

**総務省委託研究
「ネットワーク仮想化技術の研究開発」成果報告**

**「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」**

平成26年3月14日

岩田 淳

日本電気株式会社（代表研究機関）

日本電信電話株式会社

NTTコミュニケーションズ株式会社

株式会社日立製作所

富士通株式会社

□本研究開発の背景と目的	2
□ユーザ指向型SDNを目指すO₃プロジェクト	9
□平成25年度の研究開発成果	13
□本日の展示のご案内	27

本研究開発の背景と目的

● サービスの変化(LifeCycleの短期化)

- クラウドサービスの拡大・スマートフォンの普及により、サービス利用者が急増、サービスへのニーズも多様化。短期間で多数のサービスを入れ替えるケースが増加

● 利用形態の変化(Global Optimization、Collaboration)

- ビジネスのグローバル化にともなう海外拠点の開設、国内外の拠点間でのネットワークサービス活用の最適化
- 業界内クラウドや異業種コラボレーションにより、クラウドサービス間を連携するケースが増加

- ネットワーク間・レイヤ間の調整を伴うため、
ネットワークサービスの**構築・運用・撤収に時間がかかる**
- レイヤ単位で資源が最適化されているため、
特性の異なるサービス単位での**資源活用の最適化が困難**
- ネットワーク間・レイヤ間にまたがり、異なるサービス(新旧、
異業種)間を**柔軟に相互接続・マイグレーションできない**
- ベンダの機器に依存したネットワーク構築(Vendor-Defined Networking)のため、**運用管理を統合することも困難**

- Lifecycleの短期化への対応
⇒ネットワークサービスの**迅速な構築・運用・撤収**
- Global Optimizationへの対応
⇒**資源の効率的な活用**による、広域にわたるネットワークサービス活用の最適化
- Collaborationへの対応
⇒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**
- Vendor-Defined Networkingからの脱却
⇒**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

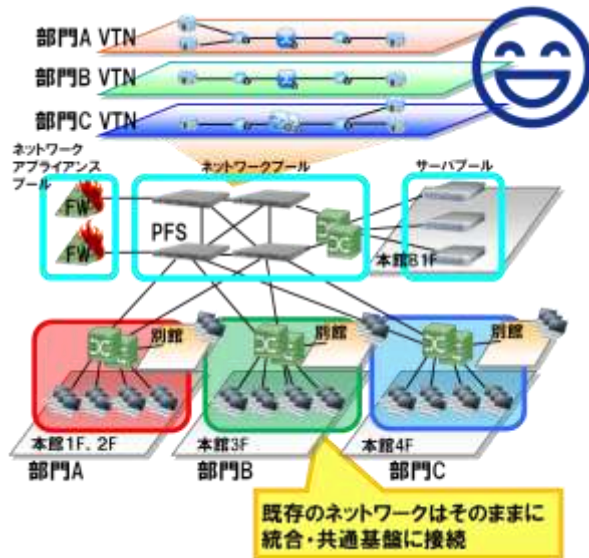


SDN技術の広域化により解決

SDN技術の現状の適用例



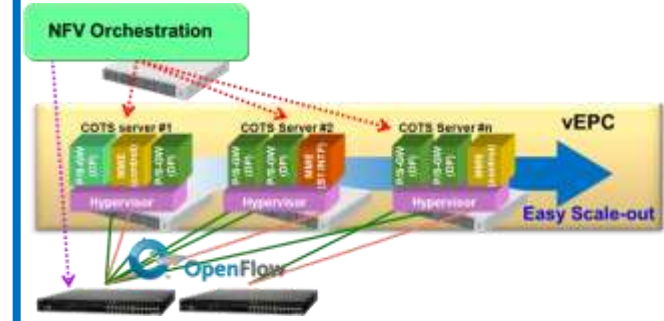
エンタープライズ



データセンタ



モバイルコア



既存のネットワークに
影響を与えず、セキュアな
統合・共通基盤を構築

グローバルに分散する
データセンタをリモート管理、
サービス構築時間を短縮

負荷変動に応じた柔軟な
リソース追加により、
効率的な利用を実現

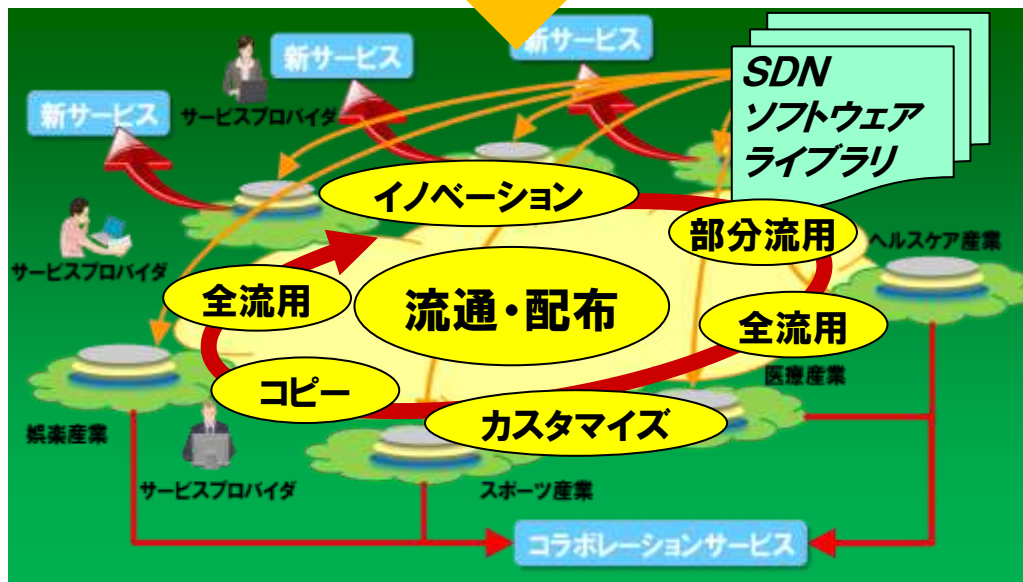
SDN技術の広域化により実現される世界



- オーケストレーションが**完全ソフトウェア化・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**が実現される

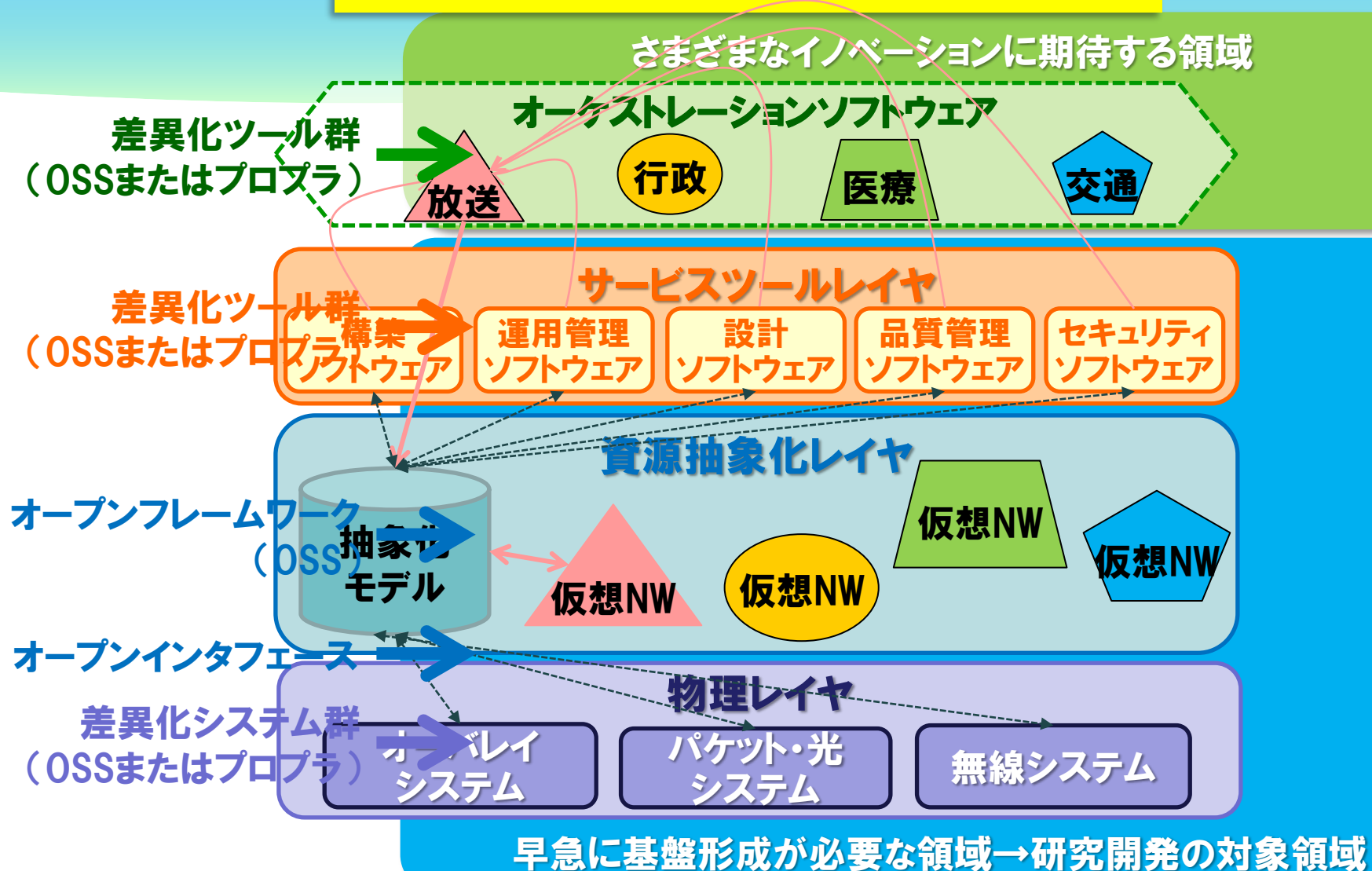
流通異業種間クラウドサービスの連携がソフトウェアの流通・交換で即時に実現される世界

世界共通品質・性能の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



期待する実現イメージ

オブジェクト定義型ネットワークの実現



ユーザ指向型SDNを目指す O₃プロジェクト

プロジェクトコンセプト

- Open(オープン性)
 - 開発成果のオープン化(2014年度中の公開を予定)
 - 国内外の産官学が参加する世界中のコミュニティにおける活用
- Organic(中立性・有機的)
 - 多様な目的を持つすべての利用者に成果を提供する中立的な活動
 - 広域ネットワークを有機的に連携
- Optimum(最適化)
 - すべてのレイヤを通じて資源を有効に活用し、サービスやネットワークのコストや品質、および性能を最適化

オープンかつユーザ指向型SDNの実現に向けて



ユーザ参加を可能とするオープンイノベーションネットワーク基盤を通じたユーザ指向型SDNの実現をめざし、①**オープン化**（オープンソースソフトウェアの迅速な開発と流通）、②**国際標準化**（デファクト化）、③**実用化・製品化**を推進します。

O₃ Project



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**ユーザ指向型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

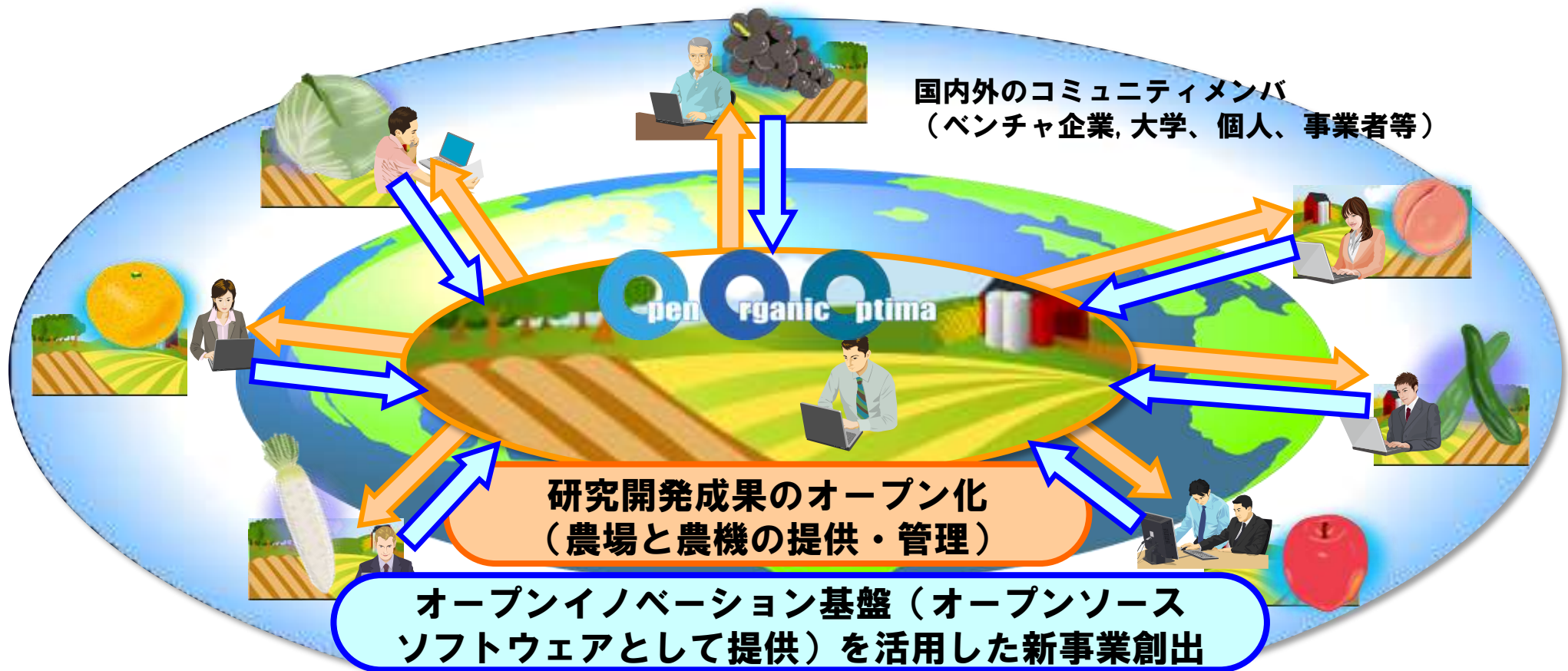
③実用化・製品化

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 プロジェクトが実現するオープンイノベーション農場

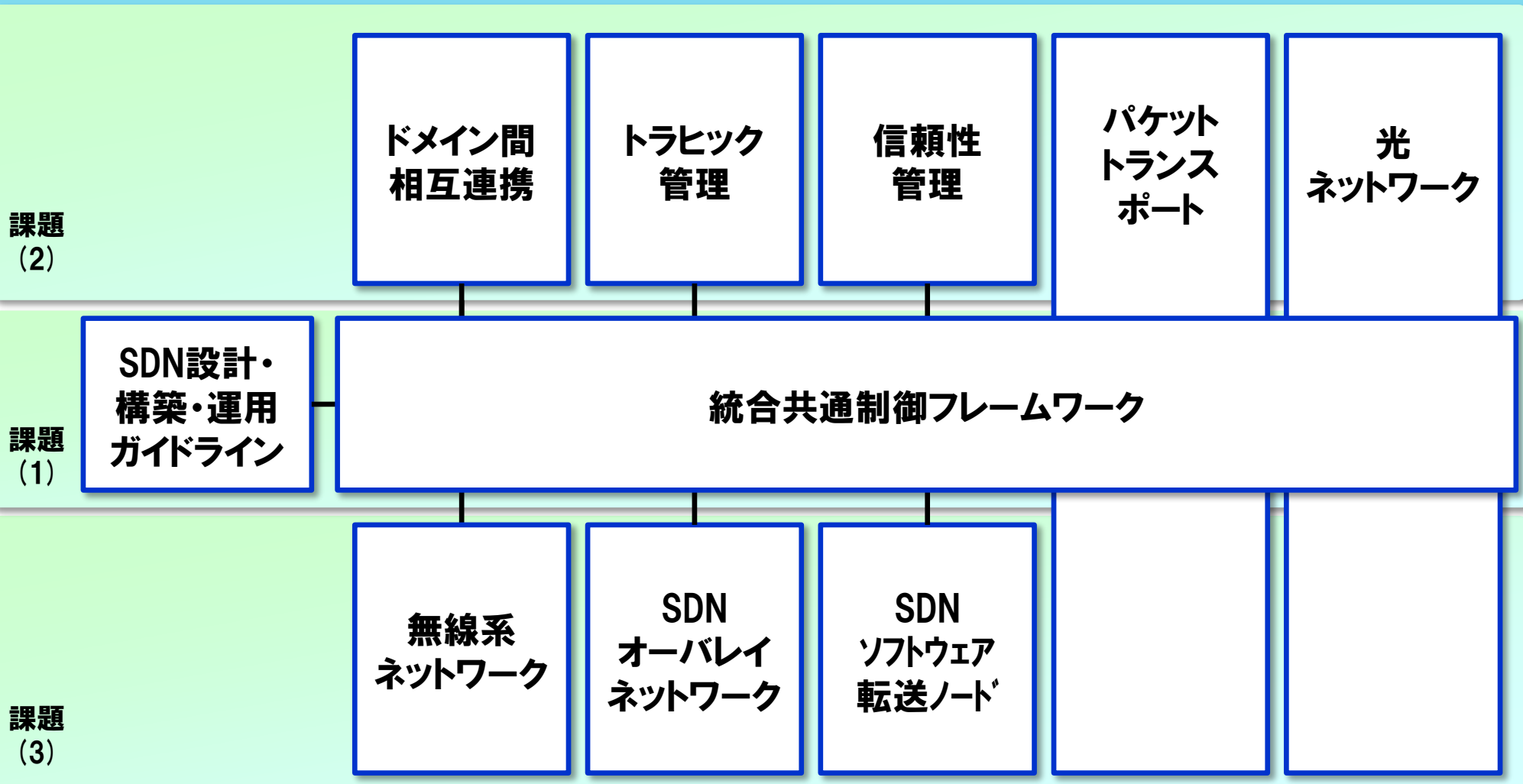
pen rganic ptima

- O₃はいわゆる**オープンな農場と農機を提供**
 - ユーザ、イノベータは農場と農機を使って作物を育て農業ビジネスを行うように**アイデアやイノベーションを創出**
 - また、これらの農場・農機を用いたイノベーション・アイデアを**自由にビジネス化**することが可能



平成25年度の研究開発成果

O₃の課題 全体像



SDN設計・構築・運用ガイドライン

◆技術の効果

1,000ノード・100仮想ネットワークの実現に向けたネットワークの設計や構築・運用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)**、**評価指標(迅速性、柔軟性、自動化等の観点)**、及び**評価手法**等についてまとめたガイドライン。SDNを適用する際の指針。



設計ガイドライン案

- ・公衆網への適用を想定した目次案を作成
- ・各社のヒヤリングを元にガイドライン案を作成

机上検討

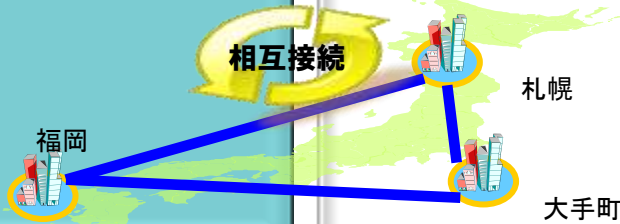


設計ガイドライン案

ガイドライン追記

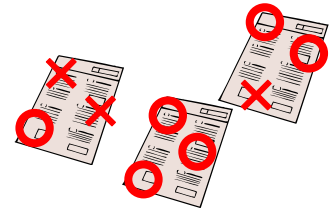
- ・連携検証環境を構築
- ・相互接続環境を構築

- ・技術評価を実施



ガイドライン完成

評価結果をもとに
ガイドライン作成



構築・運用ガイドライン案

- ・各ガイドラインの目次案、項目案を作成

机上検討



ガイドライン追記

個別評価
プログラム

評価手法の確立



要素技術ごとの
基本検証評価



テストベッド上でSDNの試験運用
による検証手法の評価を実施

ガイドライン完成

評価結果をもとに
ガイドライン作成



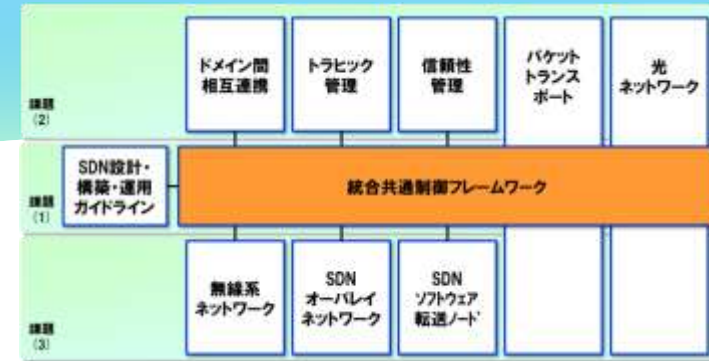
◆成果：SDN設計ガイドライン案・SDN構築運用ガイドライン案の骨子を完成

統合共通制御フレームワーク



◆技術の効果

- ・統一化されたモデルで異なる物理ネットワークを仮想化することで、複数の異なるネットワーク資源を効率的に活用し、多様なサービスの要求に応えつつ、**サービス提供までのリードタイムを短縮**。
- ・異なる種類の物理NWが階層的に統合されたNWにおいて、各物理NW特有の制御機能を活用可能としつつ、**仮想NWの設定変更を統合的に実現**。

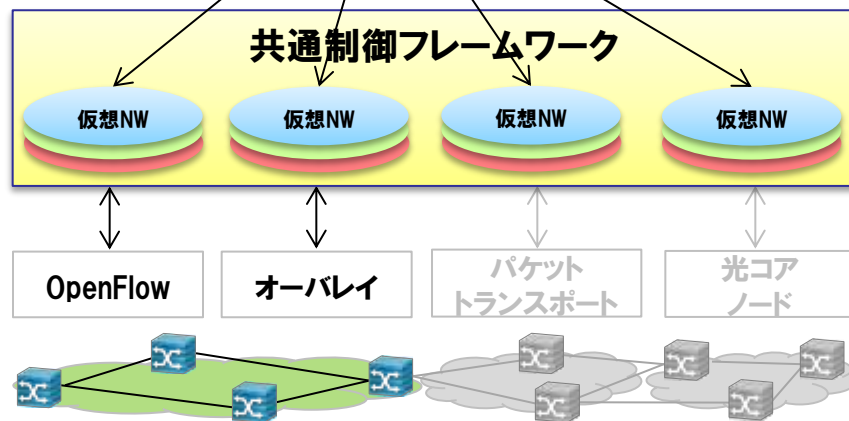


本年度

統合的なNW可視化

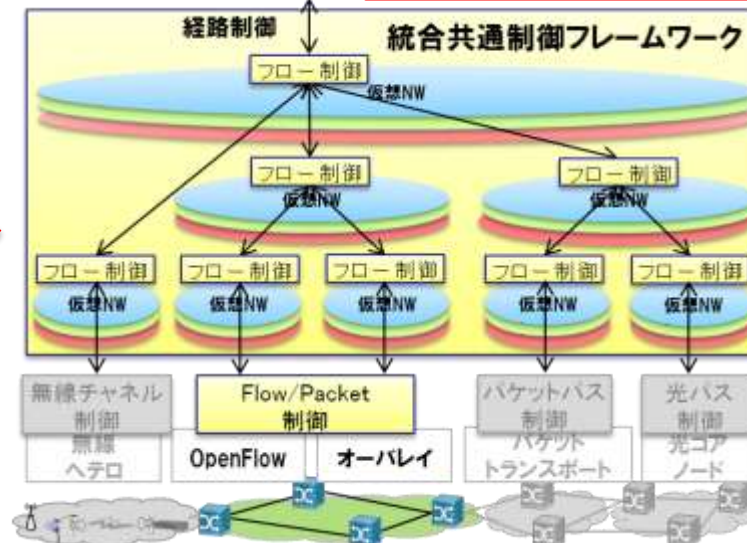
分単位の仮想NW制御

統一化されたモデルで異なる物理ネットワークを仮想化



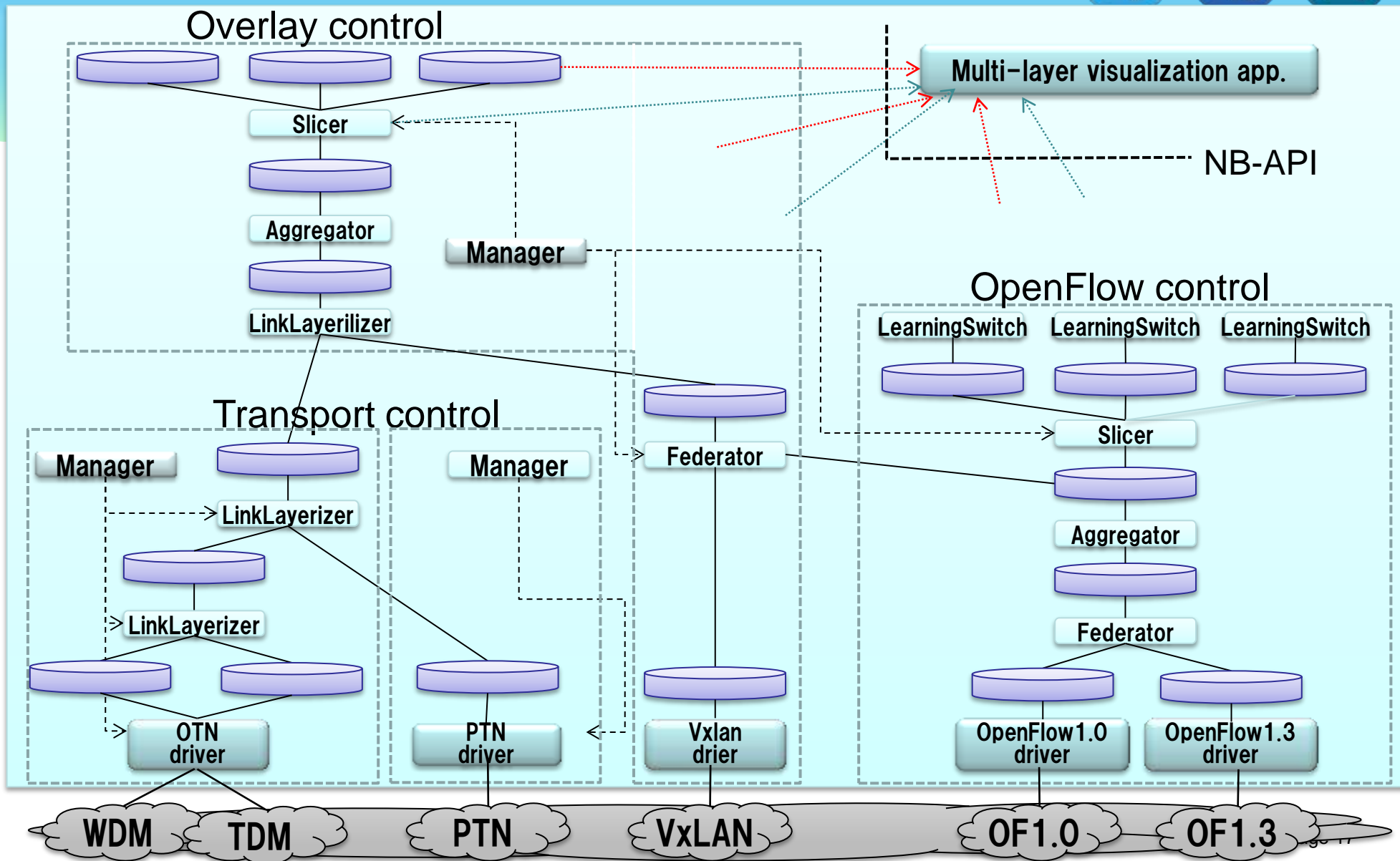
来年度以降

複数の仮想ネットワークが階層化された統合ネットワークを管理でき、その上で統一された制御によって各ネットワーク特有の制御を実現可能



◆成果：共通制御フレームワークを実装し、複数NW (OpenFlow/オーバレイ/PTN/光) の可視化を試作 16

具体的なマルチネットワーク接続POC

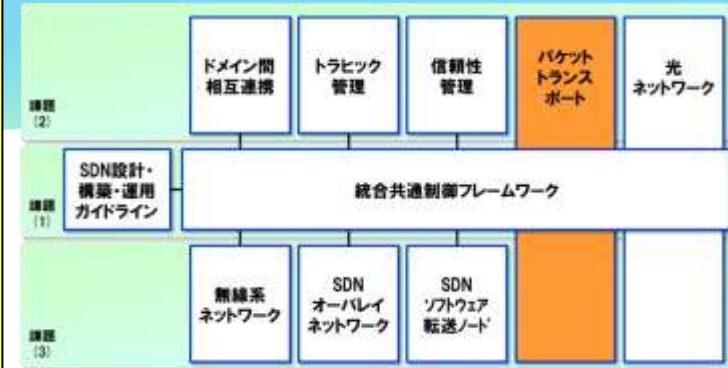


パケットトランスポート



◆技術の効果:

- ・1,000台規模のノードで構成されるキャリアネットワークにおいて、クラウド環境でサーバリソースを迅速に提供できるのと同様、**迅速にネットワークやサービスを提供可能。**
- ・複数レイヤから構成されるパケット多重ネットワーク上において、100以上の仮想ネットワークが構成された環境における大規模(多重)障害からの復旧を、**従来比1/10の時間(10秒程度)**で実現。



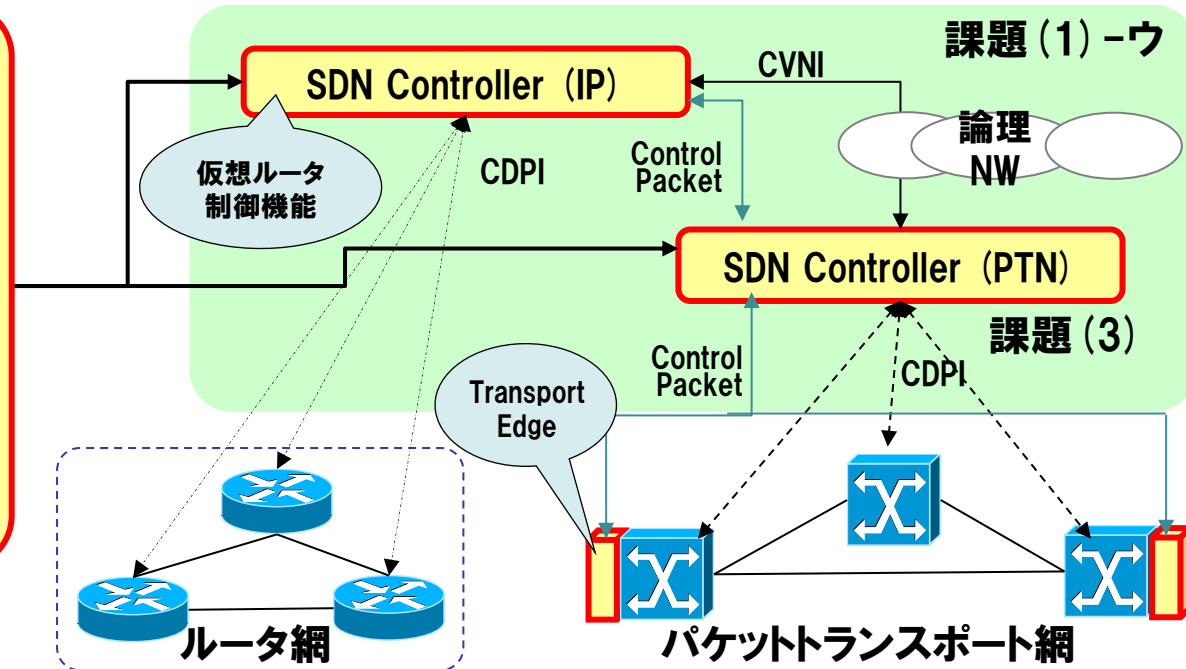
課題 (2) Multi-Layer Orchestrator (MLO)



黄色 : 本年度取組み部

CDPI: Control Data Plane IF
CVNI: Control Virtual NW IF

③警報状態表示
⇒今後、警報の絞り込みを実施予定。



◆成果:パケットトランスポートノード制御、統合管理ビューワを試作

光ネットワーク

◆技術の効果:

パケットレイヤと光コアレイヤとの統合管理・制御により、

- ・エンドユーザの要求の変化に迅速に追従可能となり、**エンドユーザの通信コストを削減**する。
- ・通信キャリアのNW資源の利用率が向上し、**機器調達コストと電力使用量が削減**される。



Before

レイヤ毎に独立管理・制御

After

複数レイヤの迅速な統合管理・制御

エンドユーザの要求に
合わないこともあった



広帯域+冗長付
が必要なのだが...

固定メニューのみ用意

メニューA
・広帯域
・低遅延

メニューB
・冗長付
・セキュリティ

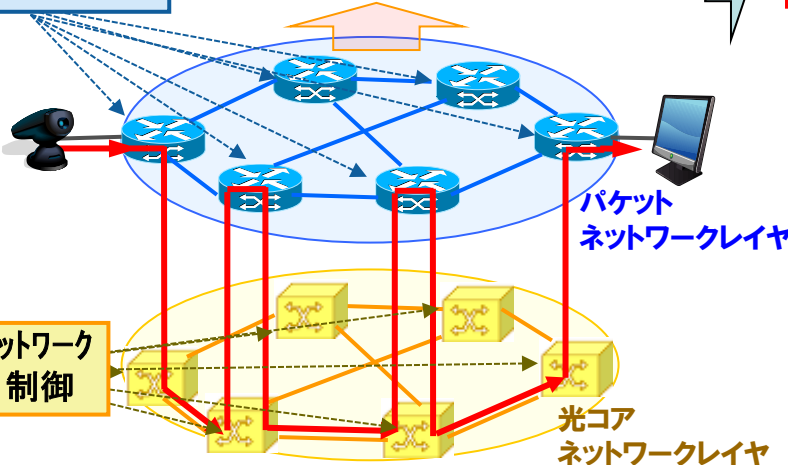
パケットネットワーク
管理・制御

NW管理者

レイヤ毎の
管理・制御

光コアネットワーク
管理・制御

NW管理者



エンドユーザの要求に
過不足ないNWを提供

エンドユーザA

エンドユーザB

低遅延
低価格
冗長付

広帯域
セキュリティ
冗長付

NW管理者

一元的ネットワーク
管理・制御

低遅延
低価格
冗長付
広帯域
セキュリティ
仮想リソースプール

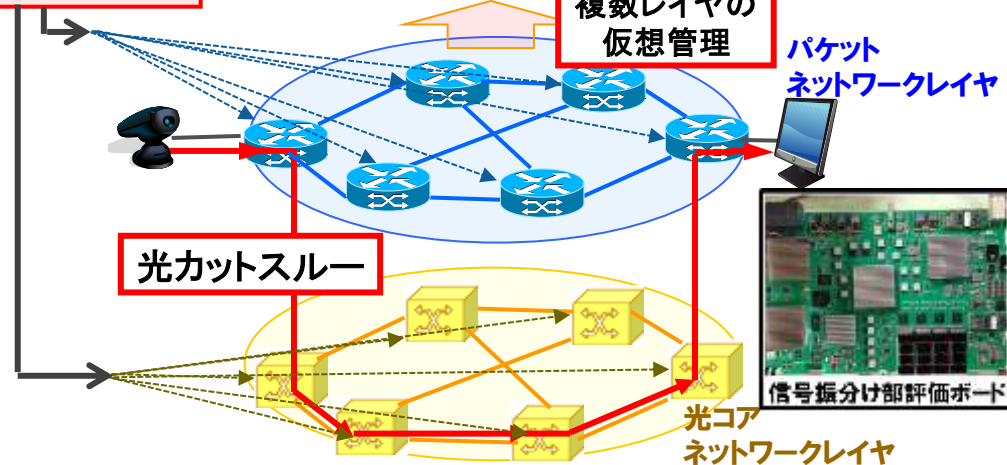
複数レイヤの
仮想管理

パケット
ネットワークレイヤ

光カットスルー



光コア
ネットワークレイヤ

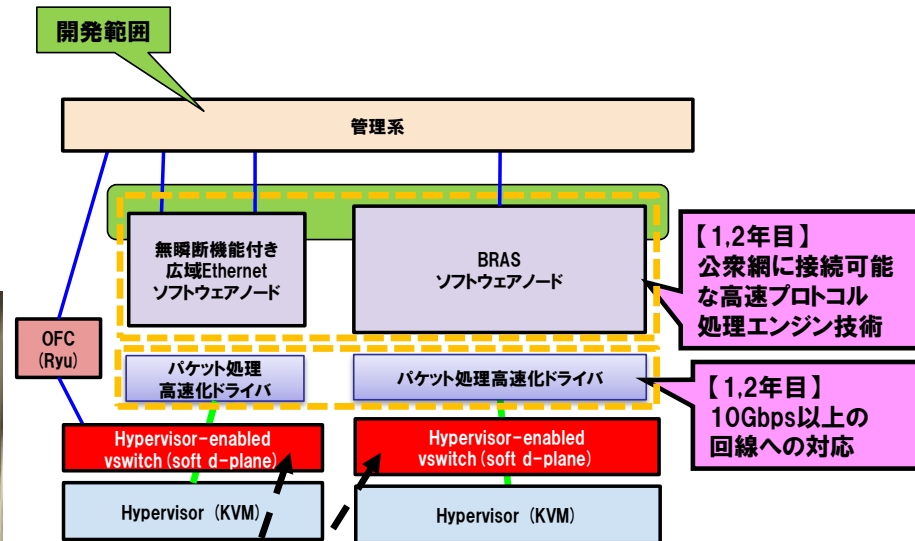
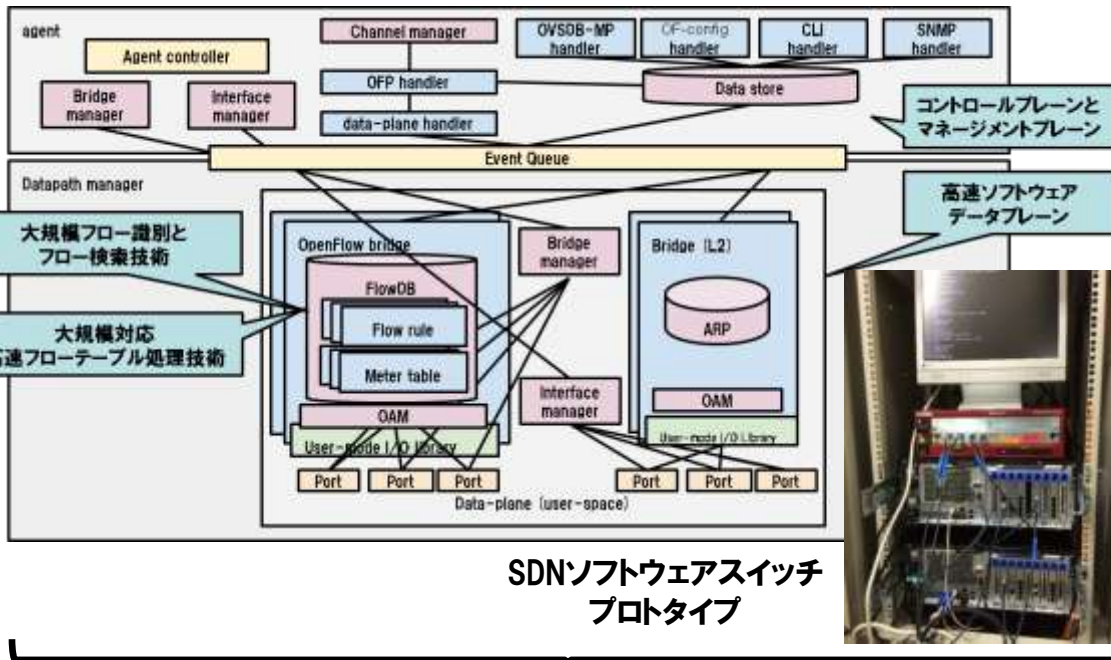
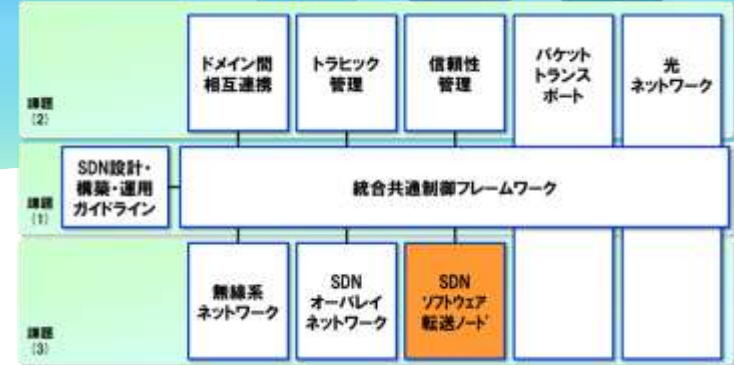


◆成果: 1000台規模のNWでの設定変更を10分以内に完了。信号振り分け部評価ボードを試作

SDNソフトウェア転送ノード

◆技術の効果:

- ・SDNソフトウェアスイッチの広域ネットワークエッジへの展開を実現。ソフトウェアの柔軟性を活かし、広域ネットワークエッジにおいてネットワークの**新サービスや新プロトコルが早期に実現可能**。
- ・大規模網での運用に耐えうる処理性能と機能を有し、将来予想不可能なネットワークの変化に対応するため**拡張性と迅速性を併せ持つ**、ソフトウェアベースの通信ノードを提供する。



◆成果: 100万フロー対応のSDNソフトウェア転送ノードを試作。性能評価中

pen organic ptima

Figure 1: SDN Architecture Framework. The diagram illustrates the layers of SDN architecture. At the top is the '光ネットワーク' (Optical Network). Below it is the '統合共通制御フレームワーク' (Unified Common Control Framework), which is connected to 'ドメイン間相互連携' (Inter-domain Collaboration), 'トラヒック管理' (Traffic Management), '信頼性管理' (Reliability Management), and 'パケットトランスポート' (Packet Transport). Below the unified framework is the 'SDN設計・構築・運用ガイドライン' (SDN Design, Construction, and Operation Guidelines). At the bottom are three network types: '無線系ネットワーク' (Wireless Network), 'SDN オーバレイ ネットワーク' (SDN Overlay Network), and 'SDN ソフトウェア 転送ノード' (SDN Software Forwarding Node).

The diagram illustrates a network configuration for testing L2SW (AX-2530) across three parallel setups. Each setup includes a central L2SW unit connected to various components via different network planes and ports.

- Setup 1 (Left):** L2SW (AX-2530) is connected to TMN, REF, VSW3, VSW2, and VSW1(TS) via the M-Plane (5port, 6port, 6port). It is also connected to IX3110 via the C-Plane (6port). IX3110 is connected to MX80 via Copper(1port) and Copper(2port).
- Setup 2 (Middle):** L2SW (AX-2530) is connected to Fukuoka via the M-Plane (1port, 2port, 2port). It is also connected to VSW4(TS) via the C-Plane (2port). VSW4(TS) is connected to IX3110 via the C-Plane (2port). IX3110 is connected to MX80 via Copper(1port) and Copper(1port).
- Setup 3 (Right):** L2SW (AX-2530) is connected to a Test Center via the M-Plane (2port, 2port). It is also connected to VSW5(TS) via the C-Plane (2port). VSW5(TS) is connected to IX3110 via the C-Plane (2port). IX3110 is connected to MX80 via Copper(1port) and Copper(1port).

Additional components and connections include:

- Top:** A blue bar labeled "M-Plane" and "NTTコム殿設備" (NTT Com Corp. Equipment) spans the top of the setups.
- Bottom:** A blue bar labeled "C-Plane" and "NTTコム殿設備" (NTT Com Corp. Equipment) spans the bottom of the setups.
- Right:** A red bar labeled "2port (送受信)" (2port (Transmit/Receive)) is connected to the Test Center.

21

無線系ネットワーク

◆技術の効果:

無線ネットワーク上において複数の仮想ネットワークを収容しつつ、トラフィックデマンドや無線リンク帯域の変動によらず、音声呼などの高優先トラフィックの劣化を抑えることが可能となる。

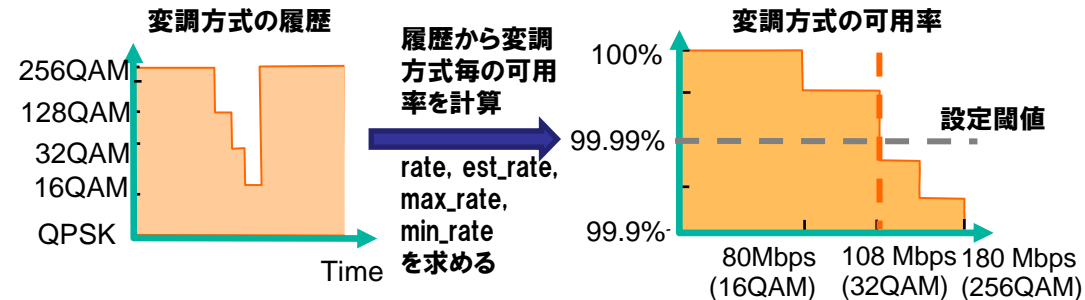


無線トランスポートのモデル化を完了

無線トランスポート特有のパラメータ

送信・受信周波数、チャネル幅、使用可能な変調方式

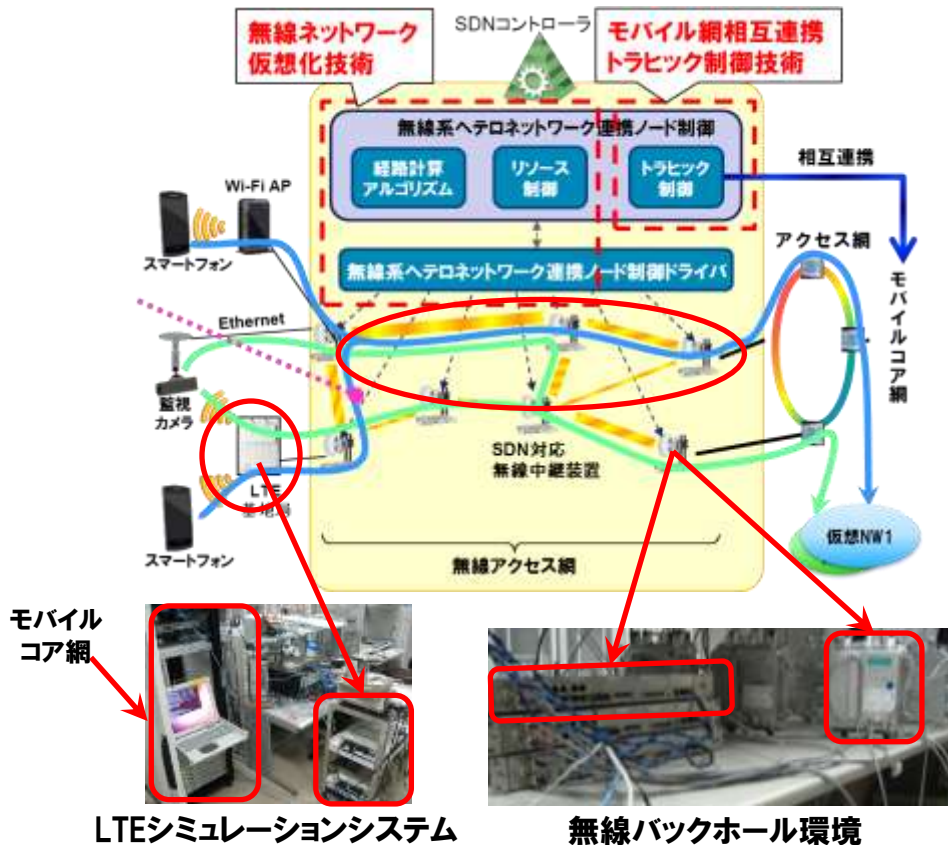
+ 無線トランスポートの過去の履歴



閾値以上で一番良い変調方式の伝送レート: rate、過去の最高・最低値: max_rate, min_rate
※伝送レート計算には取得パラメータを使用

上位SDNコントローラで無線リンクを扱うために、現帯域、推定帯域、最大帯域、最小帯域の5パラメータに抽象化

rate = 180Mbps(@256QAM),
est_rate = 108Mbps(@32QAM), availability = 0.99995
max_rate = 180Mbps(@256QAM), min_rate = 80Mbps(@16QAM)



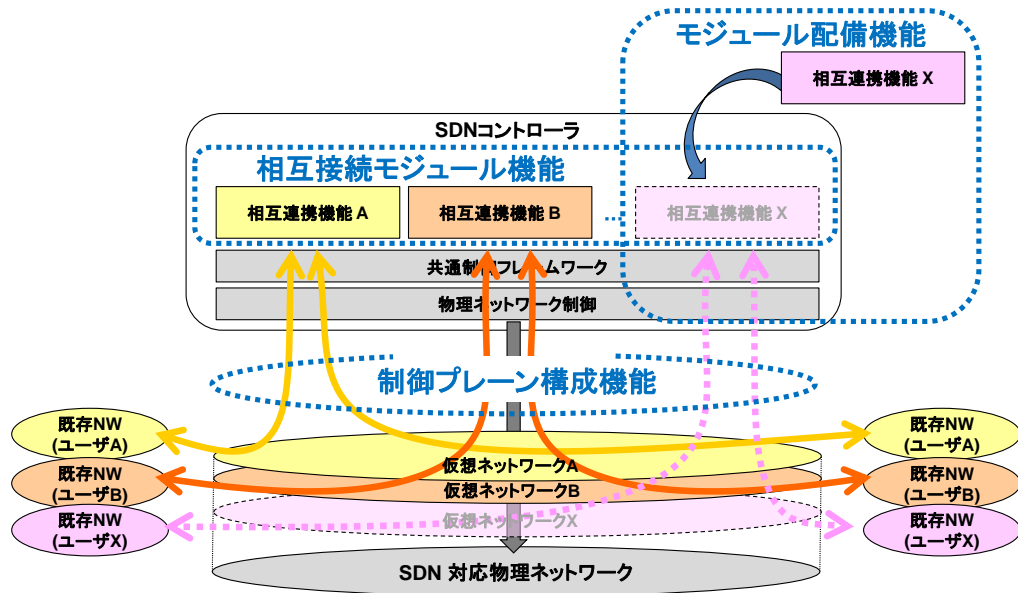
◆成果: 無線トランスポートリンクのモデル化と無線ネットワーク上での経路制御手法を確立

ドメイン間相互連携



◆技術の効果

1000台規模のノードで構成され、複数種別の仮想ネットワークが動作する環境で、**既存ネットワークとの相互連携を実現**。さらに、ユーザ要求を受付た、あるいは内部状態に変化が生じた場合に、**10分以内での相互連携機能の設定変更完了を実現する**。



仮想ネットワークビュー (100スライス) 仮想ネットワークビュー (スライス詳細)



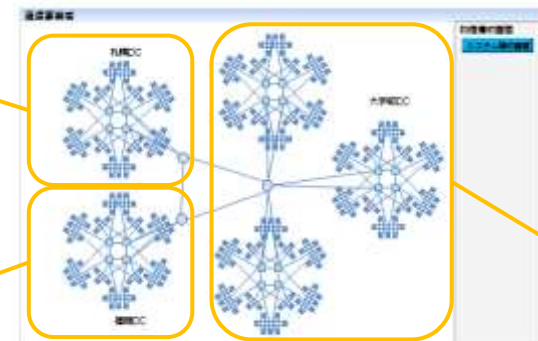
札幌



福岡



スライス作成



大手町



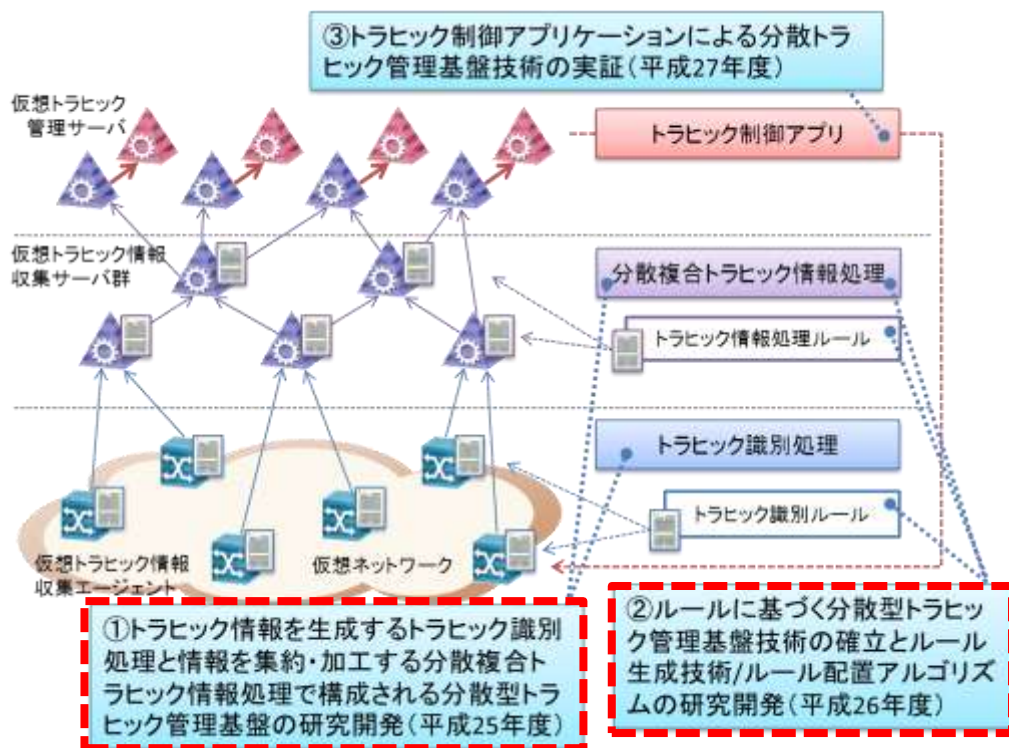
物理ネットワークビュー (1000ノード)

◆成果: 1000ノード、100スライスの環境で既存NWとの相互連携機能の設定を10分以内に実現

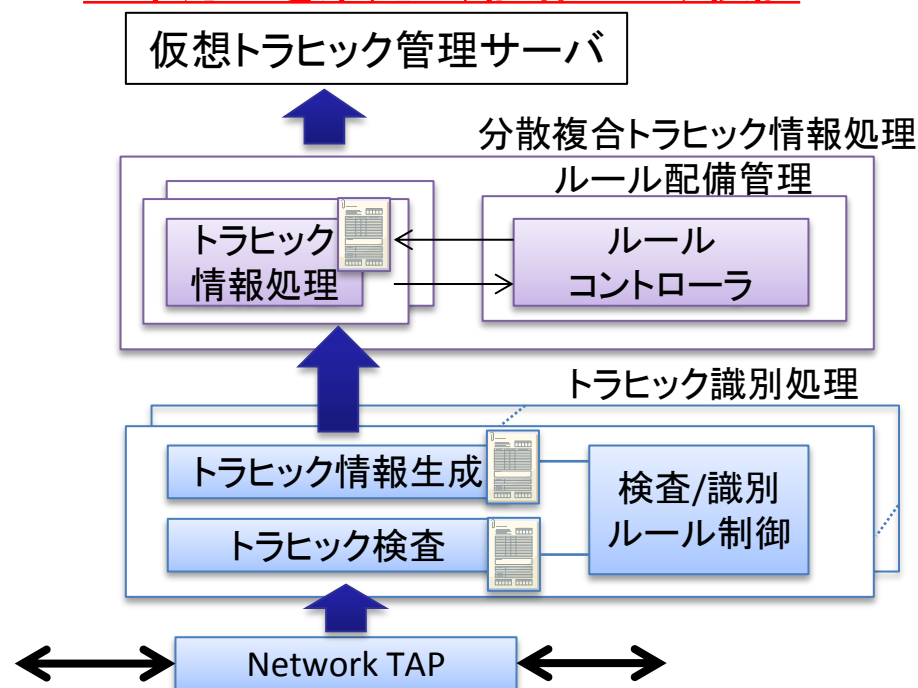
トラヒック管理

◆技術の効果:

大規模ネットワークにおいて、**変化するトラヒック要件に迅速に対応可能なトラヒック管理基盤を実現することにより、多種多様なアプリケーションサービスを安心・安全・快適に提供可能となる。**



分散型トラヒック管理基盤の要素技術の基本方式を策定し、試作により検証

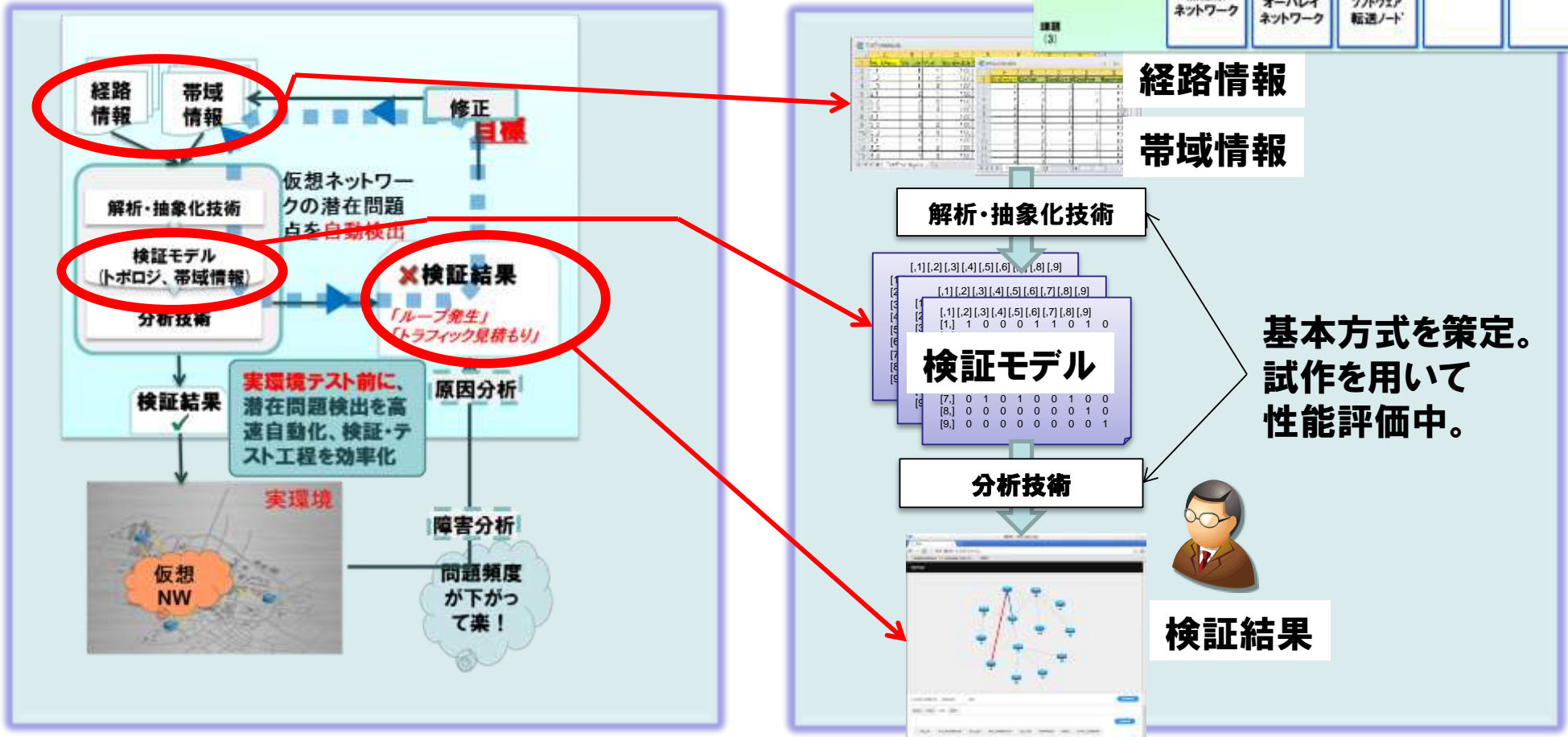


◆成果: 負荷分散の方式検討により、1000台規模のネットワークで監視周期を1/10に改善

信頼性管理

◆技術の効果:

実機配備前に**経路問題**や**帯域問題**を検証する本技術により、SDNを用いたネットワークの高信頼化に寄与するとともに、検証の自動化により、**迅速なネットワークのサービスイン**が可能となる。



◆成果: 仮想NW設計・実配備データの解析・抽象化技術、検証モデルの分析技術の基本方式を策定

● 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

□ 2013年12月

- 無線バックホールのリンク帯域変動に応じた経路制御に関するユースケース提案採用
- 論理的に一つのServing GWを複数のOFSに跨って仮想的に構築するユースケース提案採用
- 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

● 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

● ITU-T

□ 2013年11月

- 光カットスルーを含む、SDNのフレームワークの提案に対しインプット

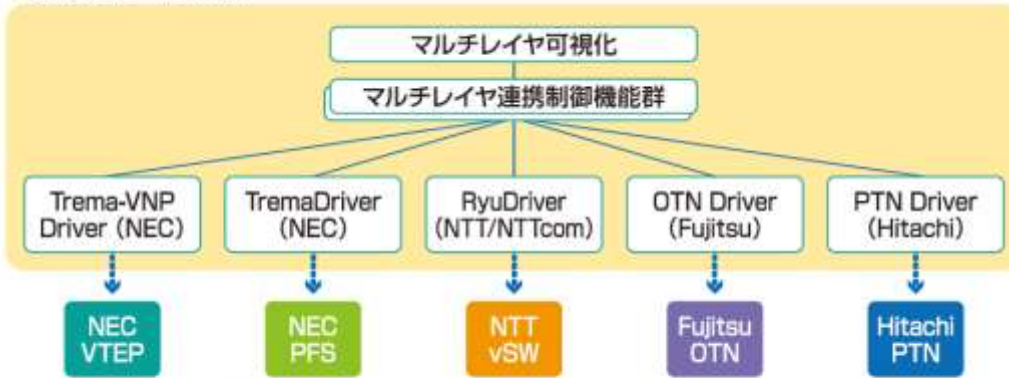
□ 2014年2月

- 2013年11月の提案文書の勧告化に貢献

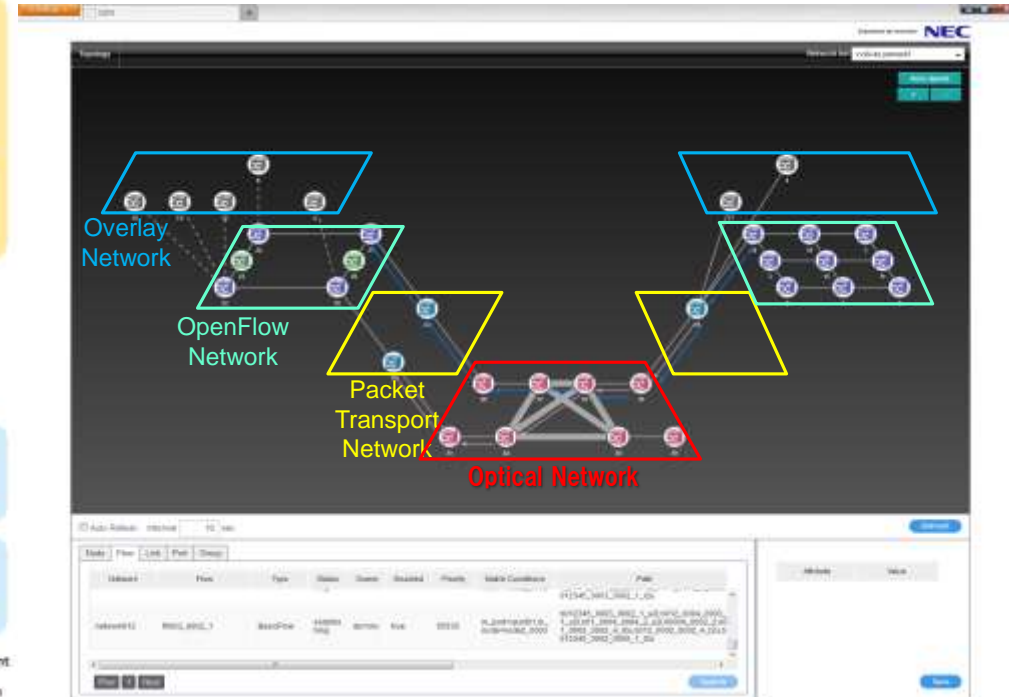
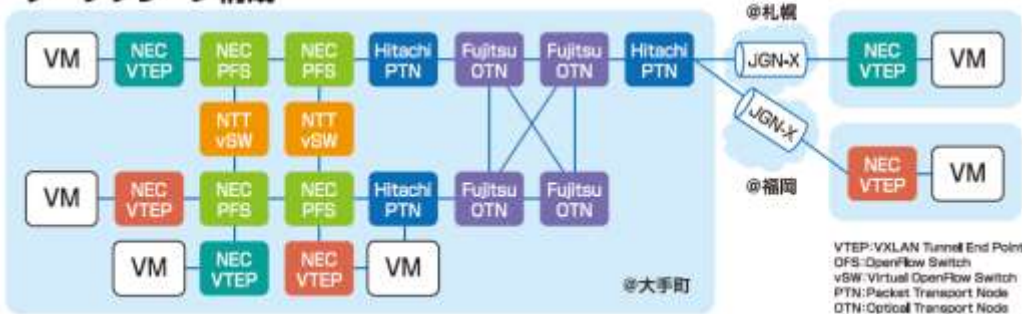
本日の展示のご紹介

- ・ 広域ネットワークの統合管理システム
 - ヘテロジニアスに構成された広域ネットワークを統合管理
- ・ ネットワーク統合可視化GUI
 - ヘテロジニアスなネットワークを統合的に可視化

制御プレーン構成



データプレーン構成



- ・ 簡単な要求による高度なトランスポートネットワーク制御
 - 通信速度や応答時間など、ユーザからの簡単な要求で制御
 - ユーザの要求を満たすために、マルチレイヤのリソースを柔軟に活用



- ・ **広域網向け仮想ネットワーク制御・活用【NEC】**
 - － 1,000ノードから構成される大規模広域網上に仮想ネットワークを迅速に配備
- ・ **効率的なSDNの適用を可能にするガイドライン【NTT-COM】**
 - － 企業がSDNを適用するときの指針となるガイドライン
- ・ **SDN対応ソフトウェアスイッチの大規模・高速化【NTT】**
 - － 10万行の大規模フローテーブル設定時にも10Gbpsの高速パケット処理が可能
- ・ **パケット状況に応じ最適な通信路を提供する光コアノード【富士通】**
 - － 大量のパケットを短時間で転送可能とする光レイヤでのカットスルー技術
- ・ **次世代パケットネットワーク向け運用管理技術【日立】**
 - － オンデマンド型通信サービスや広域災害に強い通信インフラの提供
- ・ **広域ネットワークに対するSDN適用への期待【三菱総研】**
 - － SDNを取り巻く現在の市場の動向



ご清聴、ありがとうございました