光パケット・光パス統合ネットワーク制御とOpenFlowの連携アーキテクチャの提案

（独）情報通信研究機構（NICT）

光ネットワーク研究所：
宮澤高也、古川英昭、和田尚也、原井洋明

テストベッド研究開発推進センター：
大槻英樹、河合栄治

Outline
- 背景 ～光パケット・光パス統合(OPCI)ネットワーク～
- OPCIネットワーク制御⇔OpenFlow連携アーキテクチャ
- まとめ

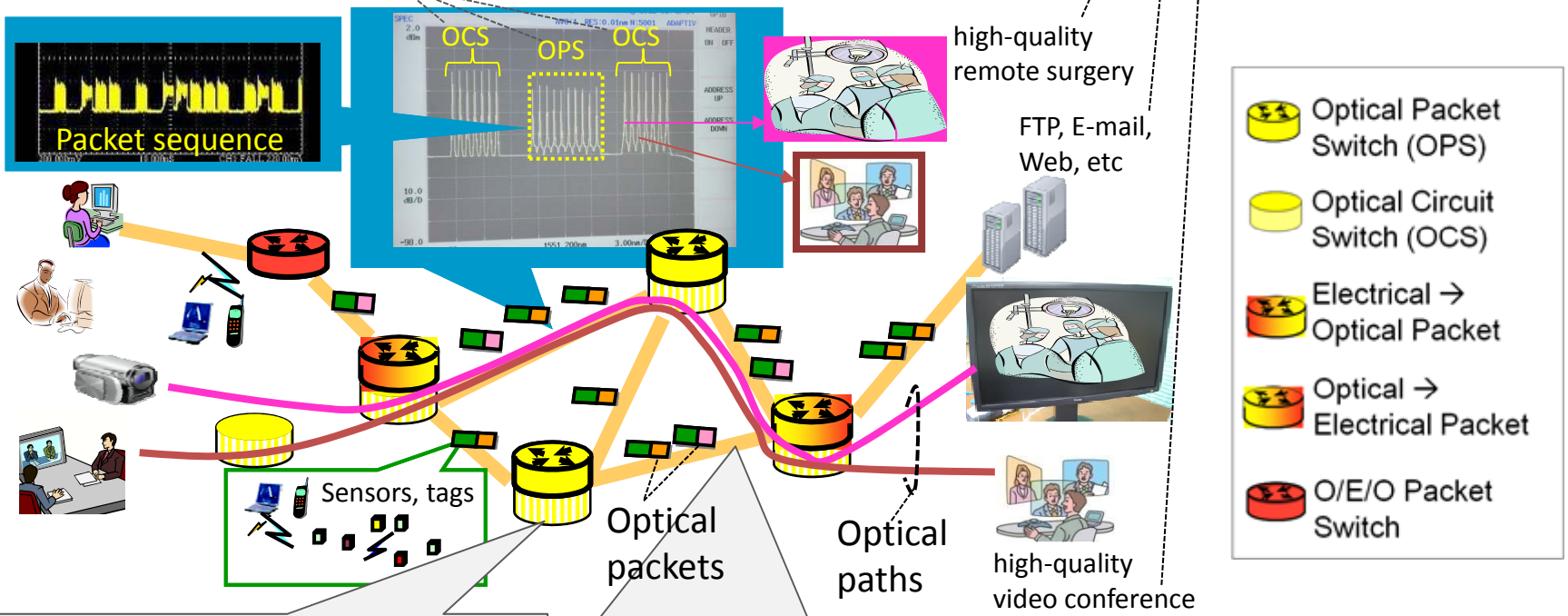
Copyright © NICT. All Rights Reserved.

光パケット・光パス統合ネットワーク　～概要～

Optical Packet and Circuit Integrated (OPCI) Network

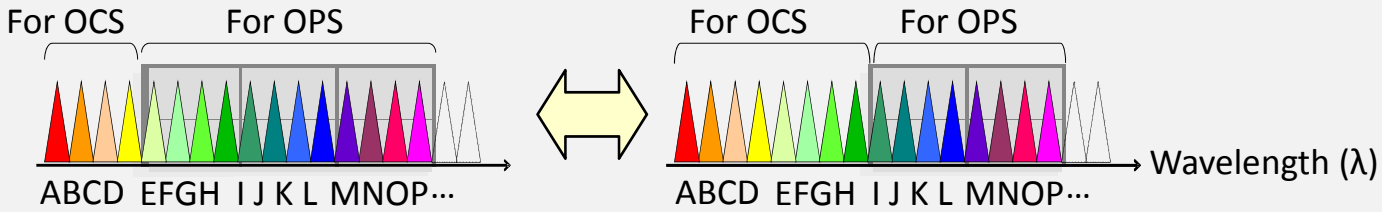
OPS/OCSの制御インターフェース統一化

多様なサービス提供



光交換技術による低消費電力化

OPSおよびOCSへの動的波長資源割当（ノード毎、リンク毎）



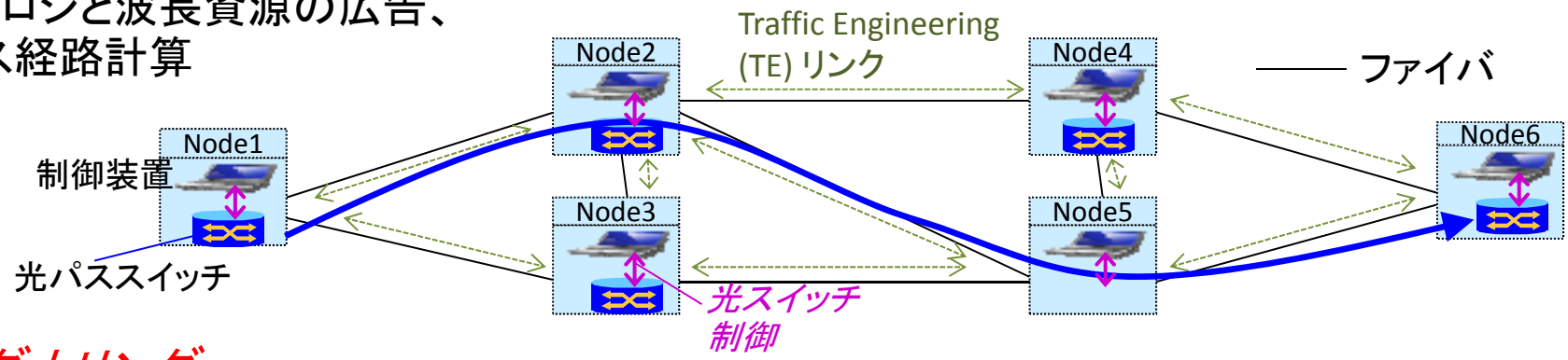
Cf.:
- H. Harai, *IEICE Trans. on Commun.*, Mar. 2012.
- H. Furukawa, et al., *Optics Express*, Dec. 2012.
- T. Miyazawa, et al., *IEEE/OSA J. Opt. Commun. & Networking*, Jan. 2012.

Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

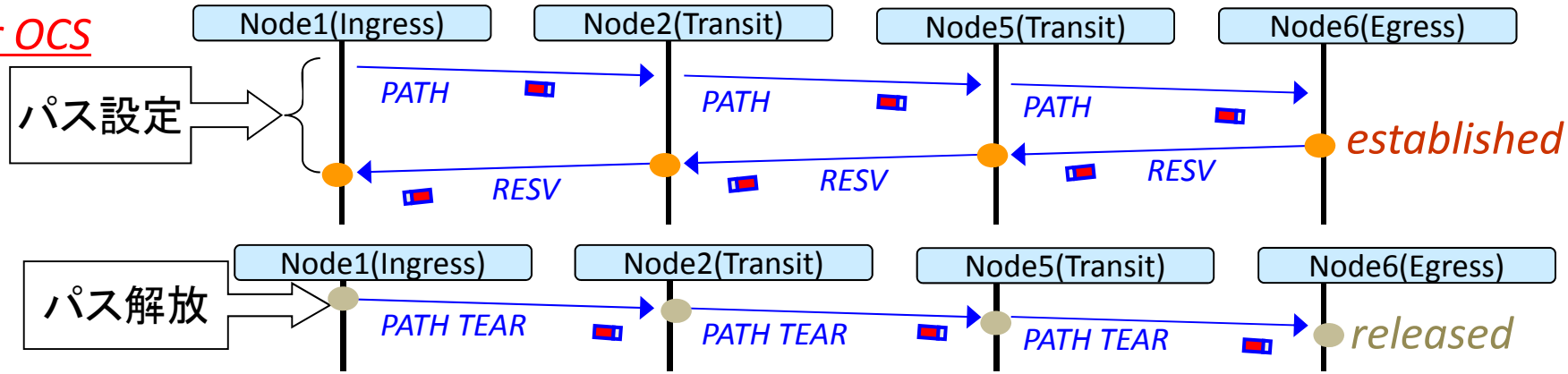
光回線（パス）スイッチング（OCS）　～パス制御機構～

パス経路制御 for OCS

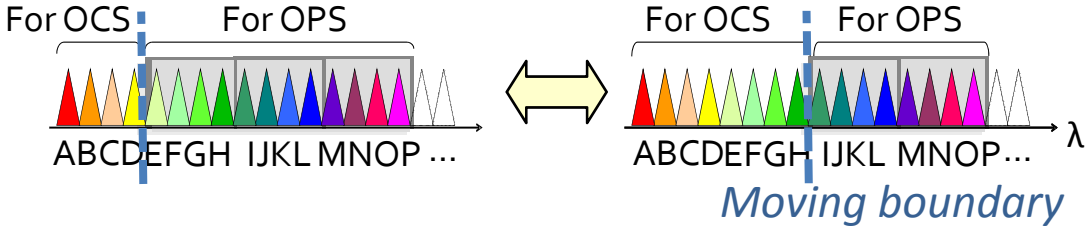
トポロジと波長資源の広告、
パス経路計算



シグナリング for OCS



OPS/OCSへの動的資源割当

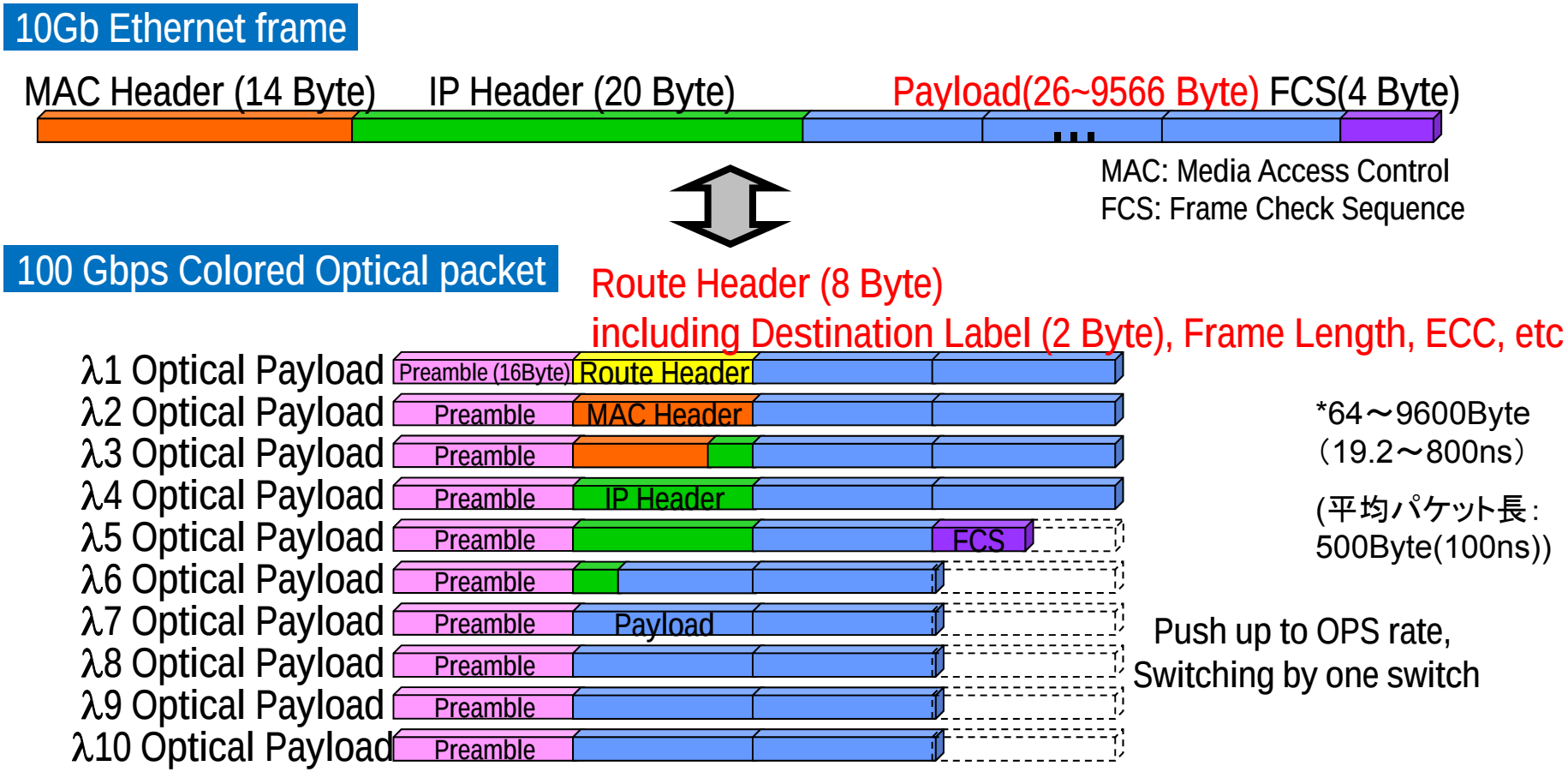


各ノードにて、リンク毎に、
*パス使用状況*に基づいた
自律分散型資源調整

Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

光パケットスイッチング（OPS） ～多波長光パケット～

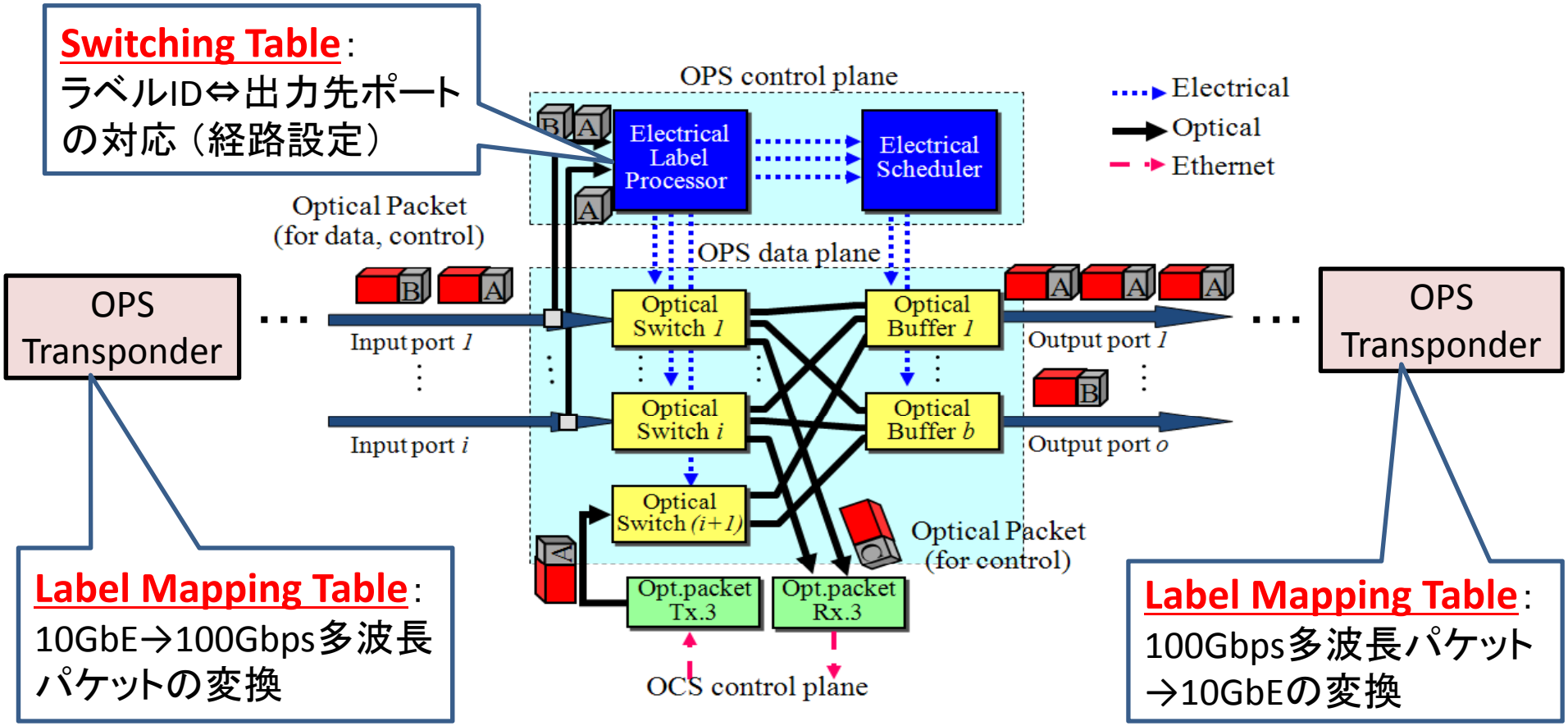
・Clientネットワーク⇔光統合ネットワーク：光パケットトランスポンダにおいて、「宛先IPアドレス⇔光パケット用ラベルIDのLabel Mapping Table」を基に、10GbEフレームと100Gbps多波長光パケットフォーマットを相互に変換
・各ノードでは、光パケット用ラベルIDに基づく光パケット転送



Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

光パケットスイッチング（OPS）

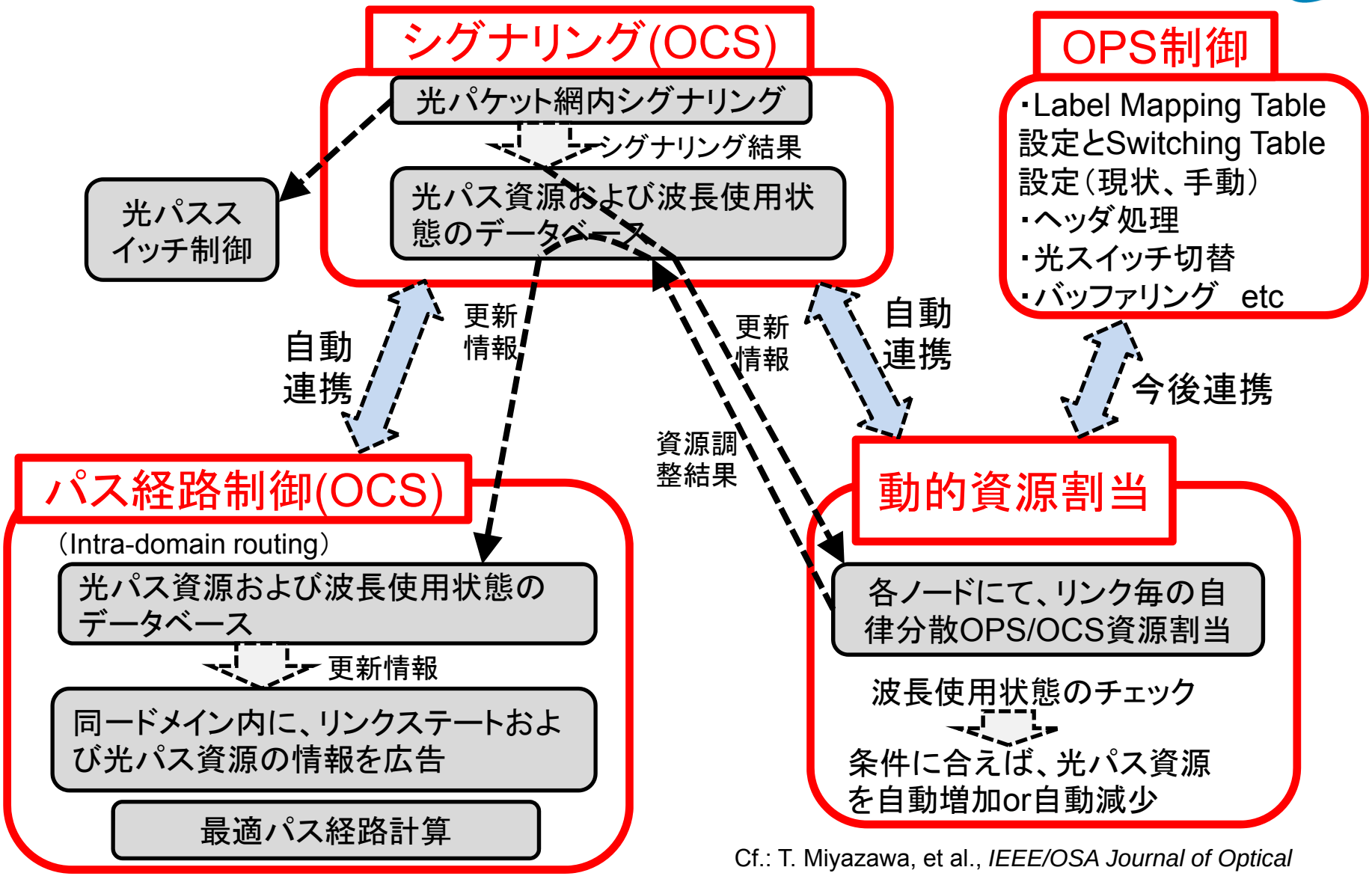
・光パケットトランスポンダにおいて、「宛先IPアドレス⇔光パケット用ラベルIDのLabel Mapping Table」を基に、10GbEフレームと100Gbps多波長光パケットフォーマットを相互に変換
・各ノードでは、光パケット用ラベルIDに基づく光パケット転送



OPSシステム構成概略図

Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

OPCIネットワーク　～自律分散制御機構の研究開発～

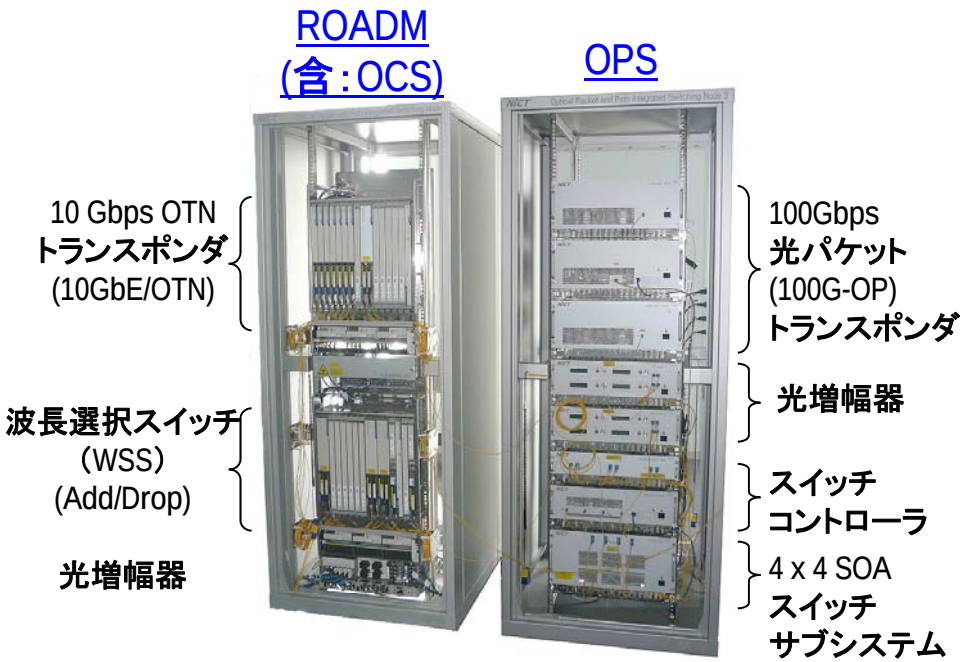


Cf.: T. Miyazawa, et al., *IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking (JOCN)*, vol.4, no.1, pp.25-37, Jan. 2012.

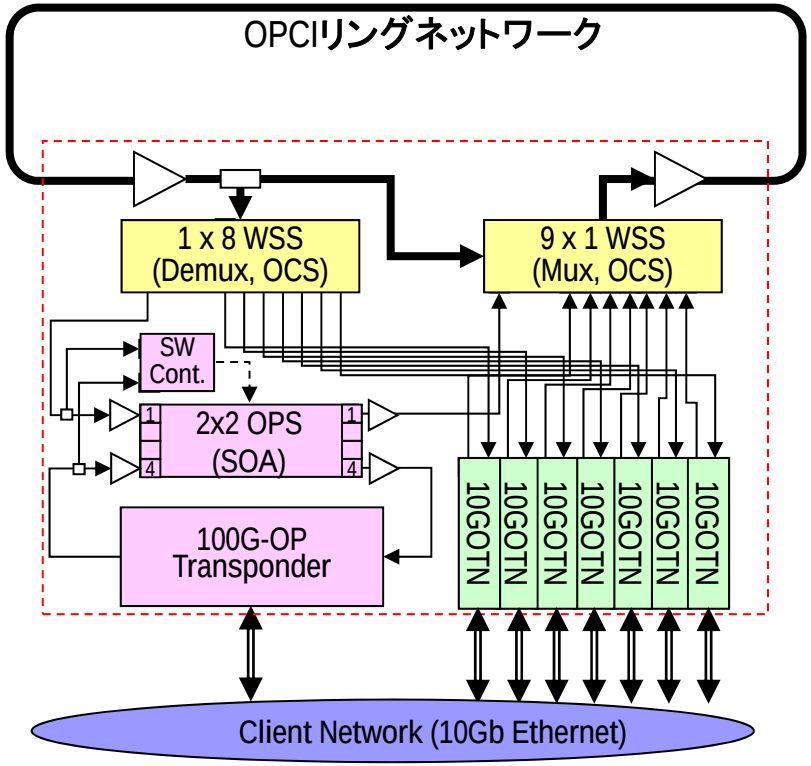
Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

OPCIネットワーク　～リング用光統合ノード～

・安定した光パケット・光パス同時伝送（偏波無依存、可変長パケット対応、パケット密度1～10%でも随時調整不要）
・2ラックサイズ



光統合ノード (2011年開発)

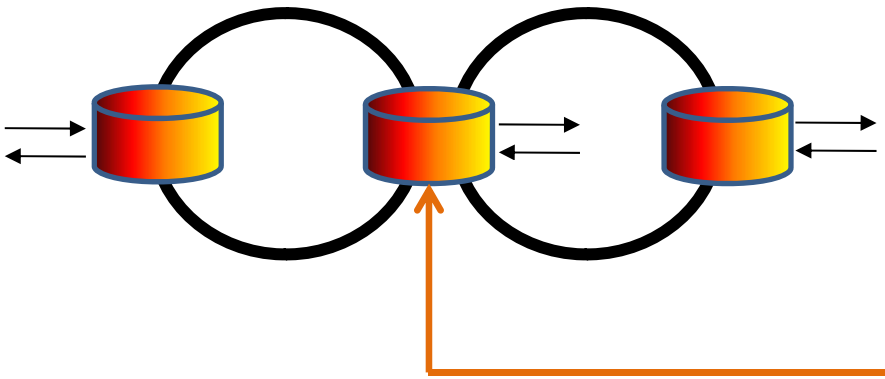


Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

OPCIネットワーク　～マルチリング用光統合ノード～

- マルチリングネットワークのための3 x 3光統合ノード (One client port, Two Network port)
- 光バッファ for OPS → - 4×4 SOAスイッチサブシステム＋4種類のファイバ遅延線（Delay 100ns * (0,1,2,3)）
  (*100ns … 平均パケット長500Byte)

Multi-ring topology



3x3光統合ノード (2012年開発)

Cf:
H. Furukawa, et.al, Optics Express, vol.20, no.27, pp.28764-28771, Dec. 2012.

Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

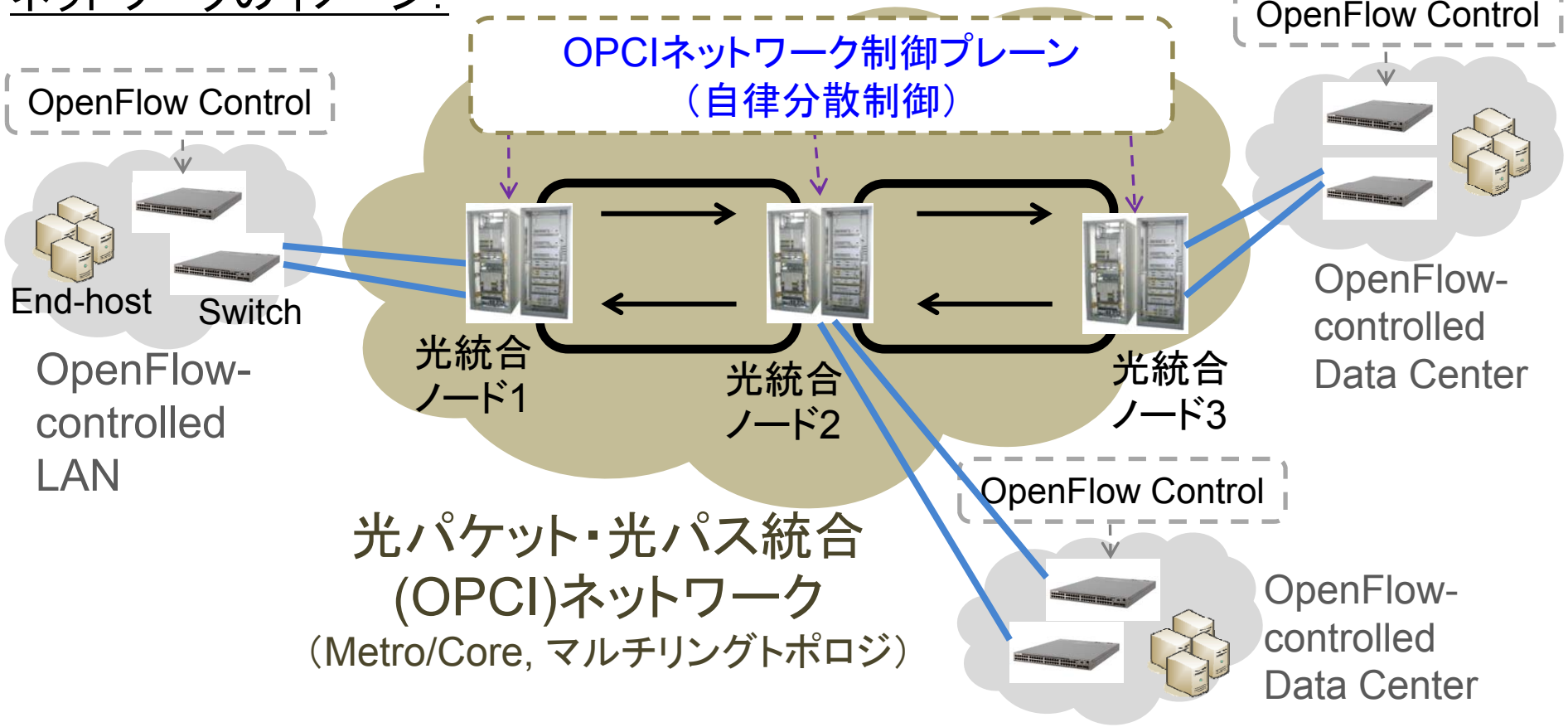
本研究のコンセプト

OpenFlow：集中制御型。主にデータセンターや構内LAN、更にはJGN-X(RISE)を始め世界の研究開発テストベッドを中心に、急速に展開

RISE on JGN-Xの参考文献：Y. Kanaumi, et al., in *Proc. of the 4th IEEE/IFIP ManFI2012*, April 2012.

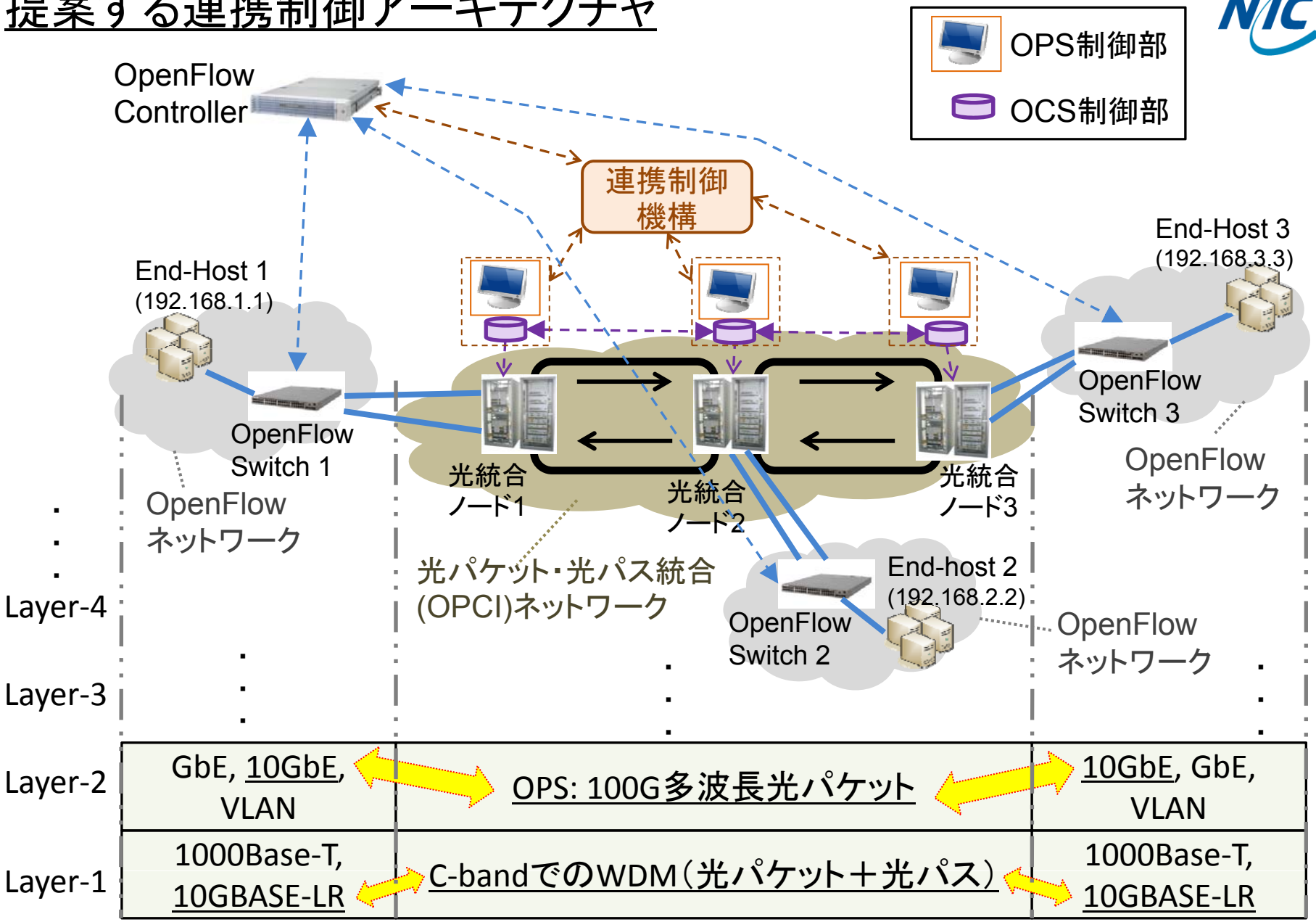
➡ *OPCIネットワーク制御とOpenFlowの連携制御が必要！！*

ネットワークのイメージ：



Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

提案する連携制御アーキテクチャ



Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

Flow Mapping Database（例）

物理ポート番号	宛先MACアドレス	…	VLAN ID	…	宛先IPアドレス	…	宛先L4ポート番号
-	-		1000		192.168.3.3		23 (Telnet)
-	-		2000		192.168.2.2		25 (SMTP)
-	-		3000		192.168.3.3		80 (HTTP)
-	-		4000		192.168.3.3		123 (NTP)

OpenFlow ネットワーク

条件C … VLAN ID:3000, 宛先L4ポート番号:80

条件D … VLAN ID:4000, 宛先IPアドレス:192.168.3.3

条件A … VLAN ID:1000, 宛先IPアドレス:192.168.3.3

条件B … VLAN ID:2000, 宛先IPアドレス:192.168.2.2

マッピング

マッピング

マッピング

マッピング

・ノード1→ノード2→ノード3のためのLabel Mapping Table & Switching Table設定

・ノード1→ノード2のための Label Mapping Table & Switching Table設定

⋮

OPS（光パケット）制御

・ノード1→ノード2→ノード3に波長1の光パス設定

・ノード1→ノード2→ノード3に波長2の光パス設定

・ノード1→ノード2に波長3の光パス設定

⋮

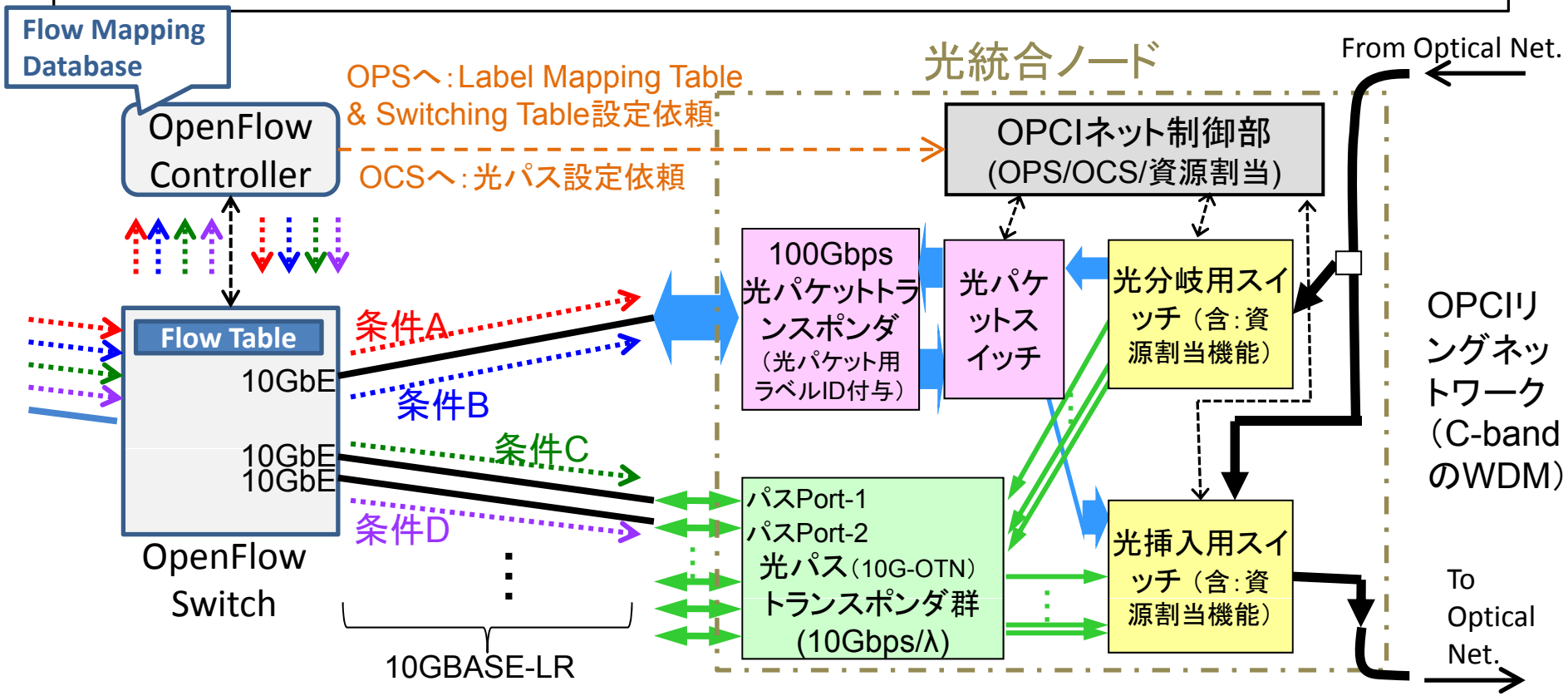
OCS（光パス）制御

光パケット・光パス統合ネットワーク

Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

OPCIネット制御⇔OpenFlowの連携制御機構の例

条件A … VLAN ID:1000, 宛先IPアドレス:192.168.3.3 ⇒ アクション:OPS制御システムに Label Mapping TableとSwitching Tableの設定を依頼＋光パケット用リンクにデータ転送
条件B … VLAN ID:2000, 宛先IPアドレス:192.168.2.2 ⇒ アクション:OPS制御システムに Label Mapping TableとSwitching Tableの設定を依頼＋光パケット用リンクにデータ転送
条件C … VLAN ID:3000, 宛先L4ポート番号:80 ⇒ アクション:OCS制御システムにλ1の光パス設定依頼＋光パスのPort-1リンクにデータ転送
条件D … VLAN ID:4000,宛先IPアドレス:192.168.3.3 ⇒ アクション:OCS制御システムにλ2の光パス設定依頼＋光パスのPort-2リンクにデータ転送



Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.

まとめ

本研究

光パケット・光パス統合(OPCI)ネットワーク制御：自律分散型制御。主にメトロ/コアネットワークへの展開を想定して研究開発。

OpenFlow：集中型制御。主にデータセンターや構内LAN、更にはJGN-Xを始め世界の研究開発テストベッドを中心に、急速に展開。

➡ *OPCIネットワーク制御とOpenFlowの連携アーキテクチャを提案*

Future Works

・提案する連携制御の実装（OCS制御との連携、OPS制御との連携）、およびテストベッドを用いた実証実験。

- OpenFlow⇔OPS制御連携におけるラベルマッピングテーブル設定／スイッチングテーブル設定の自動化

・連携制御機構のアップグレード　など

Takaya Miyazawa　E-mail: takaya@nict.go.jp

2013 Spring

Copyright ©: NICT. All Rights Reserved.