

## 概要

- 第一部
  - DWDMに代表される伝送の広帯域化
  - 光スイッチ技術
- 第二部
  - フォトニックネットワーク技術
- 第三部
  - GMPLSやOIF (Optical Internetworking Forum)の動向

## Outline

- GMPLSって何者？
- ネットワークアーキテクチャのお話
- MPLS、GMPLS、フォトニックMPLS
- Optical Internetworking Forum (OIF)
  - Optical User Network Interface Signaling

## GMPLSって何者？

- よくある勘違い -

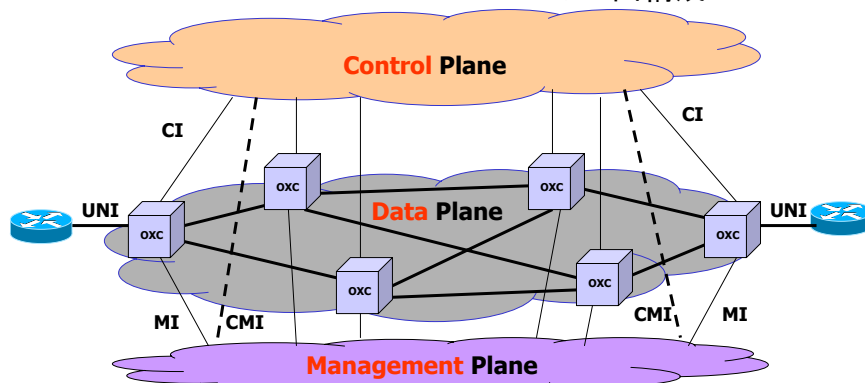
- MPLSは、パケットスイッチ技術
- **じゃあ、光のMPLS(MPLS、GMPLS)ってのは、光パケットなんだ！！**

**ちよつとまった！！！！**

- MPLSは、Label Switched Path (LSP)の制御技術。
  - GMPLSは、各種パスをLSPとして、IPベースのシグナリングで制御する技術

## Networking機能の分離

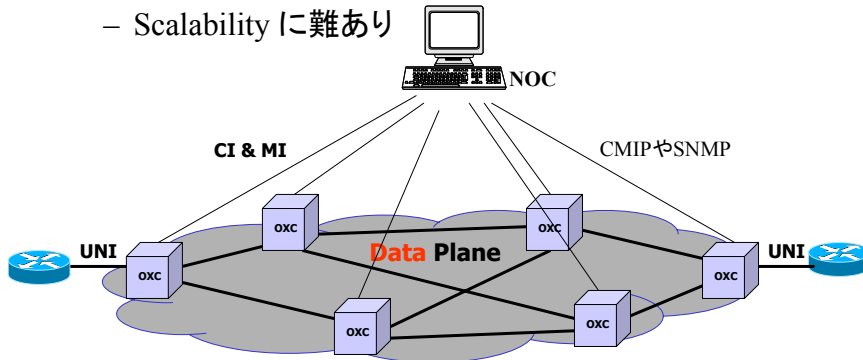
- 最近流行のネットワークモデル
  - C-Plane/D-Plane/M-Planeの三面構成



※ D-Plane は T-Plane (Transport Plane)とも呼ばれます。

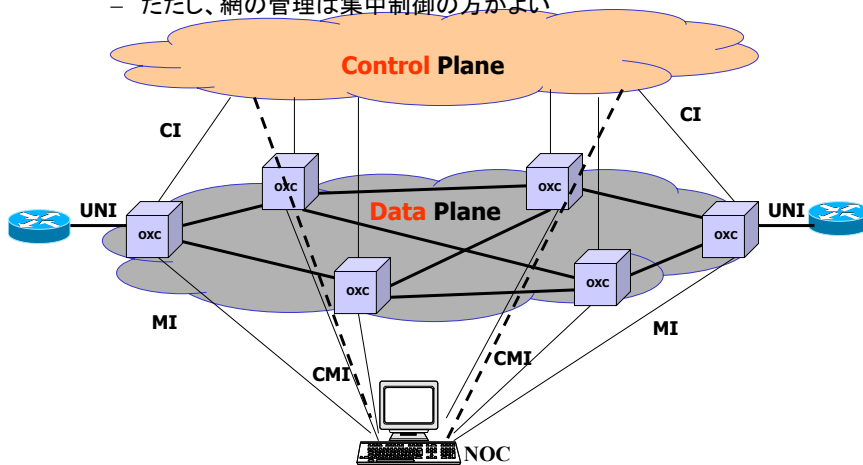
## 今までのネットワーク(概略)

- Network Management System (NMS)で集中的な管理・運用
  - C-PlaneとM-Planeの区別が無い
  - Scalabilityに難あり



## GMPLSでどうなる？

- C-Planeは分散処理(signaling)
  - Scalabilityが高められる。
  - ただし、網の管理は集中制御の方がよい



## 結局どうなるの？

- ~~D-Planeから見ると、今までOpSから送られてきた制御命令が、隣接装置から送られてくるように見えるだけ。~~

~~– 本質的には、何も変わらない。~~

~~それは overlay Model での話~~

- Peer Model では
  - 装置は全て LSR (つまり一種のIPルータ)
  - ネットワークは、ノードとリンクからのみ構成される

ATM-SWはルータになることを拒否した(?)が、OXC(光スイッチ)は技術が成熟する前に手を打つことができた (MPλS)

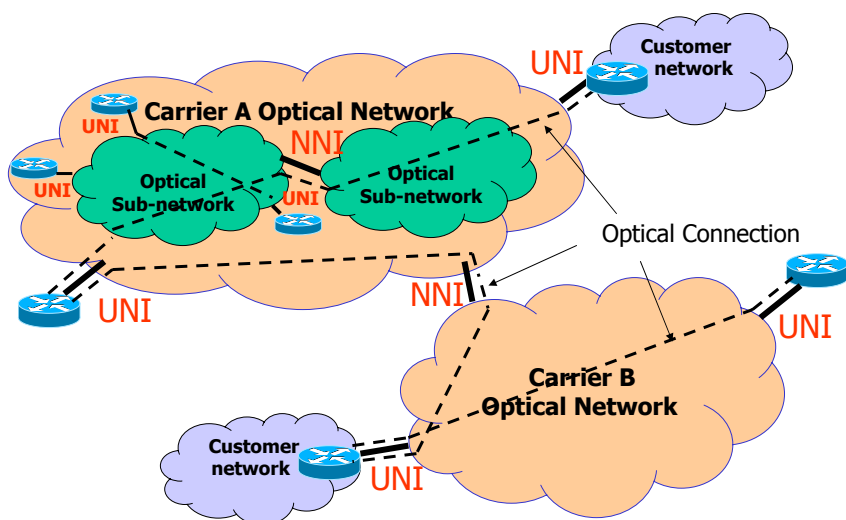
## GMPLSのインパクト

- キャリアが構築してきた、設計ベースの光ネットワークから、ダークファイバベースの素人構築 Plug & Play 光ネットワークへの変遷が可能となる。
- ダークファイバでは、光の特性が不明確。また、多様な信号(GbE, SONET/SDH, ...)を収容するため、伝送路設計が困難になる。
  - Signalingや、routingで伝送可能経路を探索して欲しくなる。

## Outline

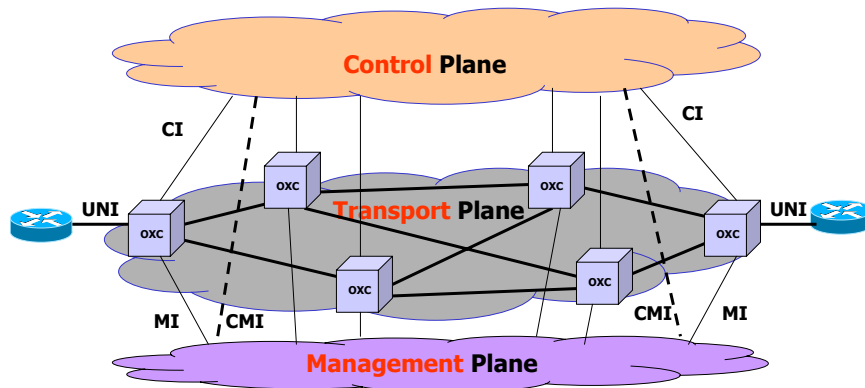
- GMPLSって何者？
- ネットワークアーキテクチャのお話
- MPLS、GMPLS、フォトニックMPLS
- Optical Internetworking Forum (OIF)
  - Optical User Network Interface Signaling

## (よく見かける)ネットワークモデル



## Networking機能の分離

### • C-Plane/T-Plane/M-Planeの三面構成



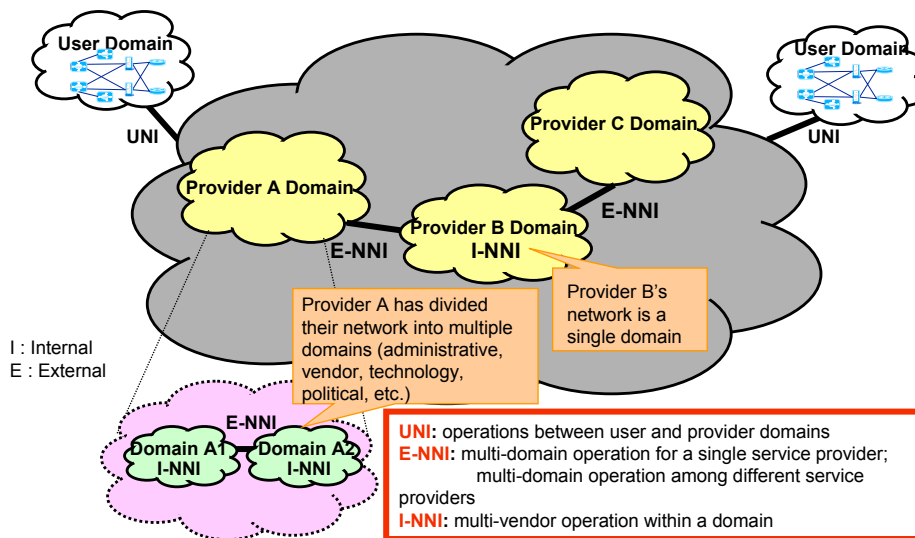
## UNI/NNIとは (ITU-T Recommendation G.807)

- 従来はT-Planeの物理条件/信号フォーマットを重点的に標準化。現在は、C-PlaneのInterfaceを重点的に標準化。
- Interface: 制御対象間の論理的な関係を決めたもの
  - 制御対象の機能仕様を定義
  - 交換される情報の種別や情報量を規定
- Common control interfaces
  - User-Network Interface for the C-Plane [UNI]
  - Network-Network Interface [NNI (I-NNI/E-NNI)]
- キャリア内部(intra-carrier)とキャリア間(inter-carrier)とで必要とされる機能が異なることに着目して分類
  - 同一キャリア内でも、ベンダアイランドや管理区分の関係で、内部にE-NNIが存在する。

## UNI/NNIとは(続き)

- **UNI: 最低限度の情報交換のみ行う**
  - 接続先の名称とアドレスの引渡し
  - 接続要求に対する認証制御
  - 接続要求メッセージの交換
- **E-NNI: 最低限度の情報交換のみ行う**
  - Routing **Reachability** : summarized network address information
  - 接続要求に対する認証制御
  - 接続要求メッセージの交換
- **I-NNI**
  - **トポロジー/ルーティング情報の交換**
  - 接続要求メッセージの交換
  - 網のリソース制御を行うための情報

## Control Plane Interfaces

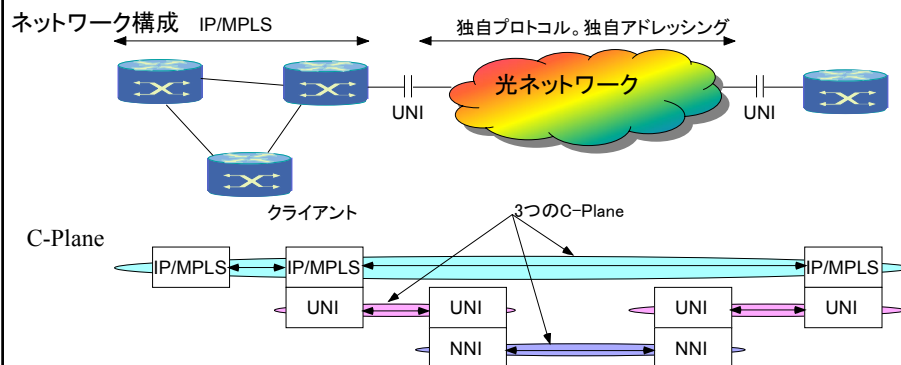


## IP網と光網のインターワーキング

- Overlay Model: IP網は光網のクライアント。IP網内でのルーチング/シグナリングと光網内でのルーチング/シグナリングは別。IP網と光網の間のインタフェイス(UNI)により各レイヤのC-Plane間でインターワーキング。
  - 光網内の状態変化をIP網は知らない。逆も同じ。
- Peer Model: IPルータとOXCがC-Planeにおいてpeer (対等) なる関係をもつ。光網内の情報とIP網内の情報を等価に扱えるようにする必要がある。
  - 光網内の状態変化をIP網は知る。逆も同じ。

## Overlay Model

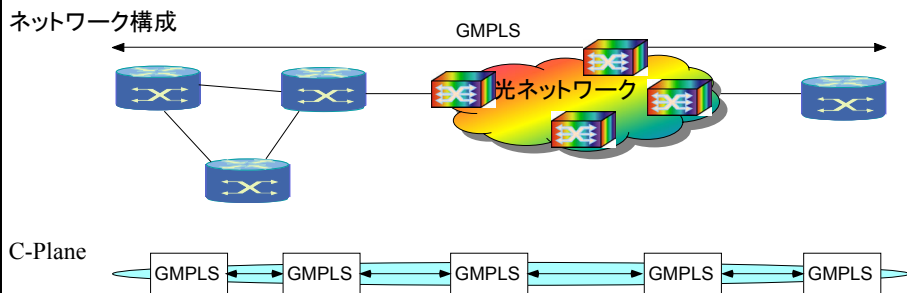
- IP網は、光網のクライアント。
- IP網からは、光網のトポロジーは見えない。
- 光網内は、独自のC-Planeを用いる。集中制御OpSからの制御も可。
- IP以外のクライアントも可。





## Peer Model

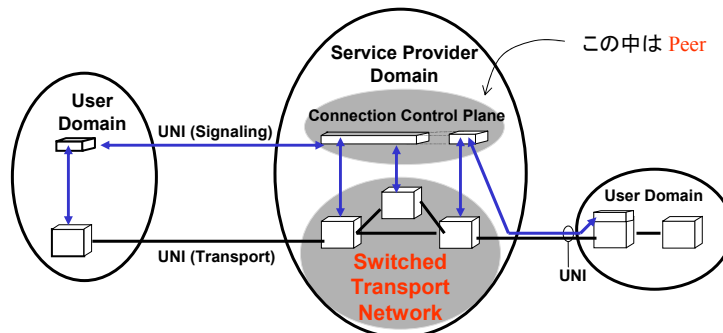
- IPルータとOXCは、C-Planeにおいてpeerな関係。全てがI-NNIで接続されていると考える。
- IP網-光網-IP網に対して、同一(単一)のC-Plane。
  - IETFが中心となって、GMPLSによるC-Planeを検討。
- OXCも、TDM-SWも、ファイバ-SWも特殊なIP/MPLSルータであると見なす。
- IP網は、光網のトポロジー/リンクステートを把握。



## Overlay vs. Peer (?)

- I-NNIで接続されている領域はPeer ?  
⇒ Yes
- サービスプロバイダの網内部のC-Planeは統一された方が良く? ⇒ Yes
- サービスは単一(つまりIP only)?  
⇒ Yes and No
- ユーザは信頼できる?  
⇒ Yes ならPeer、No ならUNI/E-NNIが必須
- ユーザとサービスプロバイダの関係はOverlay的にする。サービスプロバイダ内部はPeer。
  - サービスの一環としてユーザに限定的なトポロジー情報やルーティング情報を提供することは有り得る。

## UNI Reference Diagram




- User Domain間のC-Planeと、Service Provider DomainのC-Planeの関係で Overlay か Peer かになる。
- 無関係なら Overlay、完全密着なら Peer。実際には両者の中間になって行くと思われる。


## Outline

- GMPLSって何者？
- ネットワークアーキテクチャのお話
- MPLS、GMPLS、フォトニックMPLS
- Optical Internetworking Forum (OIF)
  - Optical User Network Interface Signaling

## MPLS

- Multi Protocol Label Switching(MPLS)
    - ATM、PPP、Ethernet、Frame Relay等を下位レイヤに用いるラベルスイッチング技術
    - 電気的なラベル→数が多い
    - 現時点では最新、流行の技術
    - トラフィックエンジニアリング、Virtual Private Networkへの応用が期待される
- 
- 光NWへの応用が検討されることに...

## Photonic MPLSとMPλSの提案

- MPλS(MPLambdaS): 波長番号をラベルとしてリンクに割り当てることで波長パスをLabel Switched Pathとして制御する。
    - 分散制御でOXCを制御する機構として実現
    - 1999年10月に、IETFにI-Dが初提出される
  - 2000年1月のOIF会合でNTTがPhotonic MPLSを提案、AT&T, Sycamore, Ciena, χrossからも同時にMPλS類似の提案がなされる。
- 
- IETFへ共同で提案(2000年2月)
    - draft-kompella-mpls-optical-00.txt
    - Juniper Networks, Cisco Systems, UUNET, Global Crossing, AT&T Labs, Level 3 Communications, NTT, Marconi, Ciena Corporation, Chromisys, New Access Communications, Sirocco Systems

## Classification of MPLS, GMPLS, and Photonic MPLS

Type	GMPLS						
	MPLS			Photonic MPLS			
Label Switch	Packet	Frame	Cell	Time Slot	Wavelength	Optical Burst/Optical Packet	
Label	Shim Header	DLCI	VCI	Slot Position	Wavelength(s), Waveband	Sub-carrier, CDM label	Packet Header
Signaling Protocol(s)	LDP, RSVP-TE, CR-LDP, BGP			Generalized RSVP-TE, Generalized CR-LDP, OBGp			
	<b>Generalized MPLS Protocol</b>						
Network Equipment	LSC+ LS	LSC+ FR-SW	LSC+ ATM-SW	LSC+ DXC		LSC+ [OXC, PXC]	
Integration with IP router(s)	MPLS router, LSR (Label Switch Router)					Photonic MPLS (HIKARI) router, OLSR (Optical LSR)	
Remarks					OTDM	MPλS	Research phase

LSC : Label Switch Controller, LS : Label Switch

- フォトニックMPLSは、MPISに限らず、光ラベルを使用するラベルスイッチ技術を含む概念として提案。

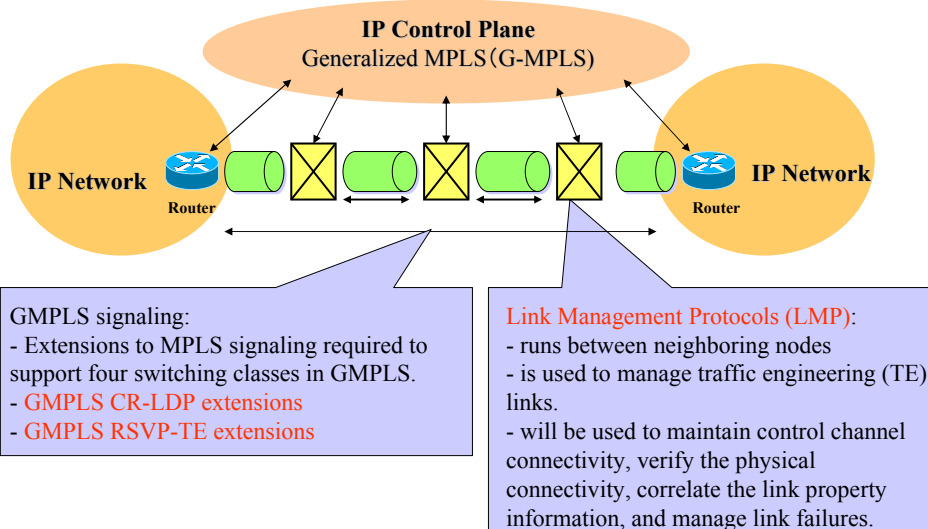
## Generalized MPLSの目的

- C-Plane のパス設定プロトコルをIPベースのもので統一する。
- MPLSにおけるLabel Switched Path (LSP) 設定プロトコルによる、TDM-SW(SDH-XC)、Lambda-SW(OXC)、Fiber-SWの制御。

## GMPLSで制御可能な機器

- Packet-Switch Capable (**PSC**) : MPLS Router
- Layer2-Switch Capable (**L2SC**) : MAPOS-SW, ATM-SW, FR-SW, GbE-SW(?)
- Time-Division Multiplex Capable (**TDM**) : SDH (VC)-XC
- Lambda-Switch Capable (**LSC**) : OXC, PXC
- Fiber-Switch Capable (**FSC**) :

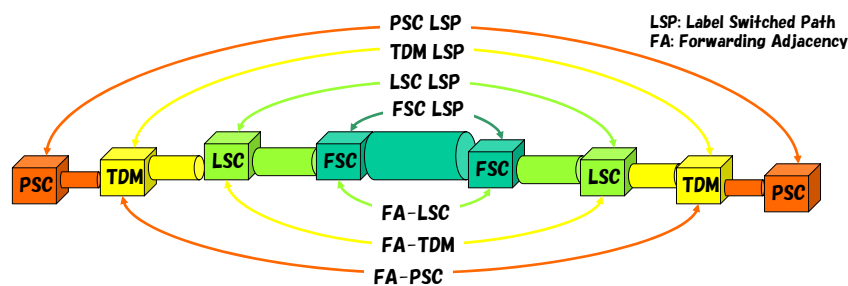
## GMPLS protocols



## Signaling Mechanisms

- RSVP-TE with GMPLS extensions
- CR-LDP with GMPLS extensions
- Features:
  - Support for a variety of optical layers
  - Waveband switching
  - Expedited setup (label suggestion, bidirectional paths)

## GMPLSネットワーク

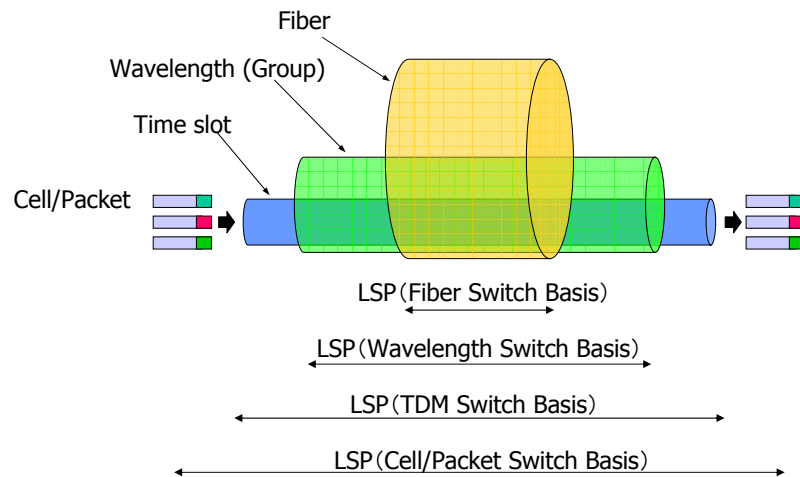


サーキットは、同じSwitch Capabilityインターフェース間に張られる  
→GMPLSでは、これらを全てLSPと呼ぶ

コントロールプレーンの隣接関係 ≠ データプレーンの隣接関係

- これまでのIPネットワークとは違う！！
- Telecom Network ではあたり前

## LSP Hierarchy

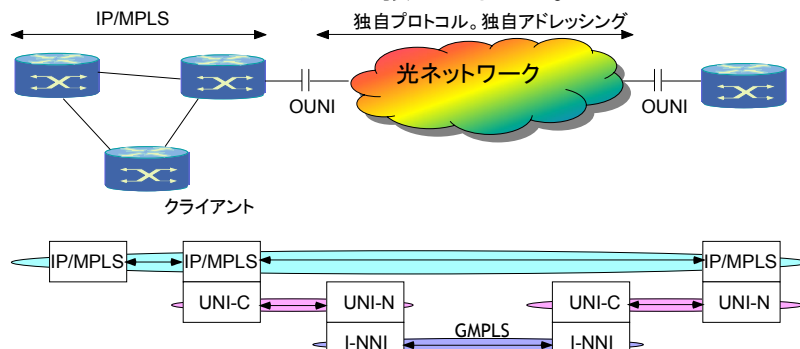


## Outline

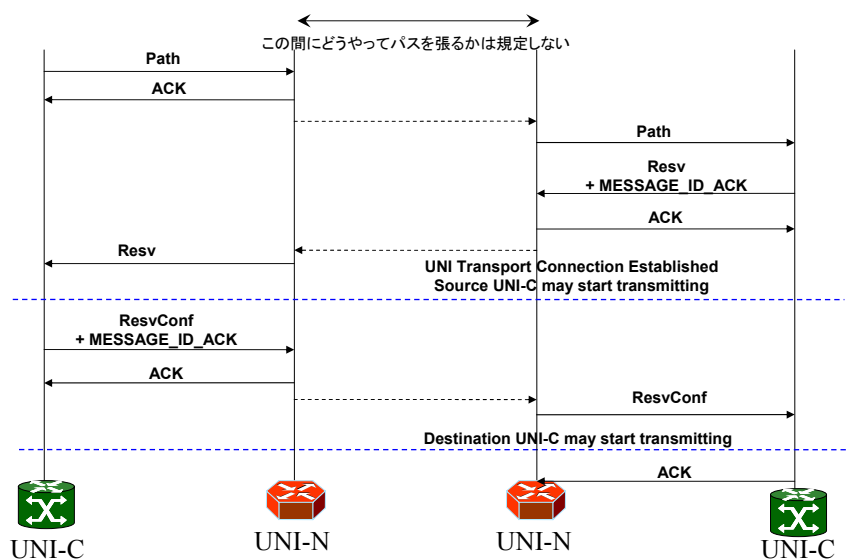
- GMPLSって何者？
- ネットワークアーキテクチャのお話
- MPLS、GMPLS、フォトニックMPLS
- Optical Internetworking Forum (OIF)
  - Optical User Network Interface Signaling

## Optical Internetworking Forum (OIF) OUNI activities

- オーバーレイモデルを採用
  - 光網に接続されたIPルータ間に、シグナリングで波長パスを設定する。
  - 光網内は、GMPLS波長パスを張っても良いし。オペレーションシステムで張ってもよい。

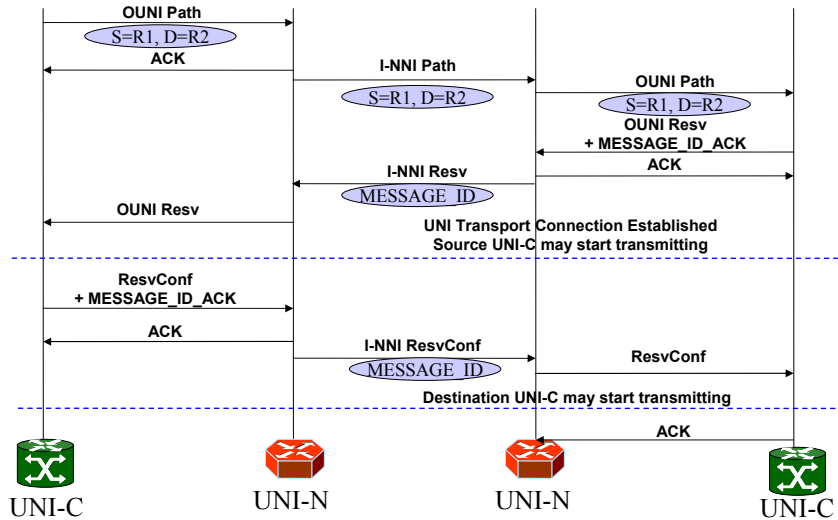


## RSVPによるOUNIシグナリング例





## OUNI+GMPLSシグナリング例



## Interoperability Results

Over 196 Tests Conducted

99.5% Signaling Inter-working

68.6% Signaling & Transport Inter-working

		ONE Device													
		A	B	C	D	E <sup>*2</sup>	F	G	H	I	J	K	L <sup>*2</sup>	M	N
Client Device	1				H					H <sup>*1</sup>					
	2				H									H	
	3									*1	*1	*1			
	4	H		H										*1	
	5														
	6														*1
	7						H	H					H		
	8									*1					
	9									*1	*1				*1
	10 <sup>*2</sup>		H												H
	11									*1					
	12	H	H	H	H		H			H <sup>*1</sup>	H	H		*1	H
	13			H											
	14				H					*1					

Color Key	
	Not Interoperable
	Tested, Signaling success
	Tested, Signaling & Transport success

*1 - Not enough time to complete testing
*2 - Proxy or test device supports control plane only.
H = Another client was used to form Heterogeneous test
Results scrambled to protect individual companies



# Thank you !

問合せ先  
NTT未来ねっと研究所  
フットニクトランスポートネットワーク研究部  
岡本聡  
okamoto@exa.onlab.ntt.co.jp