスを想定し、同規模のアクセスが発生した場合であっても、安定したコンテンツ配信を行うことが可能であることを検証。 ■ (擬似)ライブ配信環境を提供し、ライブ配信環境においては、コンピュータ・ネットワークリソースをより効率的に利用可能であることを検証。	

実証実験：オンデマンド仮想インフラ構築・変更

- ◆ 物理インフラを持たないサービスプロバイダ (SP) が、仮想的にネットワークリソースをオンデマンドで調達・利用が可能であることを検証
- API を介しての仮想 NW 構成が可能のため、SP は様々なソフトウェアとの連携が可能
- 各種パス構成技術 (1GbpsまでのパケットパスおよびWAN高速化(NFV連携)、1.25 x NGbpsの光直収パス)により、サービス要求に基づく仮想NWパスをオンデマンドに再構成



実証実験：仮想NW上でのサービス制御AP構築

- ◆ 物理インフラを持たないサービスプロバイダ(SP)が、独自付加価値をつけたネットワークサービスをアプリケーションプロバイダ(AP)に提供可能であることを検証
 - サービスプロバイダは、通信事業者・DC 事業者から仮想インフラを借り受けカスタマイズ
 - 仮想インフラのサービスを制御するソフトウェア機能により、独自のネットワークサービス(広域ロードバランス、セキュリティ防御)を付加価値として利用者に提供

専門知識を持たない利用者でも、サービス選択するだけで簡単に仮想インフラを利用可能

利用者 (アプリケーションプロバイダ)

ソフトウェア制御により、仮想インフラに独自 NW サービスを付加

サービスプロバイダA

利用者は、サービスを選択して利用

セキュア
仮想インフラ

スケーラブル
仮想インフラ

DDoS 防御

```
ロードバランシング制御
{
  if (getConns == null) {
    return;
  }
  for (String conId : getConn()) {
    Component getConn =
      system.getConn(conId);
    if (getConn == null) {
      return;
    }
  }
}
```

通信事業者、DC事業者から借り受けた仮想NW、DCスライスを組み合わせて、仮想インフラを構成

DCスライス

DCスライス

DCスライス

仮想 NW

通信事業者、DC事業者

DC

SDN ノード
(OpenFlow SW)

DC

PTN
OXC

PTN
OXC

DC

PTN
OXC

DC

PTN
OXC

DC

通信事業者は、複数 SP からの制御が競合しないよう、NW リソースを管理

DC

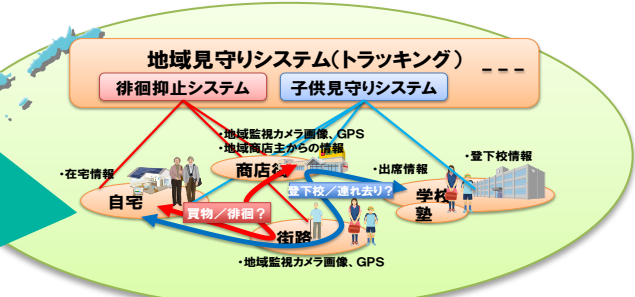
エンドユーザ視点でのSDN利活用ユースケース



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



①ダイナミック多元ライブ映像配信

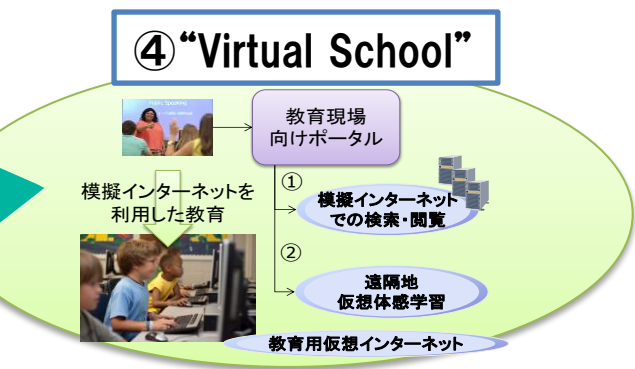


②地域みんなで見守りサービス



③医療関係・遠隔支援

地域MVNO向け
情報サービス提供ポータル
(イメージ)



④“Virtual School”

実証実験：ダイナミック多元ライブ配信

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

カメラを仮想的に
独占し、視聴者個別
の臨場感を演出



ICTインフラ提供者 (MVNO事業者)
:ICTインフラ構築・提供

実証実験：ダイナミック多元ライブ配信

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”

マルチストリームを用いて新しい視覚体験を実感

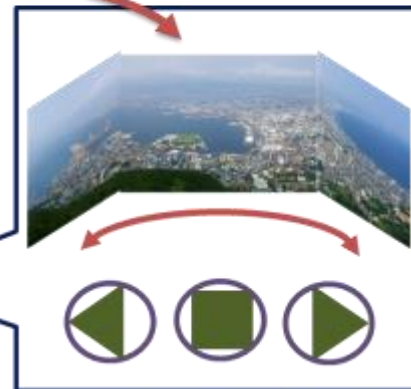
*映像加工、複数ストリーム同期、アングル変更等の機能をネットワークが提供
端末やクラウドに変更を加えることなく、高度なリアルタイム処理で新しいExperienceを提供



今回はパノラマ映像が例ですが、角度や視野の異なる映像をズレなく表示し、多様なバーチャルリアリティを体感することが可能になります



物理資源が有限（配信カメラが一つ）であることを見せつつ、Android 端末経由で個々の見学者が自由に占有している（カメラを操作している）ことを体感いただくことで、これまでにはない SDN による ICT 仮想空間/サービスの構築・占有を理解いただく。



同時多数アクセスでも安定した品質で映像配信

高度処理機能の可能性の提示：SDNのノードでのパケットコピー機能等の活用による同報容易性の提示本機能がスケラブルに活用可能であることを提示

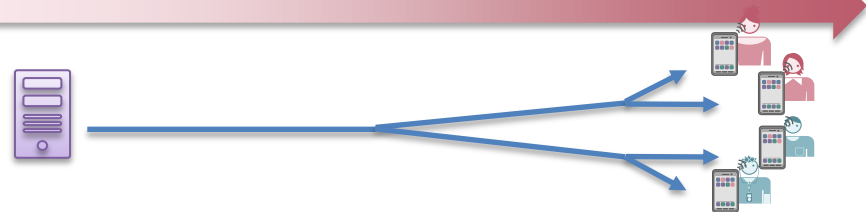
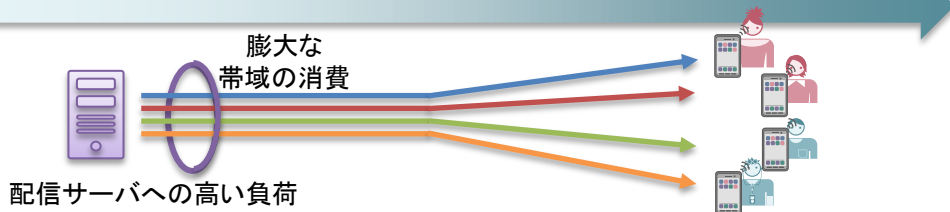
主たる対象者	現在の課題(SDNなし)	将来像(SDNあり)
一般利用者 (サービス利用者)	人気のあるコンテンツにはなかなかアクセスできない、できてもすぐ止まる、映像が乱れる	人気のあるコンテンツでも、 いつでも安定した高品質な映像を視聴可能
アプリケーション 提供事業者	急激な需要変化に対応するのが困難	急激な需要変化に対して柔軟に対応可能 (ネットワーク、サーバ等のリソース増強が不要) ※ リアルタイム(放送型)配信の場合



同時視聴数が増えるに従い品質が劣化



同時視聴数が増えても安定した品質で配信



4.まとめ

まとめ

- 広域網を対象としたSDN基盤技術は、マルチレイヤ・マルチドメインの広域ネットワークに関わる全ての事業者には様々なメリットを提供可能
 - 新アプリの迅速導入、付加価値機能カスタマイズ、オンデマンド資源融通など
- 各事業者は、ビジネス機会を逃がすことなく新サービスが迅速展開可能

コンテンツ事業者

独自のアプリケーションをエンドユーザに提供

ネットワーク／システムの専門知識を有さない事業者であっても、簡単に必要なリソース(ネットワーク／システム)を調達・利用可能になります

サービス・プラットフォーム事業者

通信事業者から借り受けた仮想インフラに独自の付加価値機能を付与し、コンテンツ事業者に提供

物理資源を持たなくても、制御機能のプログラマビリティにより、独自のICT処理機能を付加価値として、利用者に提供可能になります

通信事業者

PF事業者の要求を充足する仮想インフラをオンデマンドに提供

物理インフラ上のリソースを組み合わせ、プラットフォームの要求を満たす仮想ネットワークをオンデマンドかつ効率的に提供可能になります