

フォトリックネットワークとGeneralized MPLS ～ 技術と最新動向 ～

日本電信電話(株) 未来ネット研究所

今宿 互
imajuku.wataru@lab.ntt.co.jp

2005年12月8日



第二部

Generalized MPLS技術

- GMPLSの概要
- GMPLSアーキテクチャ
- リンクマネジメント
- ルーティング技術
- シグナリング技術
- プロテクション・リストレーション
- 最新の標準化動向



MPLSからの発展

■ Multi Protocol Label Switching(MPLS)

- ATM、Frame Relay等を下位レイヤに用いるラベルスイッチング技術
- Shim Headerを付与 = 電気的なラベル
- 当初の目論見は、高速IPルーティングの実現
- 現在は、Virtual Private Networkへの応用が主流
- その次に、トラフィックエンジニアリング



- MPLSをLayer 1のネットワークに適用、それがGeneralized MPLS

- え!!! まさか光パケットの技術!?
- 違います!

MPLSのLSP(Label Switched Path)の制御を一般化の話です!!!

GMPLS標準化のきっかけ

- 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。

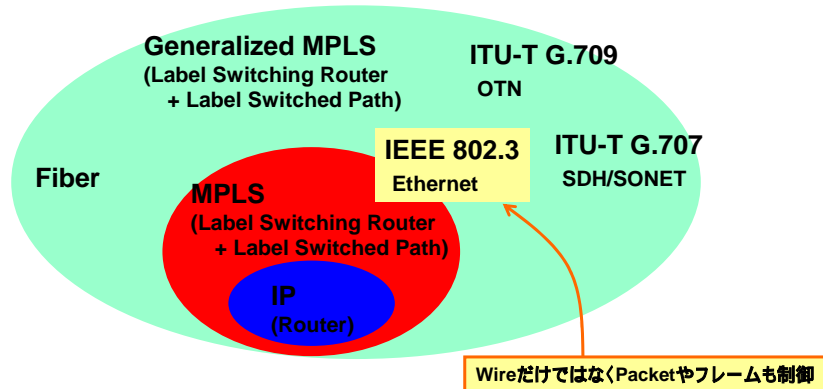


- IETFへ共同で提案(2000年2月)

- 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

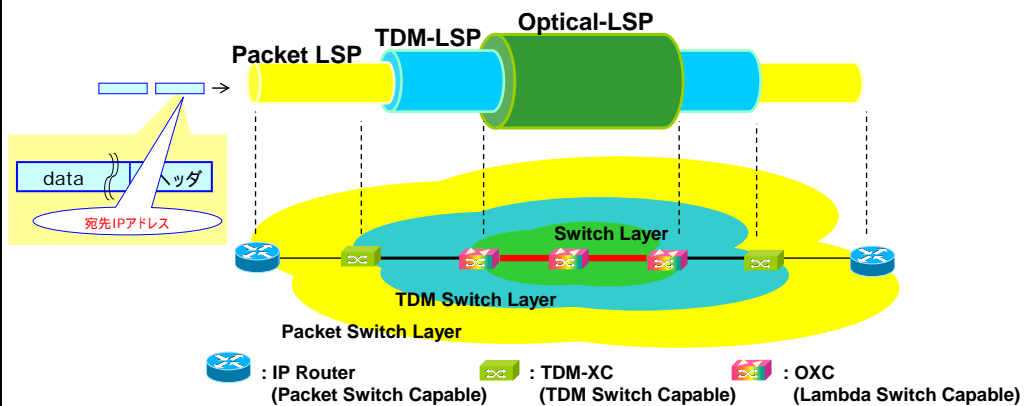
GMPLSの目的

- ✓ **GMPLS (Generalized MPLS):**
 - ・ 制御プレーン のパス設定プロトコルをIPベースのもので統合
 - ・ MPLSのソフトウェア資産を他のスイッチングケーパブルに流用
 - ・ MPLSの仮想パスに加え、TDMパス、光パス等を制御



GMPLSのアーキテクチャ

- 階層的なLabel Switched Path (LSP) を制御できるようにする技術
- MPLSのLSPを一般化
 - つまり IPルータに加えて、TDM装置、光SW等にも適用
- 光のLSPにIPフローを割り当てると、大量のIPパケットを一括制御可能



GMPLSとSwitching Capability

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	Packet Header
Signaling Protocol	LDP, RSVP-TE, CR-LDP, BGP			Generalized RSVP-TE, Generalized CR-LDP		label Dynamic RSVP-TE (??)	
Network Equipment	LS	FR-SW	ATM-SW	DXC	OTDM -XC	OXC, PXC	
Remarks					OTDM	MPλS	Research phase

GMPLSプロトコルの概要

リンクマネジメントプロトコル - LMP (Link Management Protocol)

- ・ 制御回線の監視
- ・ 自動隣接発見
- ・ 故障区間評定

ルーティングプロトコル - OSPF (Open Shortest Path First) プロトコル

ネットワーク構成の自動認識 & 自動計算

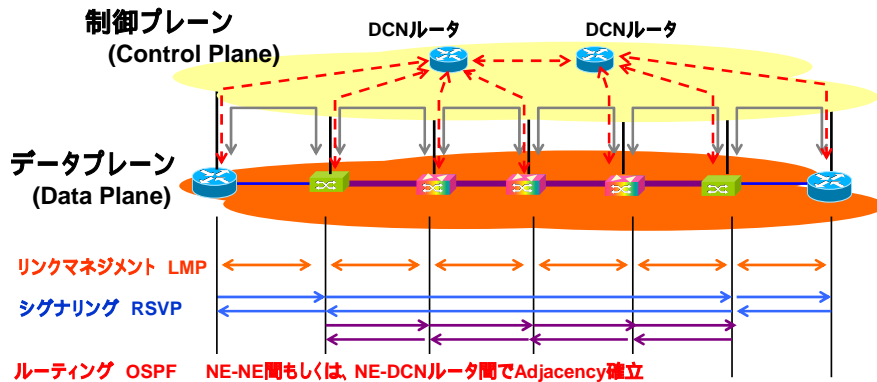
シグナリングプロトコル - RSVP-TE (Resource reSerVation Protocol for TE)

光パス生成・削除・切替制御

TE: Traffic Engineering

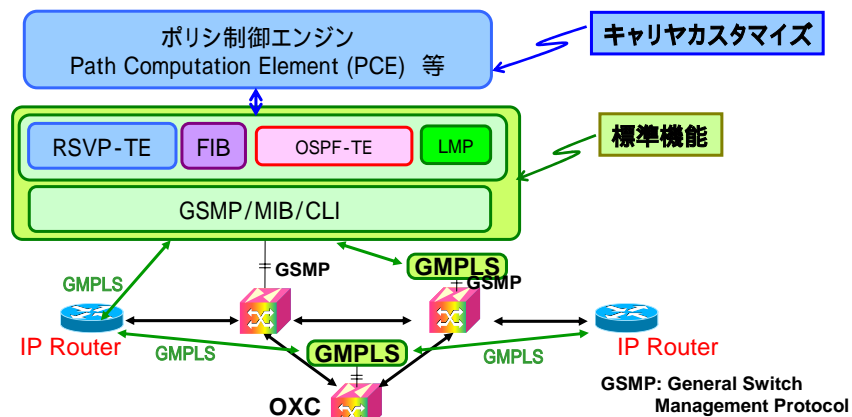
GMPLSプロトコルの動作イメージ

- 制御プレーンをデータプレーンから分離
 - GMPLSプロトコルは制御プレーン経由で交換
 - **制御プレーンの隣接関係 データプレーンの隣接関係**



GMPLS技術の実装アーキテクチャ (一例に過ぎません)

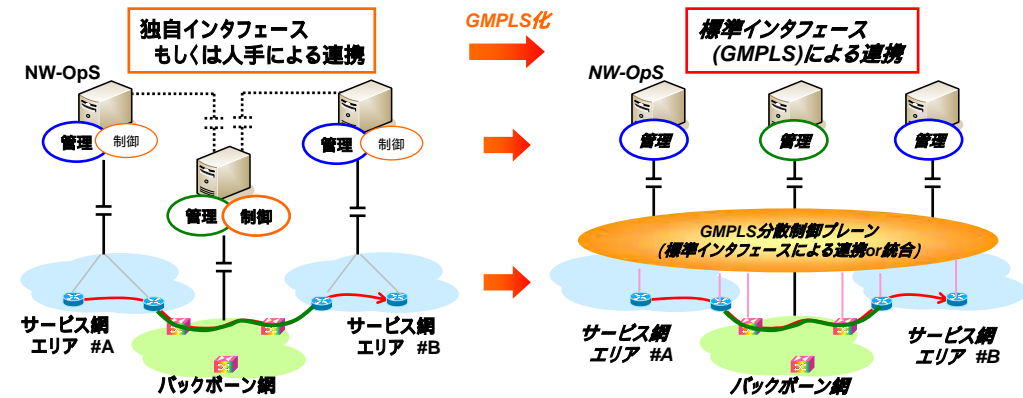
- ノード間は標準化プロトコルで高い相互接続性を実現
 - IPルータだけでなく、OXCやTDMも!
- キャリヤカスタマイズの要素も
 - 光バス経路制御・故障切替経路の制御



背景：なぜGMPLSとOXCか？ (1)

■ 運用の効率化

- サービス網とバックボーン網の連携強化による効率運用の実現
- サービス開通の短縮化 (サービス網からバックボーン網パスを制御)
- サービス網の故障救済・再構成 (サービスノード故障)



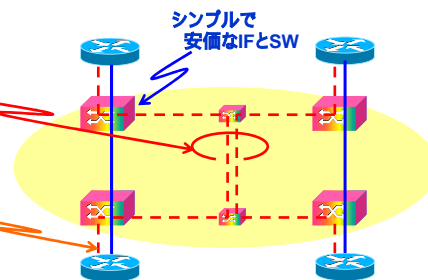
GMPLS技術のねらい

■ NW投資コストの低減

- WDM IF数の削減
 - GMPLS制御リストラクションによる予備系WDM-IFの削減
 - Shared Mesh Restoration
- IPルータIF数の削減
 - IPルータIFの削減
 - IPレイヤの冗長構成の見直し
 - » 例えば 四経路分散から二経路分散+光パスリストラクション

メリット1
WDM-IF数削減
(Shared Mesh Restoration)

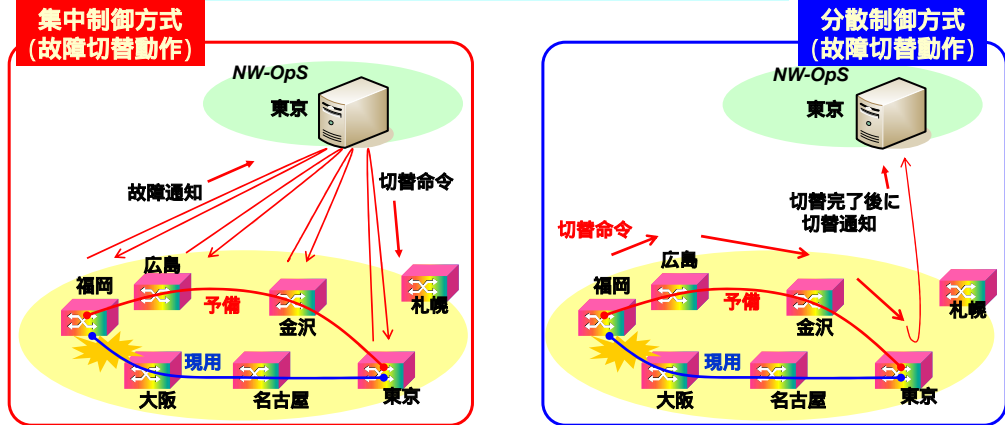
メリット2
IPルータIF数削減



前頁の補足

分散制御アーキテクチャによるスイッチ切替処理のスケラビリティ確保

- 切替処理負荷の分散
- 故障切替メッセージのラウンドトリップタイムロスの軽減



GMPLS技術による新サービスの創出

■ 新信頼性クラスサービス

- 低信頼クラス リストレーション (予備系を共有)
- 既存クラス プロテクション (信号を別経路にコピーして転送)
- 高信頼クラス プロテクションに失敗したら、新しい経路を探索して動的にパスを救済

■ Layer-1 VPNサービス

- 仮想的な自分専用の広域光回線
- グリッドコンピューティングとの親和性
(サイエンスの世界からビジネスグリッドに進展?)

GMPLSを実装しているベンダ

- 購入(もしくは 版としての提供)可能な製品を有するベンダ
 - IPルータベンダ
 - Cisco Systems
 - Juniper
 - Furukawa Network Solution
 - クロスコネクタ装置ベンダ
 - NEC (TDM-XC)
 - Sycamore Networks (TDM-XC)
 - Calient (Photonic XC)
 - LAMBDA Optical Systems (OXC/Photonic XC)
 - テスタ
 - Spirent
 - Agilent Technology
 - Navtel

GMPLSルータからの光パス生成例 (Juniperの場合)



Juniperの光パス設定例

```

mpls {
  no-cspf;
  record;
  label-switched-path G-LSR2 {
    from 192.168.1.3;
    to 192.168.1.2;
    lsp-attributes {
      signal-bandwidth gigheter;
      switching-type lambda;
      gpid ether;
    }
    primary G-LSR2;
  }
  .....

```

光パス
の設定

参考 JuniperのIPアドレス設定例

```

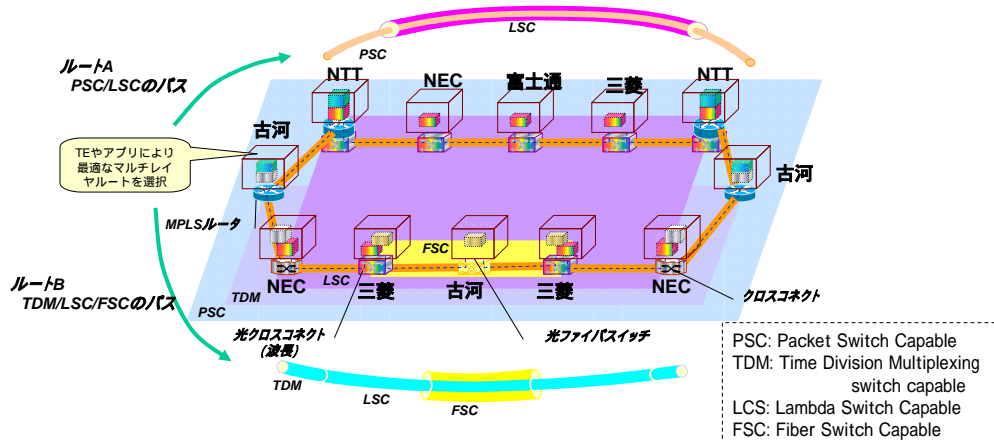
interfaces {
  ge-0/0/0 {
    unit 0 {
      family inet;
    }
  }
  ge-0/1/0 {
    unit 0 {
      family inet {
        address 60.60.60.1/24;
      }
    }
  }
  .....

```

IFの設定

相互接続検証実験 (Photonic Internet Lab.)

- NTT、古河電工、NEC、富士通、三菱の5社の検証実験



Photonic Internet Lab.:
<http://www.pilab.org/mission/>



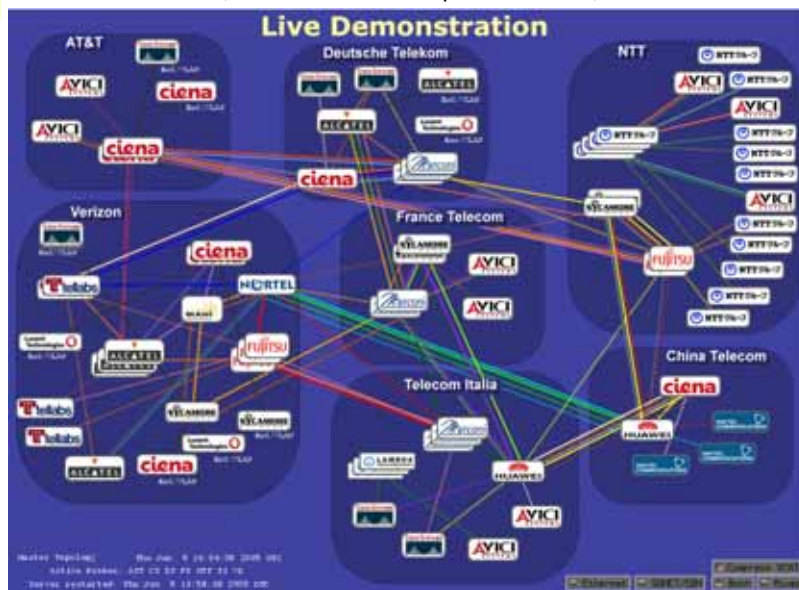
Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

Internet Week 2005 T23講演資料

Page 17

Optical Internet Forumの相互接続実験

(相互接続デモ@SuperCom 2005)



Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

Internet Week 2005 T23講演資料

Page 18

第二部

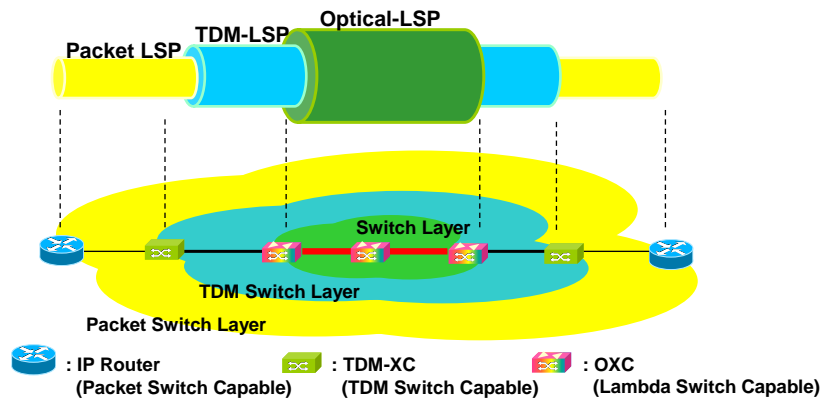
Generalized MPLS技術

- GMPLSの概要
- GMPLSアーキテクチャ
- リンクマネジメントプロトコル
- ルーティングプロトコル
- シグナリングプロトコル
- プロテクション・リストラクション
- 最新の標準化動向

GMPLSアーキテクチャ (再掲)

階層化LSPアーキテクチャによりIP/MPLS網のスケラビリティを向上

- RFC3945 "Generalized Multi-Protocol Label Switching Architecture"
- RFC4201 (旧 draft-ietf-mpls-bundle-04.txt)
- RFC4206 (旧 draft-ietf-mpls-lsp-hierarchy-08.txt)



GMPLSアーキテクチャ (Switching Interface)

■ 複数のInterface Typeを定義

- Packet Switch Capable (PSC) interface
 - IPヘッダ、MPLS Shimヘッダを認識してSwitchingするノードのインタフェース
- Layer-2 Switch Capable (L2-SC) interface
 - FrameやCellヘッダを認識してSwitchingするノードのインタフェース
- Time-Division Multiplex Capable (TDM) interface
 - タイムスロットを認識してSwitchingするノードのインタフェース
- Lambda Switch Capable (LSC) interface
 - 波長を認識してSwitchingするノードのインタフェース
- Fiber Switch Capable (FSC) interface
 - 空間を認識してSwitchingするノードのインタフェース

■ LSPは同一TypeのInterface間でのみ生成可能



Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

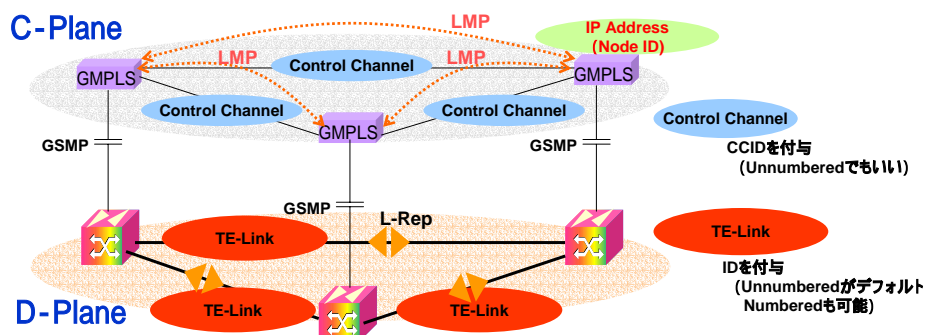
Internet Week 2005 T23講演資料

Page 23

GMPLSアーキテクチャ (CC Separation)

■ CC (Control Channel) Separation

- 制御プレーンとControl Channelの定義
 - 制御プレーンの隣接関係 データプレーンの隣接関係
- 制御プレーンの管理プロトコルの仕様化 (Link Management Protocol)



Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

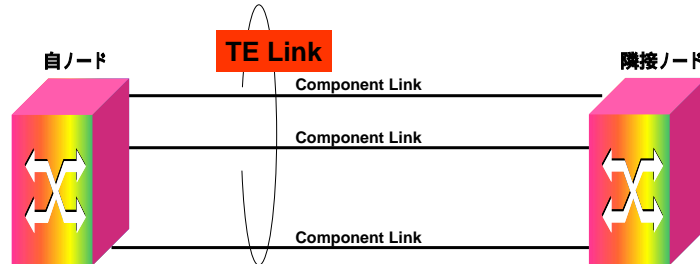
Internet Week 2005 T23講演資料

Page 24

GMPLSアーキテクチャ (TE-Link)

■ Traffic Engineering (TE) –Link

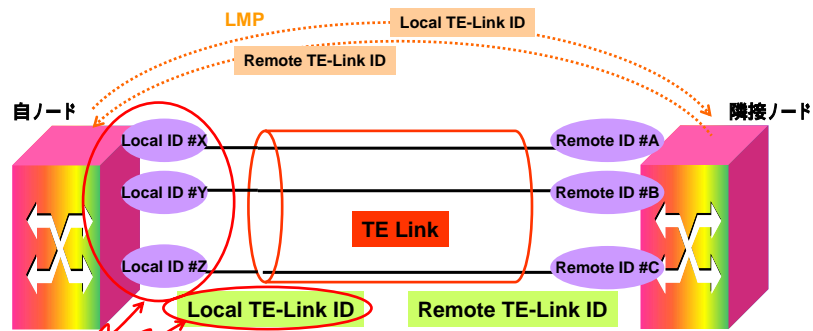
- パスの経路を計算するために抽象化したリンク情報を広告 (GMPLSでは波長、波長の束、ファイバ、ファイバの束とか)
- GMPLSは、MPLS Traffic Engineering (TE) Linkを拡張
- Data Linkのフレームフォーマット、帯域幅等の属性追加
上記制約条件を考慮に入れた経路計算を実現可能に
- 生成したLSPもTE-Linkとして扱うことを許容
このLSP をForwarding Adjacency (FA)と呼ぶ



Unnumbered TE-Link

■ Unnumbered TE-Linkとは

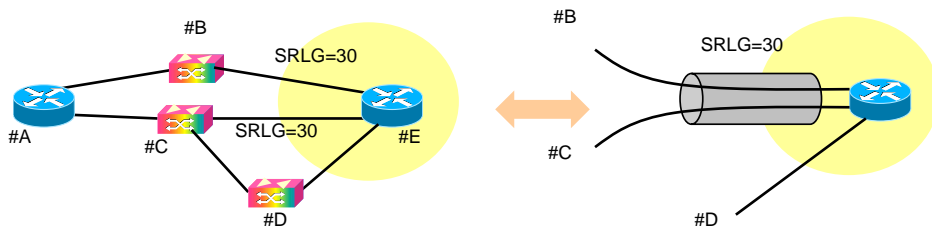
- OXC等の各Network Element (NE)がLocal Policyで自動ナンバリング
- 但し、自ノードと隣接ノードのTE-Link IDの関連付けが必要
- LMPはその関連付けを自動化する (もしLMPが無ければ、手動で関連付け)



Unnumberedの場合、NEのLocalルールで32bit長のIDを任意に付与

GMPLSアーキテクチャ (Shared Risk Link Group)

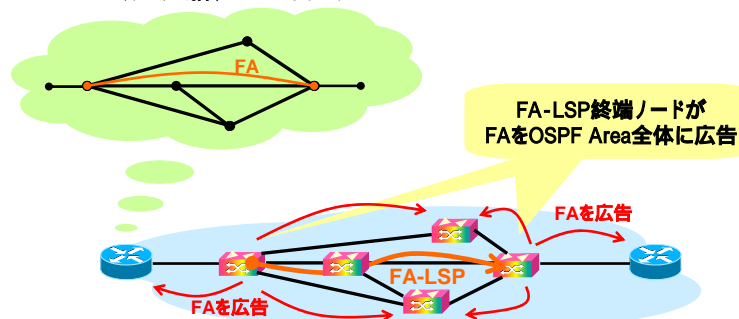
- Shared Risk Link Groupとは？
 - 同一のRiskを抱えているLinkをGroup化
 - TE-LinkにRisk IDを付与して管理
 - 一つのTE-Linkに対して複数のSRLGを付与可能
 - OSPF-TEで広告してPath経路計算の制約条件
- 例えば、1+1プロテクションパスはSRLG異経路を探索する。



GMPLSアーキテクチャ (Forwarding Adjacency)

- Forwarding Adjacency (FA)とは？
 - 生成したLSP (FA-LSP)をTE-LINKとして広告しているもの
 - FA-LSPをFAとして扱うかは運用Policyに依存
 - 他のノードでは、FAをPath計算に利用

GMPLSルータで描くTE-LINKトポロジ



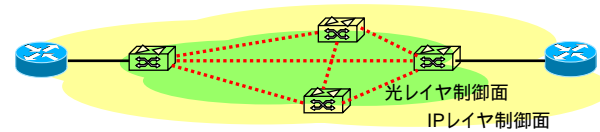
GMPLSアーキテクチャ (ルーティングの連携モデル)

階層間でどのモデルを採用するかは、技術的な制約条件も含めた網運用ポリシーで決まる。

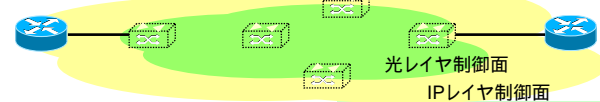
- ✓ **Peer Model:** 網構成情報を完全共有 (同一運用組織が二つのレイヤを管理)



- ✓ **Augmented Model:** 抽象化網構成情報を共有 (連携が密な二つの運用組織が各々のレイヤを管理)

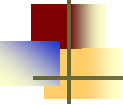


- ✓ **Overlay Model:** 網構成情報を隠蔽 (連携が密な二つの運用組織が各々のレイヤを管理)



GMPLSアーキテクチャ (Generalizedシグナリング)


- シグナリング機能の主なGMPLS拡張
 - Generic Label Request
 - 帯域に加えて、Encoding Type (フレームフォーマットとか)
 - Bi-Directional LSP Control
 - 上下方向のLSPを同時に生成
 - Explicit Label Control
 - 上流ノードから選択するLabelを明示
 - LSP Administrative Status Handling
 - 警報通知抑止もしくは抑止解除設定
 - Protection Information
 - プロテクション機能、現用か予備かの識別
 - Failure Notification
 - LSPの終点から始点への異常通知

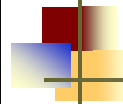


第二部

Generalized MPLS技術

- GMPLSの概要
- GMPLSアーキテクチャ
- リンクマネジメントプロトコル
- ルーティングプロトコル
- シグナリングプロトコル
- プロテクション・リストレーション
- 最新の標準化動向


Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.
Internet Week 2005 T23講演資料
Page 31




LMPの概要

- **主な関連ドラフト**
 - RFC4204 (旧 draft-ietf-ccamp-lmp-10.txt)
 - RFC4209 (旧 draft-ietf-ccamp-lmp-wdm-01.txt)
 - RFC4207 (旧 draft-ietf-lmp-test-sonet-sdh-04.txt)
- **4つの機能**
 - Control Channel Management
 - Control Channel状態管理、LMP Helloの交換
 - Link Verification
 - Component Linkの自動試験
 - Local IFとRemote IFの相関関係の調査
 - Link Property Correlation
 - Local IFとRemote IFの相関関係の確認
 - Fault Management
 - 故障区間評価機能

Control Channel
 TE-Link
 Data-Link
 の状態遷移を定義
 & 状態管理

Option機能

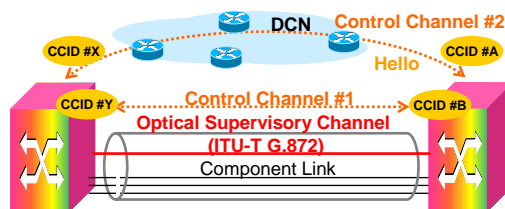

Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.
Internet Week 2005 T23講演資料
Page 32

Control Channel Management

Control Channel

- 隣接NE間ではControl Channelは少なくとも一つ定義
- 具体的なControl Channelの構築法は標準化のスコープ外
 - SDHならDCCバイトでもいい (In-band Channel)
 - 全く別網のData Communication Networkでもよい (Out-of-band Channel)
 - 現状、最もポピュラーなのはGREトンネルで構築
- 二つのNE間でControl Channelが全てDownすると、“**Degrade State**”に

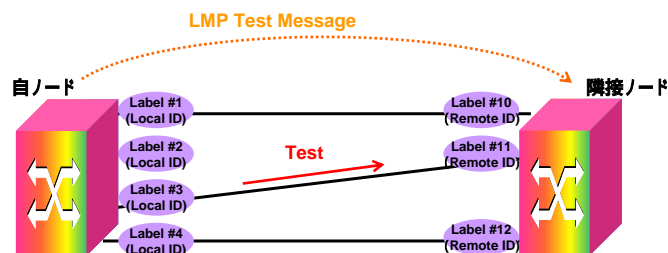
Control Channelの構築例 (OTN ITU-T G.709/872の例)



Link Verification & Link Property Correlation

Link Verification

- TE-Link/Data Linkに関するLocalとRemoteの相関を自動取得
 - 複数の物理IFを扱うGMPLSで発生した新たな命題
 - MPLSは同一物理IF内部の論理パスを扱っていたので必要なかった...

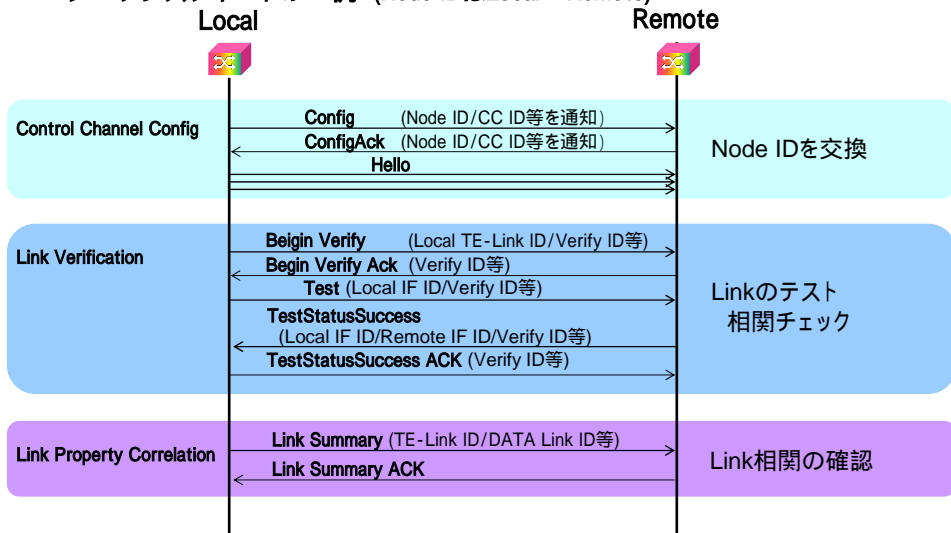


Link Property Correlation

- Testした結果の要約 (TE-Link IDとData-Link ID)を隣接ノード間で交換
 - #こんなになりましたけどー 合ってます？ てなノリです。

LMP各機能を組み合わせた自動隣接発見

■ シーケンスチャートの一例 (Node IDはLocal > Remote)



Non-NegotiableとNegotiableパラメータ

■ Non-Negotiable/Negotiable Parametersの使い方

- CC Config, Begin Verify, Link Summaryで受信値を許容できない場合
 - ・ Non-Negotiable Parameter
 - ・ Negotiable Parameter



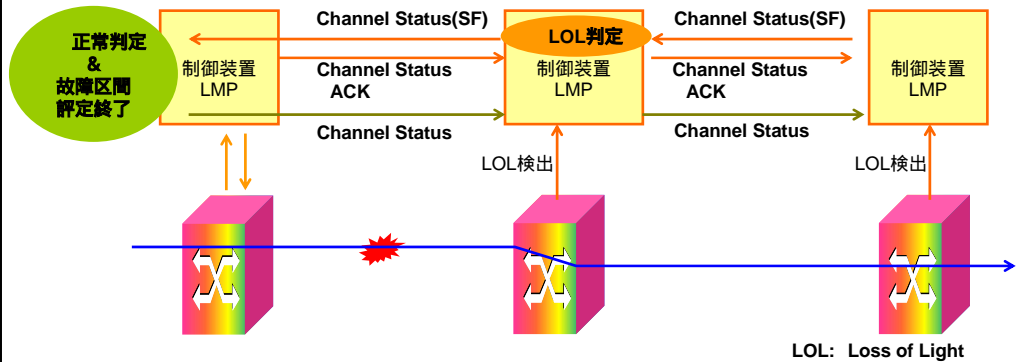
■ Negotiable Parameterの詳細

- Config Message
 - ・ Hello Interval, Hell Dead Interval
- Begin Verify Message
 - ・ Verify Interval, Number of Data Links, Encoding Type, Verify Transport Mechanism, Transmission Rate, Wavelength
- Begin Verify Message
 - ・ TE-Link ID, Data-Link ID

Fault Management

■ Fault Management機能

- この機能はOptionalです。
- SDHやOTNの場合、AIS (Alarm Indication Signal)の挿入により故障区間評定が可能です。



Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

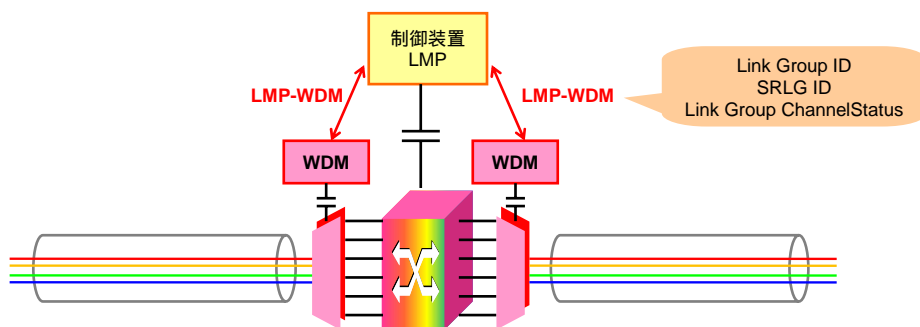
Internet Week 2005 T23講演資料

Page 37

LMP-WDM

■ LMP-WDMとは？

- 波長分割多重 (WDM)伝送装置と光スイッチを連携させるプロトコル
- 光SWではLOL(Loss of Light)しか検出できないので、WDM装置からデジタル信号の劣化等の情報を取得する。
- 但し、本機能は光SWとWDM装置が一体化しているような装置では必ずしも必要でない。



Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

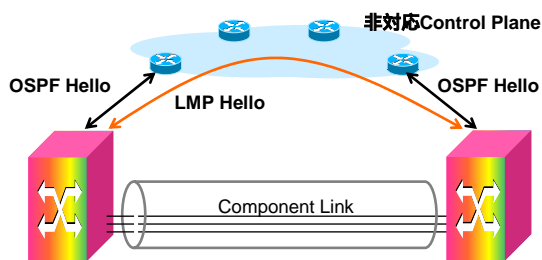
Internet Week 2005 T23講演資料

Page 38

(補足資料) LMP Helloは本当に必要か？

■ LMP Helloは本当に必要なんですか？

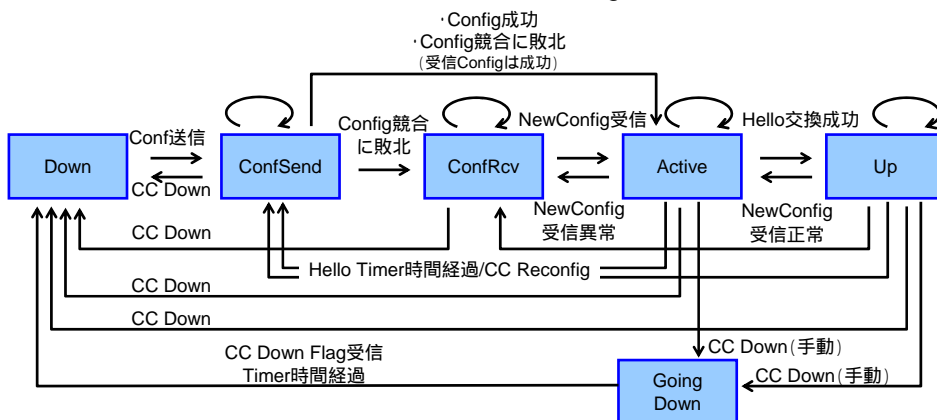
- GMPLSでは分離したControl Planeを定義します。
Control Planeは、信頼性の観点からData Planeとは必ずしも同一の網構成にはなりません。
その場合、ルーティングプロトコルは、必ずしもNE隣接間で"Adjacency"を確立するとは限りません。
(一例を下図に示します。) 確実に動く信頼性の高いシステムを構築するには、NE隣接間のControl Planeの接続性を直接監視できるLMP Helloの価値は高まります。
- 非対応Control PlaneでLMP Helloを利用しない場合は、
 - ・ 非対応Control PlaneにGRE-Tunnel等の技術でNE隣接間に仮想リンクを設定する。
 - ・ その上で、Tunnelを通じてNE隣接間でOSPF Hello(OSPF Adjacency)を確立させることで対処可能ですが、冗長Control Channelを定義した場合、それら全てをOSPF Helloで監視するのはOSPFのスケラビリティを勘案すると現実的ではありません。



(補足資料) Control Channelの状態定義

■ 定義する状態は、

- Down, ConfSend, ConfRcv, Active, UP, GoingDownの6つ

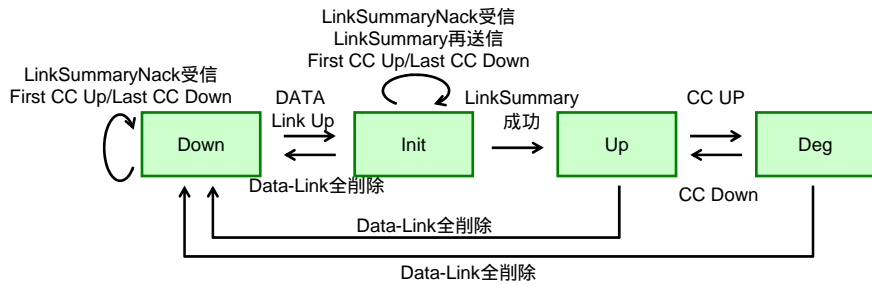


CC: Control Channel

- より厳密な状態遷移イベントはDraftを見てね！

(補足資料) TE-Linkの状態定義

- 定義する状態は、
 - Down, Init, UP, Degradeの4つ

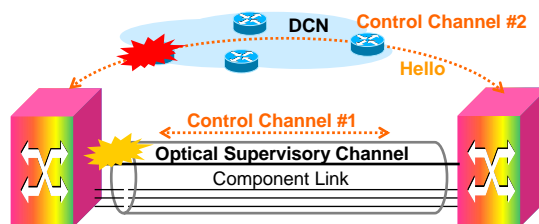


CC: Control Channel

- より厳密な状態遷移イベントはDraftを見てね！

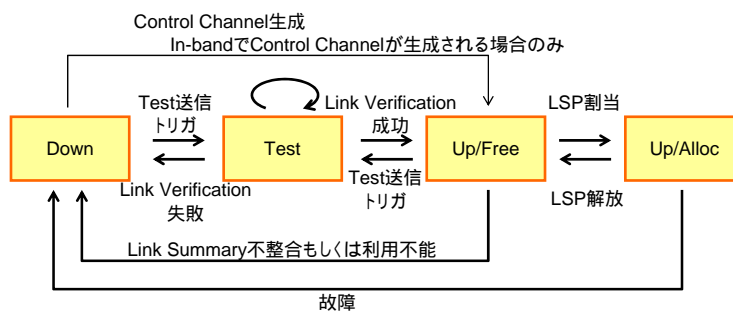
(補足資料) Degrade State

- LMP Degrade State
 - TE-Linkの広告パラメータ変更
 - シグナリングプロトコルのステート保持
 - RSVPのようなSoft Stateプロトコルであれば、Soft Stateタイマを抑止する。
 - 実際には、RSVPにもControl Channel Down時のSoft State保持機能、Control Channel復活時のGraceful Restart機能が追加されているため、LMPとの連携は必ずしも必要がなくなっている。
 - Data-PlaneのLSPステート保持



(補足資料) Data Linkの状態定義

- 定義する状態は、
 - Down, Test, UP/Free, Up/Allocの4つ
- Active Data LinkとPassive Data Linkの二種類がある
 - Active Data Linkとは自ら信号を送信可能なIF
 - Passive Datalinkとは光信号をそのまま通過させるIF



- より厳密な状態遷移イベントはDraftを見てね！

第二部

Generalized MPLS技術

- GMPLSの概要
- GMPLSアーキテクチャ
- リンクマネジメントプロトコル
- ルーティングプロトコル
- シグナリングプロトコル
- プロテクション・リストレーション
- 最新の標準化動向

IGPのGMPLS拡張

■ 主なIGP のGMPLS拡張関連ドラフト

- RFC3630
- RFC4202 (旧 draft-ietf-ccamp-gmpls-routing-09.txt)
- RFC4203 (旧 draft-ietf-ccamp-ospf-gmpls-extensions-12.txt)

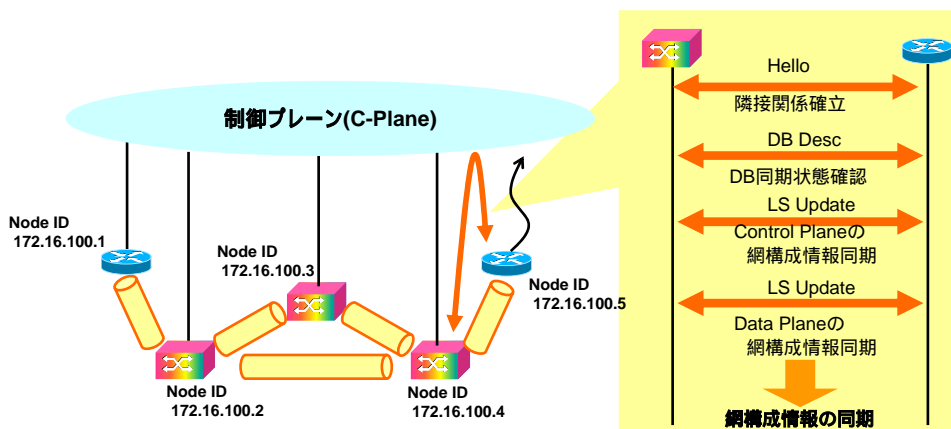
■ ルーティングプロトコルのGMPLS拡張

- LSPの経路を計算するには、下記の情報が必要
 - 帯域幅だけでなくData-LinkのEncoding Type (POSかフレームフォーマット等)
 - Data-Plane信号フレームの収容能力(Adaptation Capability)の把握
 - 例えば、SDH VC-3/VC-4の両者を収容可能とか

IGP (OSPF-TE)プロトコルの動作

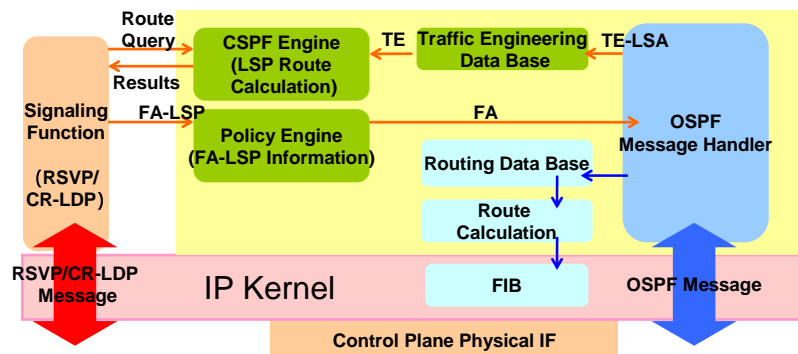
■ TE-Link情報の交換は、IGP (OSPFとかIS-IS) で実現

- Control PlaneのLink情報 (OSPFの場合、Router LSA等で広告)
- Data PlaneのTE-Link情報
 - OSPFの場合、Opaque LSA (Area Local Scope)で広告

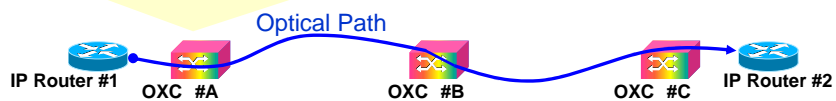
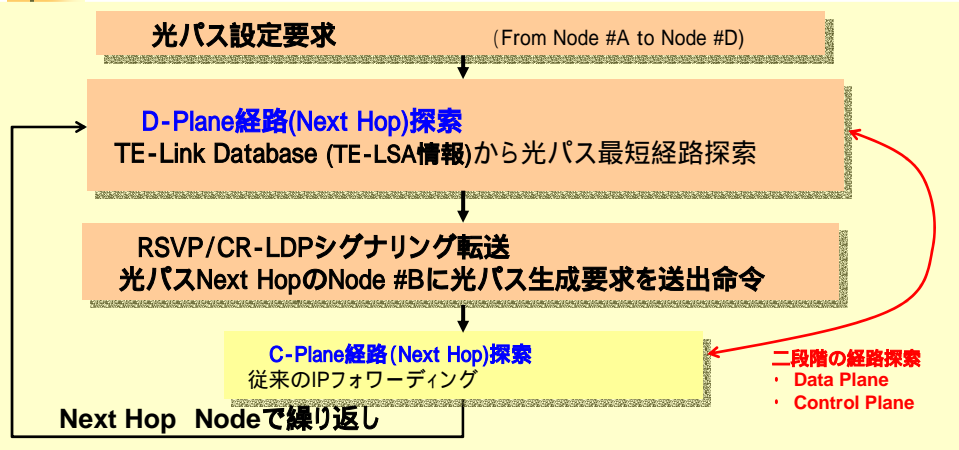


TE-Link情報の使い方

- LSPの経路計算
 - Traffic Engineering Databaseの情報を元にLSPの経路を計算
 - LSPのNext Hop Nodeに対してシグナリング(RSVP-TE/CR-LDP)パケットを送信
 - シグナリングパケットはFIB (Forwarding Information Base)を参照してNext Hop Nodeに転送
- FAの広告
 - 生成したFA-LSPをFAとして広告するかどうかはPolicyに依存



LSP経路探索のフロー



TE-Link広告情報の実際

■ TE-Linkの情報

Sub-TLV Type	名称	値	備考
1	Link Type	1: PtoP Link	
2	Link ID	32bit Value	
3	Local Interface IP Address	32 bit Value	Numberedで使用
4	Remote Interface IP Address	32 bit Value	Numberedで使用
5	Traffic Engineering Metric	32 bit Value	
6	Maximum Bandwidth	32 bit Value	
7	Maximum Reservable Bandwidth	32 bit Value	
8	UnReserved Bandwidth	32 bit Value	
9	Resource Class/Color	32 bit Value	
11	Local/Remote If Index	32 bit Value *2	GMPLS拡張 Unnumberedで使用
14	Link Protection Type	8 bit Value	GMPLS拡張
15	Interface Switching Capability Descriptor	Variable	GMPLS拡張
16	Shared Risk Link Group	Variable	GMPLS拡張



Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

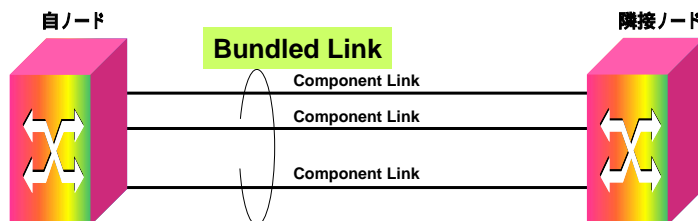
Internet Week 2005 T23講演資料

Page 49

Link Bundling

■ Link BundlingによるTEパラメータの変更

- Maximum Bandwidth: Maximum LSP Bandwidthを設定
- Maximum LSP Bandwidth
 - 各Component LinkのPriority PのBandwidthの最大値
- Maximum Reservable Bandwidth
 - 各Component LinkのMaximum Reservable Bandwidthの設定値
もしくは
 - Bundled LinkのMaximum Reservable Bandwidthの設定値
- Unreserved Bandwidth:
 - 各Component LinkのUnreserved Bandwidthの合計



Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

Internet Week 2005 T23講演資料

Page 50

Interface Switching Capability Descriptor (ISCD)

Interface Typeの記述子

- Switching Type (8bit)
 - PSC, L2-SC, TDM-SC, LSC, FSC
- Encoding Type (8bit)

Interface Typeと要求Label種別の関係

- | | | |
|--------------|-----------------|-----------------|
| ● [PSC, TDM] | PSC-TDM間TEリンク | Time Slot Label |
| ● [PSC, LSC] | PSC-LSC間TEリンク | Lambda Label |
| ● [PSC, FSC] | PSC-FSC間TE-Link | Port Label |
| ● [TDM, LSC] | TDM-LSC間TE-Link | Lambda Label |
| ● [TDM, FSC] | TDM-FSC間TE-Link | Port Label |
| ● [LSC, FSC] | LSC-FSC間TE-Link | Port Label |

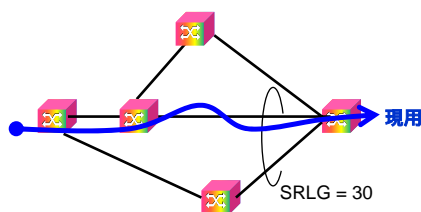


Shared Risk Link Groupの利用例

現用・予備LSPのSRLG独立な経路探索により信頼性を向上

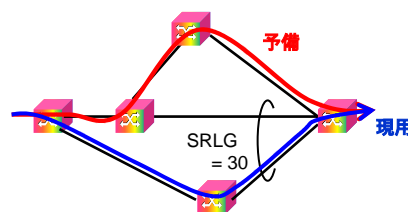
- 1+1/1:1プロテクションパス
- End-to-Endリストレーションパス

Linkリスクを考慮に入れない経路選択



現用・予備は同じリスクを共有

Linkリスクを考慮に入れた経路選択



現用・予備は同じリスクを共有しない





Inter-Areaに向けた課題

- お気づきの方はいらっしゃると思いますが、TE-LSAはArea Local Scopeで広告されます。Inter AreaのLSP経路計算はどうするのでしょうか？

只今、IETFでHot Issueになっています。



第二部

Generalized MPLS技術

- GMPLSの概要
- GMPLSアーキテクチャ
- リンクマネジメントプロトコル
- ルーティングプロトコル
- シグナリングプロトコル
- プロテクション・リストレーション
- 最新の標準化動向

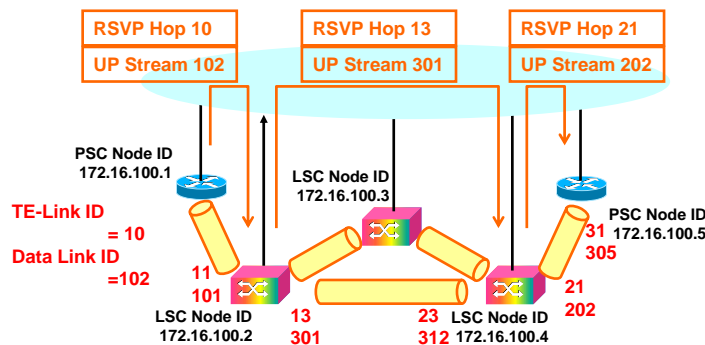
シグナリングプロトコルのGMPLS拡張

- GMPLS拡張はRSVP-TEとCR-LDPに関してRFC化
 - ベンダの実装は現状RSVP-TEが多数派
 - 本講演も以下、RSVP-TEを中心に説明します。

- 主なシグナリング機能のGMPLS拡張関連ドラフト
 - RFC3471 Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Functional Description
 - RFC3472 Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Constraint-based Routed Label Distribution Protocol (CR-LDP) Extensions
 - RFC3473 Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering (RSVP-TE) Extensions
 - RFC3946 Generalized Multiprotocol Label Switching Extensions for SONET and SDH Control (RFC 3946)
 - draft-ietf-ccamp-gmpls-g709-09.txt

シグナリング(RSVP-TE)の基本動作 (1)

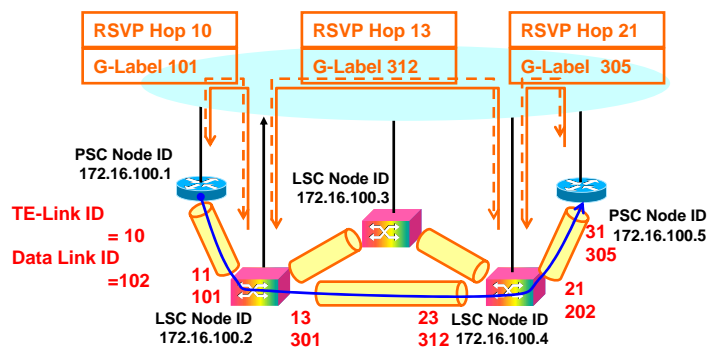
- RSVP-TE Path Message LSPの資源予約
 - リソースを予約するTE-LinkはIF ID RSVP Hop Objectで指定
 - Generalized Label Requestで予約しようとするLSPの種別を指定
 - TE-Link Upstream LabelでBi-Directional LSPであることを明示
 - 各NEは受信値から自ノードのLocal TE-Link ID/Data Link IDを検索して資源予約



シグナリング (RSVP-TE) の基本動作 (2)

■ RSVP-TE Resv Message LSPの生成

- IF ID RSVP HopのTE-Link IDはPath Messageの受信値を返却
- Generalized Label
 - Down Streamからの受信値から自ノードのInterfaceを検索してスイッチ設定



Generalized Label Requestについて

■ Generalized Label Request

- Encoding Type
 - LSPを生成しようとするTE-Link両端のIF Typeから選択
 - Packet, Ethernet, SDH/SONET, Lambda, Fiber等 全11種類
- Switching Type
 - 生成しようとするLSPのSwitching Type
- G-PID
 - ペイロードフォーマットを指定
 - ー 例えば POSとか、他のHDLC over SONETとか
 - POS, ATM mapping, Ethernet等 全46種類

■ LSP Bandwidthは、SENDER_TSPEC_Objectで指定

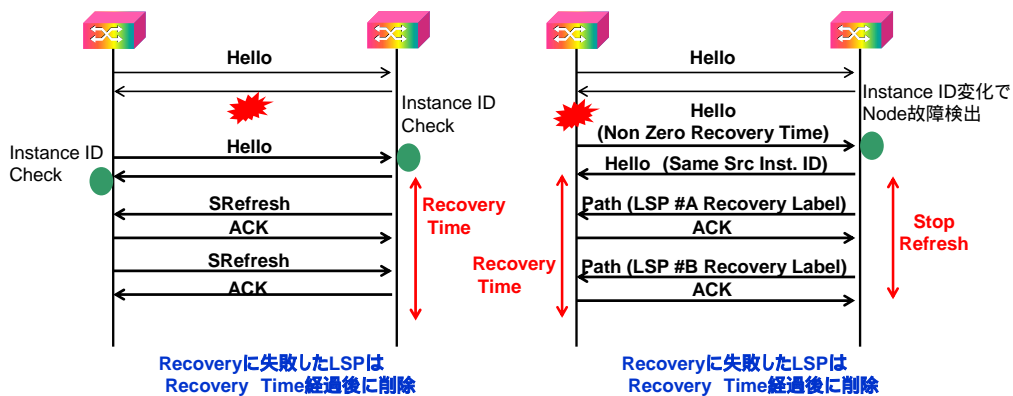
Graceful Restart機能 (1)

- Graceful Restart機能
 - RSVP-TEはソフトステートプロトコル
 - Control Planeの故障によりLSPが自動消滅することが有りえる。
 - これはバックボーンネットワークでは耐え難い仕様
 - Control Plane故障時にState保持が可能なように機能を追加

- RSVP Helloメッセージの拡張
 - Restart Cap Objectの定義
 - Restart Time
 - RSVP Hello異常検出後、Forwarding Stateを保持する時間
 - Recovery Time
 - RSVP Hello異常回復検出後から状態同期処理完了までの制限時間

Graceful Restart機能 (2)

- Control Channel Failure
 - RSVP Instance IDは変化なし
- Nodal Failure
 - RSVP Instance IDは変化



その他 RSVP-TE機能拡張

- Admin Status制御
 - LSP生成時はAdmin Status Bit = 1 (警報抑止)
- Notifyメッセージ
 - Path Error/Resv Errorメッセージとは異なり、Error情報をTargetに直接転送
- Label ERO/RROオブジェクト
 - 始点側で利用するLabelを明示的に指定
 - 終点側から始点(さらには、始点から終点)に確保したLabelを通知
- Label Setオブジェクト
 - LSP資源予約時に始点側で許容可能なLabel値を終点側に通知
 - 光パス生成用の拡張
- Suggested Labelオブジェクト
 - 始点側で利用するLabelを推奨

RSVP-TEプロトコルの主なGMPLS拡張

- Message Typeの拡張
 - Notify message (Message Type = 21)
- Message Objectの拡張

Class-Num	C-Type	Object 名称	値	備考
3	3	IF_ID RSVP HOP	Encoding, Switching Type	
19	4	Generalized Request	Encoding, Switching Type, G-PID	
16	2	Generalized Label		
34	1)	Recovery Label	Label	1) C-Typeは Generalized Labelと同一
35	1)	Upstream Label	Label	
36	1	Label Set	Label群	
129	1)	Suggested Label	Label	1)
131	1	Restart Cap	Restart/Recovery	
195	1	Notify Request	IPv4 Address	
196	1	Admin Status	Admin Up/Down, Test	

第二部

Generalized MPLS技術

- GMPLSの概要
- GMPLSアーキテクチャ
- リンクマネジメントプロトコル
- ルーティングプロトコル
- シグナリングプロトコル
- プロテクション・リストレーション
- 最新の標準化動向

GMPLS Based Recoveryの概要

- GMPLS Based Recoveryに関するドラフト
 - draft-ietf-ccamp-gmpls-recovery-terminology-06.txt
 - draft-ietf-ccamp-gmpls-recovery-analysis-05.txt
 - draft-ietf-ccamp-gmpls-recovery-functional-04.txt
 - draft-ietf-ccamp-gmpls-recovery-e2e-signaling-03.txt
 - draft-ietf-ccamp-gmpls-segment-recovery-02.txt
- MPLS Fast Reroute (RFC4090) との主な違い
 - MPLSの切替はControl PlaneではなくForwarding Planeで実施
GMPLS Based Recoveryは、Control Planeで切替可能なように拡張
 - 機能拡張は主にシグナリング
 - 予備LSPへの故障切替
 - 現用LSPへの切戻し
 - ロックアウト（切替抑止）

GMPLS拡張でサポートされている冗長化方式

Scheme	Switching Strategy
1+1/1:1 Protection	
End-To-End Restoration	
Segment Restoration	



Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

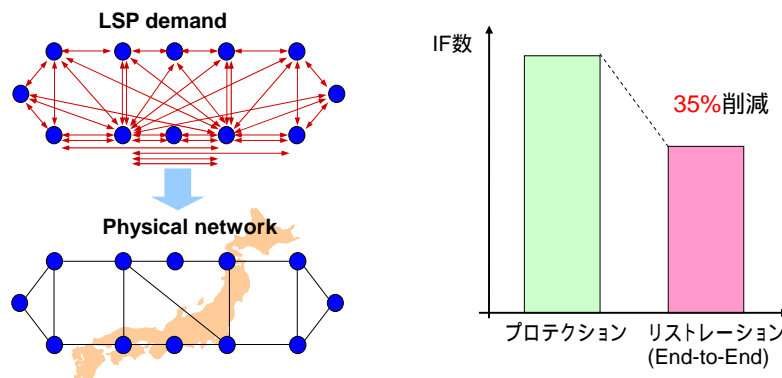
Internet Week 2005 T23講演資料

Page 65

リストラクション方式の効果 (一例に過ぎません。)

■ リストラクション方式の予備系共有効果

- 現用・予備全体で2割から4割弱のIF数削減可能
 - 当然ですが、効果は網アーキテクチャと交流トラフィックに依存します。



参考: W. Imajuku et al., "Restoration Path Accommodation Design for Limited Range Wavelength Convertible Photonic Network," ECOC2004, Paper Tu1.6.4.



Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

Internet Week 2005 T23講演資料

Page 66

シグナリングプロトコルの主な拡張

■ Protectionオブジェクト

- 故障救済方式の種別を明示
 - Unprotected
 - Full Rerouting
 - Rerouting without Extra Traffic
 - 1:N Protection with Extra Traffic
 - 1+1 Unidirectional
 - 1+1 Bi-directional
- LSPがPrimaryかSecondaryかを明示
 - リストレーションの予備の場合、他の予備とLabelを共有
- LSPがPrimary選択状態か、Secondary選択状態かを明示

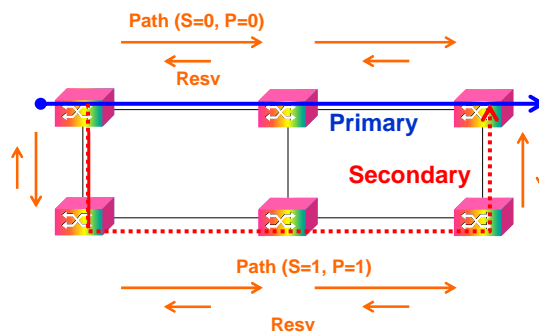
■ ASSOCIATIONオブジェクト

- 現用LSPと予備LSPの関連付け

現用・予備パス生成

■ 現用・予備パス生成

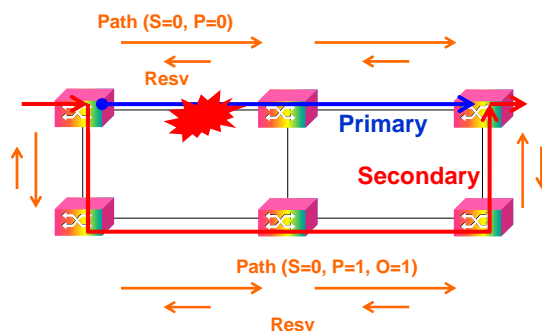
- 現用系を最初に生成、次に予備を生成
- 予備系ではプロテクションオブジェクトの変数を下記に設定
 - S=1 Control Planeだけ設定されている状態であることを明示
 - P=1 予備系であることを明示
 - 現用経路情報を挿入(PPRO: Primary Path Route Object)
(現用系の経路情報を元に予備IFを共有可能かどうか経路上の各NEが判断)



故障切替動作

■ 予備パスの起動

- 予備LSPのProtection ObjectのS bit, P bitを変化
 - S=1 S=0 : Data-Planeへのスイッチ起動
 - O=0 O=1 : 非運用状態から運用状態へと状態変化通知 (プロテクションの場合のみ)

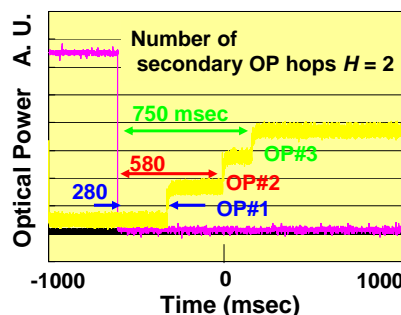
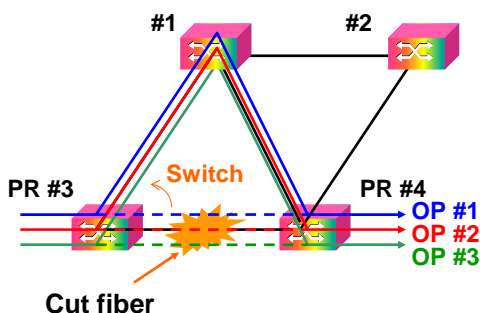


GMPLSリストレーション評価の一例

■ 事前予約型Restorationの故障切替速度評価の一例

- 最初の試作機のデータです。古いデータでごめんなさい。

Evaluated optical path recovery time after fiber is cut between PR #3 - PR #4



参考: W. Imajuku and K. Shimano, "GMPLS Functionality and Control Plane Architecture for Fault-Tolerant Photonic-IP Network," OECC/COIN-PS 2004, Paper 15B2 (Invited)

第二部

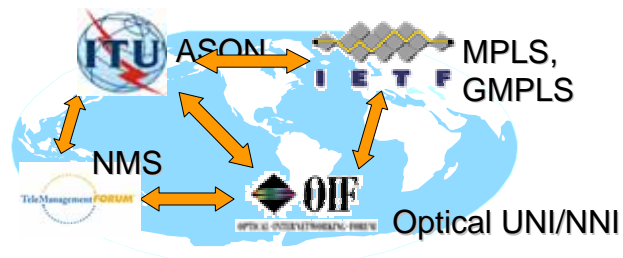
Generalized MPLS技術

- GMPLSの概要
- GMPLSアーキテクチャ
- リンクマネジメントプロトコル
- ルーティングプロトコル
- シグナリングプロトコル
- プロテクション・リストラクション
- 最新の標準化動向

GMPLS関連技術の標準化動向

～ 各標準化団体の関係 ～

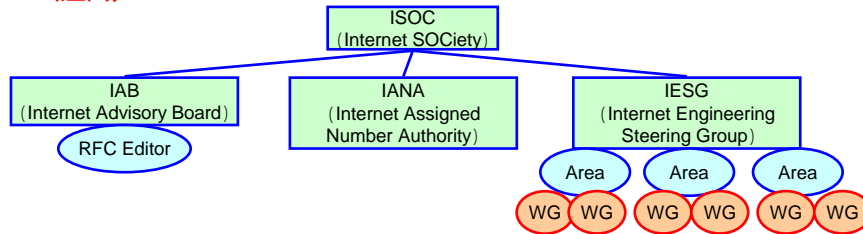
- ITU-T (SG13, SG15)
UNI, I-NNI, Inter-carrier E-NNIのRequirements, Architecture (ASON)が中心
プロトコルニュートラルな仕様を制定
- IETF (CCAMP, PCE, L1-VPN)
I-NNIのプロトコル(GMPLS)を制定、UNIにも触手を伸ばしている。
シグナリング(RSVP-TE)、ルーティング(OSPF, IS-IS)、リンク管理(LMP)



- OIF
 - UNIのRequirements, Architectureの策定が中心
 - UNI 1.0, UNI1.0R2策定、UNI 2.0策定中、Intra-carrier E-NNI策定中

GMPLSの標準化動向 ～ IETFの組織構造～

IETF組織



Area :

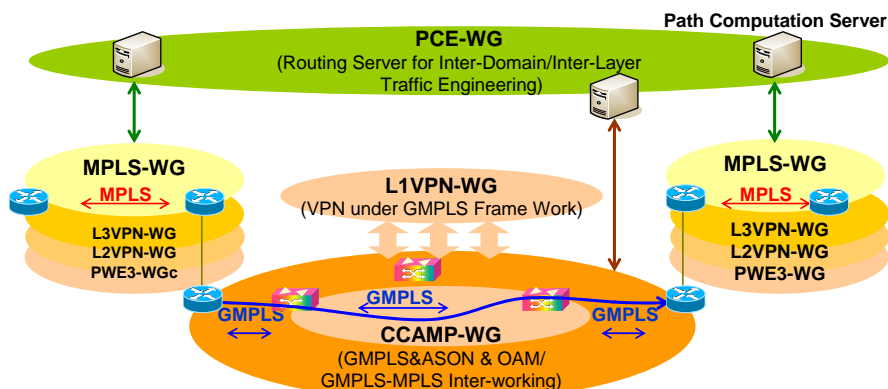
- Applications Area
- General Area
- Internet Area
- Operations and Management Area
- Routing Area
- Security Area
- Transport Area

- LDAP/NNTP等のWG
- IP Rに関するWG、IETF運営方針に関わるWG
- Ether Pseudowire, L2 VPN, L3VPN等のWG
- ADSL-MIB, Cable-MIB等のWG
- CCAMP/PCE/L1 VPN等のWG
- KITTEN/PKI4IPSEC等のWG
- SIP/IP Telephony等のWG



GMPLSの標準化動向 ～ IETFのWorking Group～

各WGの技術領域



その他最新の動向 (1)

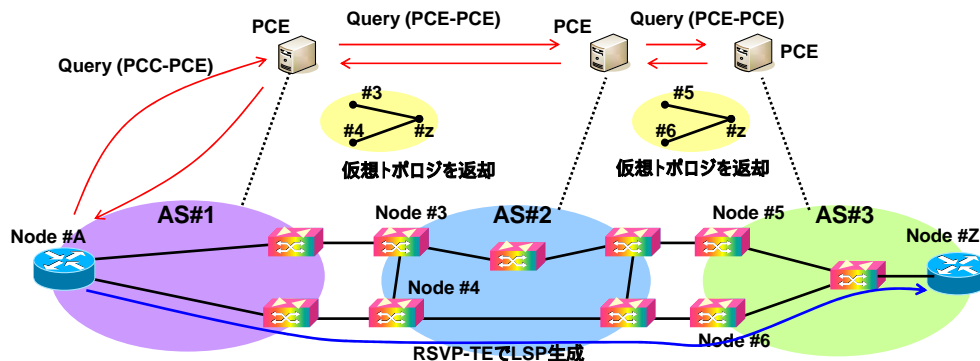
■ Path Computation Element (PCE)

- 目的
 - Inter-Area/AS/Layer Traffic Engineering (LSP経路計算) の実現
- アーキテクチャ
 - LSR (Label Switch Router)の外部にPCEを配備可能なアーキテクチャ
 - IGP Area単位に配備 (冗長PCEは当然あり)
 - 集中的な経路計算
 - 分散的なアプローチで解決が困難な用途に適用
- メリット
 - CPUパワーを消費する複雑な制約経路計算が可能に
 - キャリヤにとっては自身の運用ポリシーの反映が容易に

その他最新の動向 (2)

■ Inter-AS 光LSPの生成イメージ

- PCEプロトコルでNode #Zへの到達経路を質問
- 仮想的なリンク情報でNode #Zへの到達性を返答
 - AS内部の網構成の秘匿性は確保



その他最新の動向 (3)

- Layer 1 VPN
 - GMPLS-VPNのFrame Work、プロトコル拡張
 - Layer 1リソースのパーティショニング(仮想プライベートネットワーク)
 - Layer 1制御プレーンのマルチクライアント対応
 - PE (Provider Edge)デバイスのGMPLS化
- Multi-Layer Switching Capability制御 (Multi-Region NW制御)
 - Packet Switch/Lambda Switchの統合ノードの制御とルーティング拡張
- VCAT/LCAS制御
 - SDH/SONETのVirtual Concatination /Link Capacity Adjustment Scheme (ITU-T G.7041/7042)のGMPLS制御によりTDM-LSPの動的容量可変制御を実現
- Ether VLAN制御
 - VLANをGMPLSで制御 ???



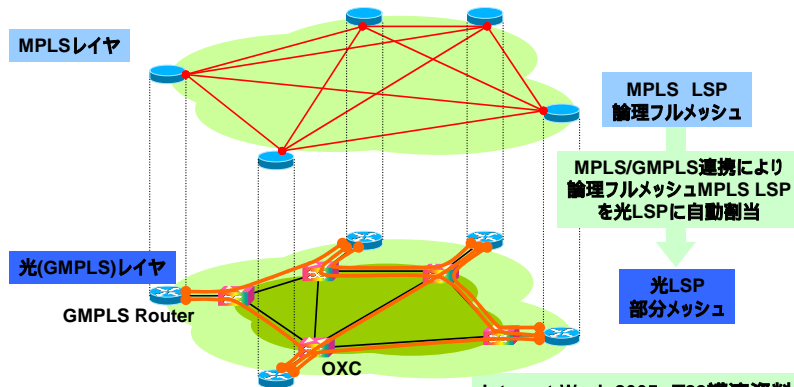
Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

Internet Week 2005 T23講演資料

Page 77

その他最新の動向 (4)

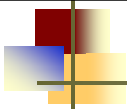
- IP-GMPLS Interworking
 - Classical IP網への仮想リンク広告 (既存ルータのアップグレード無しに連携)
- MPLS-GMPLS Interworking
 - MPLSとGMPLSの連携
 - Full Mesh MPLS LSPを動的にGMPLS LSPに割当るような使い方(下図)



Copyright Nippon Telegraph and Telephone Corp.

Internet Week 2005 T23講演資料

Page 78



まとめ

■ Generalized MPLS技術

- IP-NWのアーキテクチャを変える鍵の技術
- 近未来シナリオ
 - 設備投資コスト削減
 - Layer 1での故障救済
 - » LSP Hierarchyでよりスケーラブルな制御を実現
 - » 予備系の共有によるファイバとルータIF投資の削減
 - オペレーションコスト削減
 - サービス網とバックボーン網のスムーズな連携
- 将来のシナリオ
 - GMPLSとMPLSの連携からマイグレーションに進化
 - 論理Full Mesh LSPをトラフィックドリブンに光のLSPに動的に寄せ換え
 - = 動的光カットスルー制御の実現