

**MITSUBISHI**  
三菱電機

*Changes for the Better*

# 全光ネットワークに向けた 光クロスコネクタ技術

2003年2月19日

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所  
妹尾 尚一郎

1. 背景、動向
2. 光スイッチプレーン技術
3. 光パスの高信頼性技術
4. 光パスのプロテクション技術
5. 実ネットワークへの適用
6. まとめ

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

1

**MITSUBISHI**  
三菱電機

## 1. 背景、動向

*Changes for the Better*

### 1.1 社会的ニーズ

(1) e-Japan計画によれば、5年以内に3000万世帯が高速インターネット(約30Mbps)を利用し、1000万世帯が超高速インターネット(約100Mbps)を利用。

(2) 上記環境が実現すると、バックボーンネットワークの通信容量は現在の2000~20000倍(6Tbps~60Tbps)が必要。

ブロードバンドアクセス加入世帯の予測

年	DSL	CATV	FTTH	FWA	合計
2000	0	0	0	0	0
2001	~200	~100	~100	~100	~500
2002	~400	~200	~300	~100	~1000
2003	~800	~300	~600	~100	~1800
2004	~800	~300	~800	~100	~2000
2005	~800	~300	~1000	~400	~2500

郵政事業庁、「21世紀における情報通信ネットワーク整備に関する懇談会」第2次中間報告に基づく

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

2



三菱電機

## 1. 背景、動向

*Changes for the Better*

---

### 1.2 キャリアニーズ

- (1) 通信トラフィックの増大に応じたノードの大容量化
- (2) 伝送路コスト(トランスポング等)の低減
- (3) ネットワーク管理コストの削減、帯域利用の効率化
- (4) エンドユーザへのサービス向上
  - ・オンデマンドで高速なパス設定、帯域予約
  - ・QoSの確保

レイヤ構造を再構築し、キャリアニーズを満たす“簡素”かつ“柔軟”なネットワークを実現

従来型ネットワークレイヤ構造



今後のネットワークレイヤ構造



キャリアの収入構造の変化 →

トラフィックのIPへの集約  
QoS / on demand 帯域確保

波長パスによる  
大容量ネットワーク構築

新たな全光ネットワークの構築 → **光クロスコネクタ(OXC)**

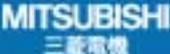
© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.



三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

3



三菱電機

## 1. 背景、動向

*Changes for the Better*

---

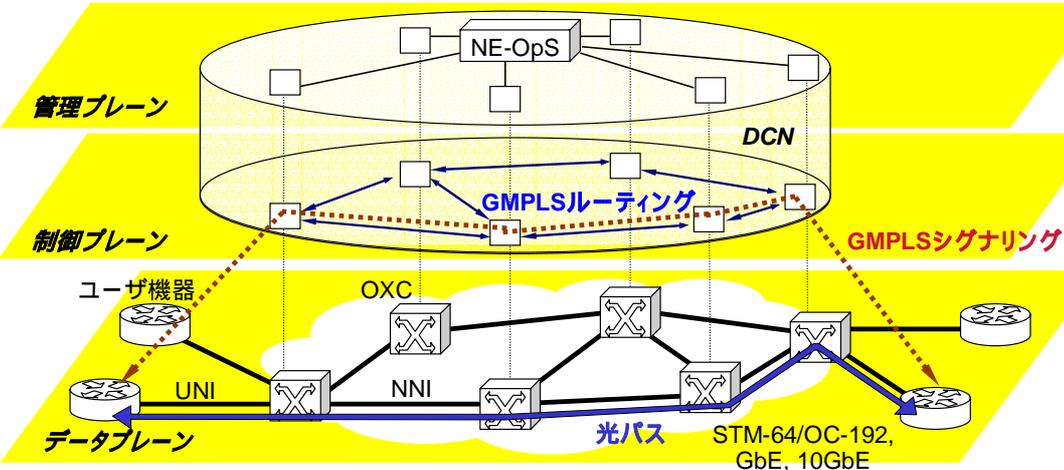
### 1.3 GMPLSによる自律分散制御

**GMPLS機能**

GMPLSルーティング：リソース利用状況に応じた経路選択  
GMPLSシグナリング：動的な光パス設定  
(プロテクション、相互接続性に対応)

**メリット**

プロビジョニングの高速化  
管理負荷の軽減  
新サービスの提供  
相互接続性確保



データプレーン: 光パス (STM-64/OC-192, GbE, 10GbE)

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.



三菱電機株式会社

DCN: Data Communication Network

PILワークショップ 2003-02-19

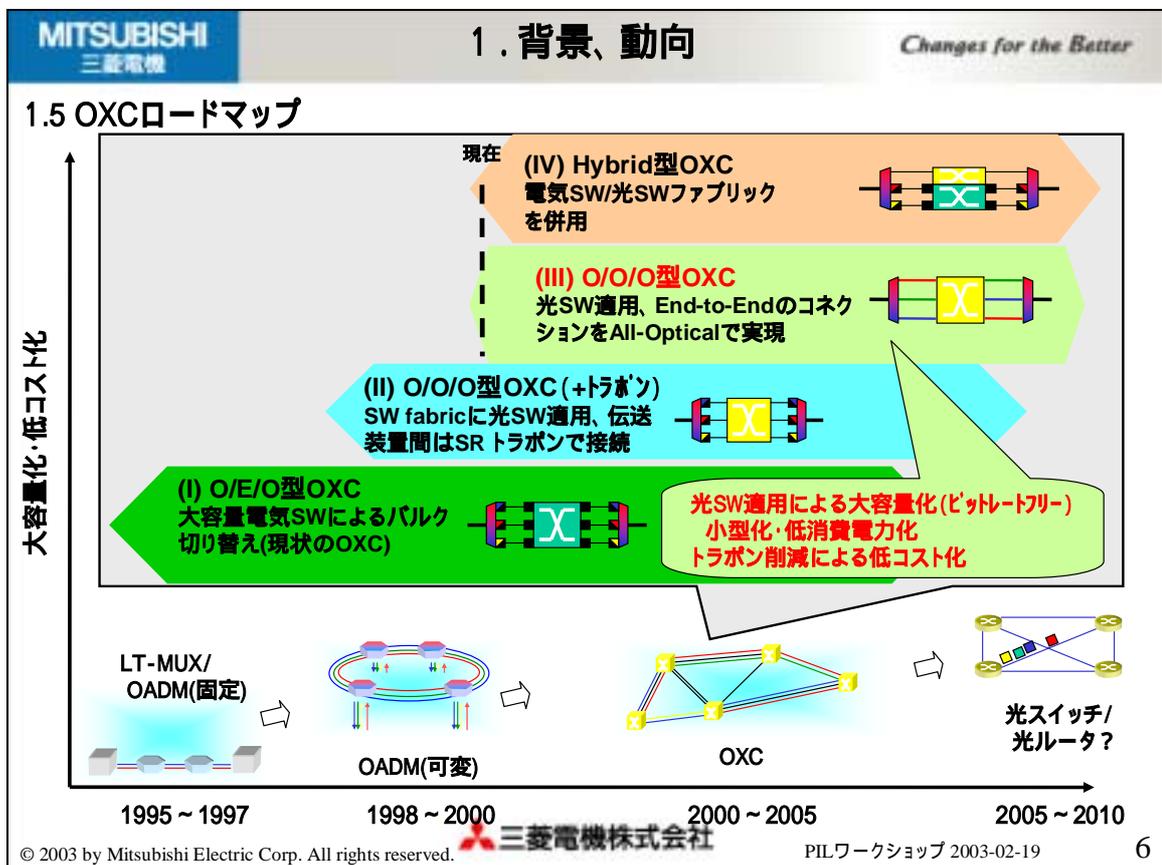
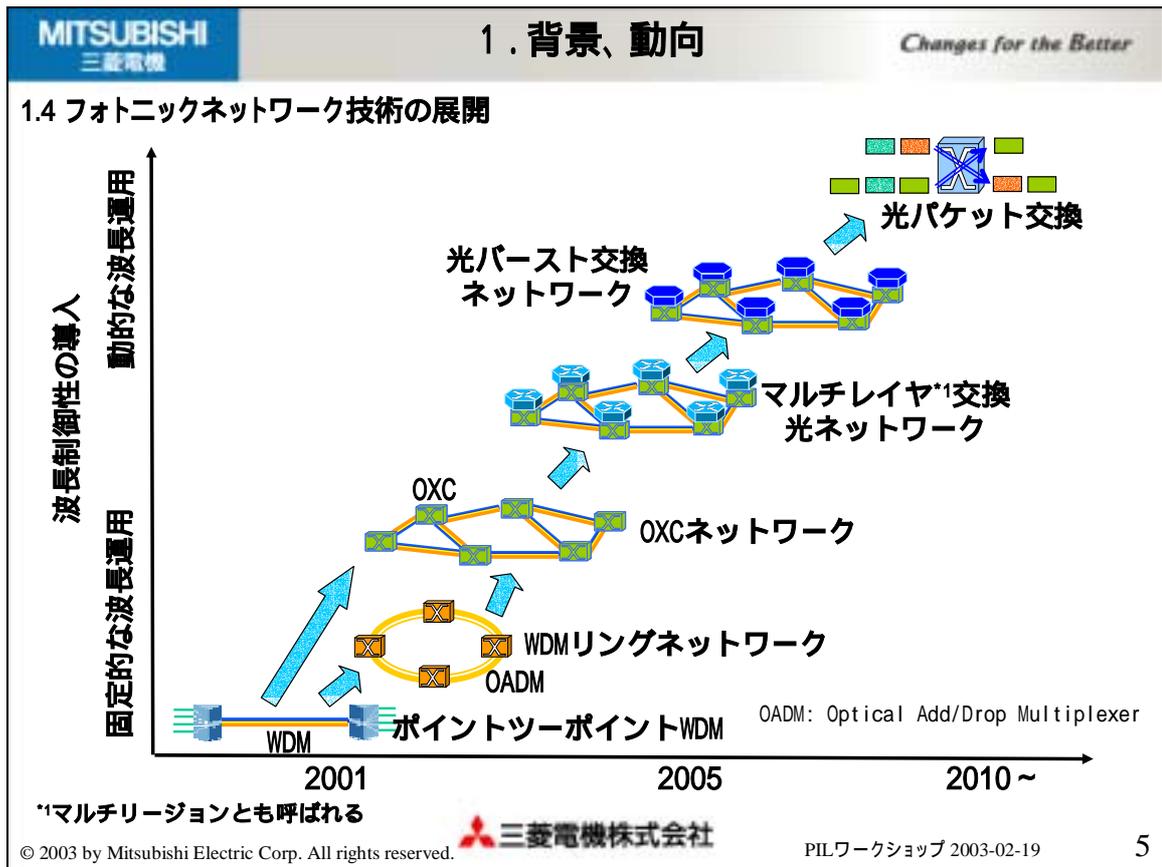
4

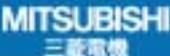
- 62 -

2003-2-19

B4. 全光ネットワークに向けた光クロスコネクタ技術

妹尾 尚一郎





MITSUBISHI  
三菱電機

## 2. 光スイッチプレーン技術

*Changes for the Better*

**光スイッチプレーン: 光パスを切替えるスイッチファブリック**

**技術要素**

- (A) 光スイッチ  
光路の構成、材質、駆動機構、... 速度、サイズ、挿入損失、信頼性、...
- (B) スイッチプレーン構成  
高密度実装、高信頼性、試験機能・保守性、制御の容易さ、高速な応答、...
- (C) OXCにおける波長変換  
構成、制御方式(波長パスの選択/設定)、応答性、...

**GMPLS標準化への反映**

- 個別のスイッチプレーン特性のGMPLS属性への反映
- 障害への対応や制約条件の反映
- 波長パスの制御: 全光ネットワークとして議論
- プロテクション機能(後述)

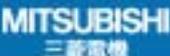
© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.



三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

7



MITSUBISHI  
三菱電機

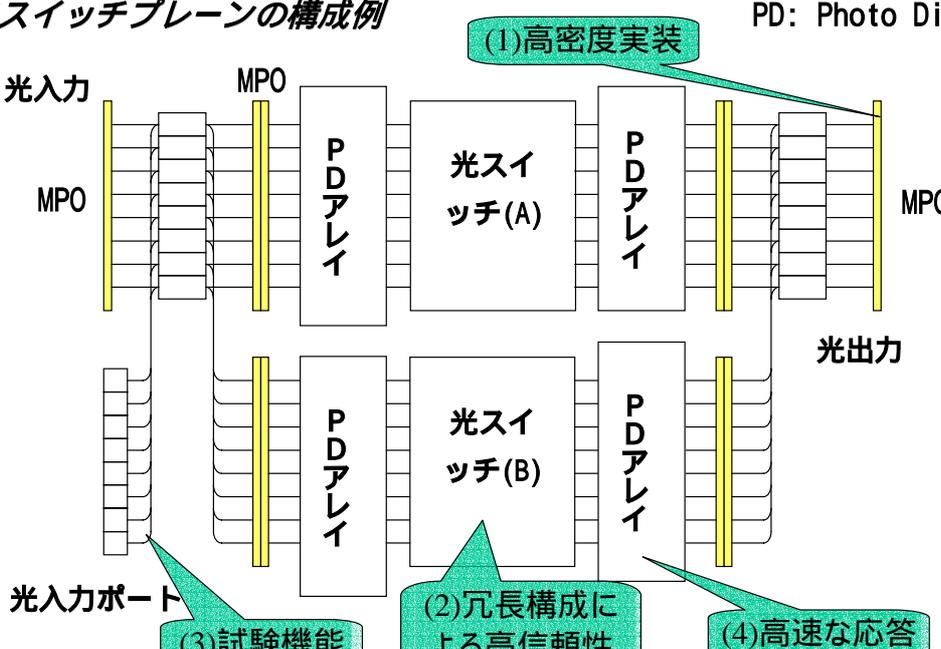
## 2. 光スイッチプレーン技術

*Changes for the Better*

**2.2 光スイッチプレーン**

**光スイッチプレーンの構成例**

光入力



PD: Photo Diode

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.



三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

8

**MITSUBISHI**  
三菱電機

## 2. 光スイッチプレーン技術

*Changes for the Better*

---

**2.2 光スイッチプレーン**

**スケーラブルな光スイッチプレーン**

- ・小規模光スイッチの組合せ
- ・部分的増設が可能
- ・多様な光スイッチ技術に対応

**課題**

- ・接続箇所が増え挿入損失が増大
- ・基板サイズの増大、基板間の接続
- ・保守運用性：  
障害時の切り分け、保守。

**Closスイッチの適用**  
(32x32スイッチ 512x512スイッチプレーン)

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

9

**MITSUBISHI**  
三菱電機

## 3. 光パスの高信頼性技術

*Changes for the Better*

---

**3.1 光パスのモニタ**

(1) 現状の光ネットワーク

ノード毎のO/E/O処理によるリソース正常性監視

- ・監視: 監視バイト/テストパターンの挿入
- ・管理装置によるパス設定・管理

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

10



三菱電機

### 3. 光パスの高信頼性技術

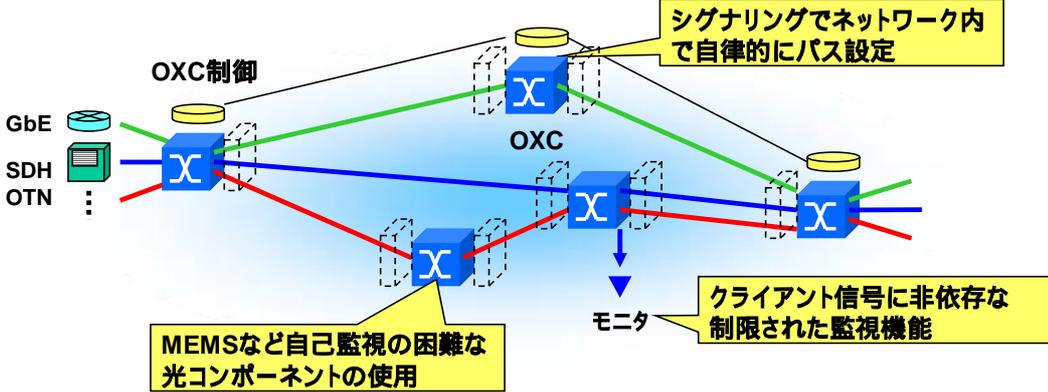
*Changes for the Better*

#### 3.1 光パスのモニタ

(2) 全光ネットワークにおけるリソース正常性確認

トランスパレントネットワークにおける自律分散的な正常性監視

- ・クライアント信号に非依存な監視：LoL (光断) 検出、光性能監視
- ・シグナリングベースでのパス設定：GMPLS



© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.  三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19 11



三菱電機

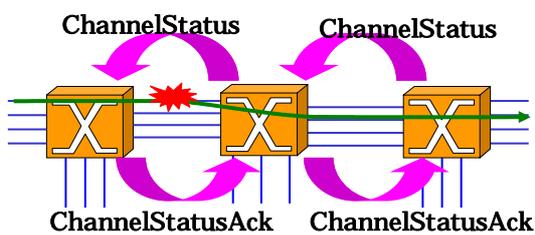
### 3. 光パスの高信頼性技術

*Changes for the Better*

#### 3.2 正常性確認手順

*LMPによる障害切り分け手順*

- ・LMPメッセージをやり取りしノード間で障害箇所を特定
- ・各OXCは光パス上流からの信号と下流への信号の状態をチェック



*MPLS trace*

- ・GMPLSのパスについてping, tracerouteに準じた機能を実現
- ・IETFにて要件文書を作成

*光パス設定時の導通試験*

- ・全光ネットワークにおいて光パスの設定時に導通性を確認
- ・55th IETFに要件、フレームワークを提案(当社)

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.  三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19 12

**MITSUBISHI**  
三菱電機

### 3. 光パスの高信頼性技術

*Changes for the Better*

#### 3.2 正常性確認手順

光パス設定時の導通試験  
・パスに割当てられたリソースの正常性を確認

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

13

**MITSUBISHI**  
三菱電機

### 4. 光パスのプロテクション技術

*Changes for the Better*

#### 4.1 プロテクション方式の分類

プロテクションの対象と現用 / 予備リソース利用方法により分類：  
*Protection Architecture*

プロテクション	パスプロテクション (パス全体を対象)	┌───┐	1+1
		├───┤	1:1
		└───┘	m:n
	セグメントプロテクション (パスとスパンの中間単位)	┌───┐	1+1
		├───┤	1:1
		└───┘	m:n
	スパンプロテクション (パスを構成する個々のリンクを対象)	┌───┐	1+1
		├───┤	1:1
		└───┘	m:n

リンク

←───→

セグメント

←──────────→

パス

←──────────────────────────→

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

14

**MITSUBISHI**  
三菱電機

### 4. 光パスのプロテクション技術

*Changes for the Better*

---

**4.1 プロテクション方式の分類**

プロテクション方式を反映したパスのサービスクラス

クラス	概要	特徴		
		切替速度	信頼性	帯域効率
1+1		<b>高速</b> 1ms以下	<b>高</b>	<b>低</b>
1:1 M:N	<p>1:1の場合</p>	<b>50ms以下</b>	<b>↑</b>	<b>↓</b>
Unprotected	プロテクションによる保護が無いパス			
エクストラ トラフィック	経路にプロテクションパスの予備パスを含むため、それへの切替が起きた場合に導通が保証されないパス	<b>低速</b>	<b>低</b>	<b>高</b>

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

15

**MITSUBISHI**  
三菱電機

### 4. 光パスのプロテクション技術

*Changes for the Better*

---

**4.1 プロテクション方式の分類**

*Shared Mesh Protection*

メッシュ網において**1:1パスプロテクション**の予備パスを複数の現用パス間で共用

- ・ 予備パス帯域を効率的に利用
- ・ 単一障害が全現用パスに及ばないようにパスが共有するリスクを考慮し選択

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

16

MITSUBISHI 三菱電機

## 4. 光パスのプロテクション技術

Changes for the Better

### 4.2 プロテクションパスの経路選択

#### プロテクションパスの選択

現用パス

リンクディスジョイントな予備パス

ノードディスジョイントな予備パス

現用パスから独立性の高い予備パスの経路を選択  
(単一障害時に予備パスと現用パスが同時に使用不能にならない)  
リンクディスジョイント  
ノードディスジョイント  
SRLG (Shared Risk Link Group) ディスジョイント

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved. 三菱電機株式会社 PILワークショップ 2003-02-19 17

MITSUBISHI 三菱電機

## 4. 光パスのプロテクション技術

Changes for the Better

### 4.2 プロテクションパスの経路選択

(1) Shared Mesh Protectionを考慮した経路選択

- ・予備パスとして共用可能な帯域の学習: ルーティングプロトコルで広告
- ・共用率を向上させるように予備パスを選択: シグナリングプロトコルへ必要な情報を追加

現用パス設定時、その現用パスと重なる他の現用パスの障害時に各リンクで必要となる予備パスの最大使用帯域を学習。  
予備パスの帯域と で学習した帯域の和が各リンク上の予備パス用帯域を下回るように予備パスの経路を選択。  
で選択した経路に沿って予備パスを設定すると共に、現用パス上のシグナリングによって各リンクで必要となる予備パスの最大使用帯域を更新。  
課題: SRLGの考慮、現用パスと予備パスの同時選択

(2) SRLGを考慮した経路選択

- ・SRLG情報の入手: 手動またはルーティングプロトコルによる広告

課題: SRLG情報の機密保持

- ・経路選択への反映

課題: 負荷、妥当性

(3) エクストラトラヒックを考慮した経路選択

- ・エクストラトラヒック用に予備パス帯域 / その中の未使用帯域を広告。

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved. 三菱電機株式会社 PILワークショップ 2003-02-19 18

**MITSUBISHI**  
三菱電機

### 4. 光パスのプロテクション技術

*Changes for the Better*

---

#### 4.3 プロテクションパスの設定

##### RSVP-TEによる1+1プロテクションパスの設定

ユーザ  
トラフィック

現用パス

予備パス

- ・GMPLSシグナリングにプロテクション情報を追加。
- ・IETFにおける標準化は未。

Primary path —

Secondary path —

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

19

**MITSUBISHI**  
三菱電機

### 4. 光パスのプロテクション技術

*Changes for the Better*

---

#### 4.4 プロテクション動作

##### パスプロテクションにおける障害検出と予備パスへの切替

- ・1+1プロテクションで片方向毎の切替以外はシグナリングが必要。
- ・GMPLSシグナリングへプロテクション制御メッセージを追加。パス端ノードの片方がパスのマスターとなって切替を指示。
- ・エクストラトラフィック収容時、更にエクストラトラフィック収容端の切替やトラフィックの不適當な流入を防止する手順が必要。
- ・IETFにおける標準化は未。

パスのマスター

予備パス

現用パス

障害検出

障害

通知

切替指示

光SW切替

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

三菱電機株式会社

PILワークショップ 2003-02-19

20

- 70 -

2003-2-19

**MITSUBISHI**  
三菱電機

## 4. 光パスのプロテクション技術

*Changes for the Better*

### 4.4 プロテクション動作

H/WとS/Wの効率的な組合せにより高速、柔軟性ある動作を実現可能

H/W切り替え=1+1  
S/W切り替え=1:1, N:M

光パスプロテクションの実現例

三菱電機株式会社

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

PILワークショップ 2003-02-19

21

**MITSUBISHI**  
三菱電機

## 5. 実ネットワークへの適用

*Changes for the Better*

### 5.1 シグナリング

(1) GMPLSシグナリングプロトコル

- ・IETFでの標準化: Last Call終了、ISEG承認待ち。
- ・GMPLS相互接続デモ(RSVP-TE): MPLS Forum, 欧州のLION
- ・OIF相互接続デモ(RSVP-TE): UNI 1.0, NNI

(2) トラヒックモデル、性能

- ・光パスは太束なので問題ないか？

### 5.2 プロテクション

(1) プロテクション時間

- ・1+1では2ms、1:1でも10ms程度の報告 SONET/SDH規定50msを充足可能
- ・ただし光レベルでの無瞬断切替は困難 電気レイヤとの連携

三菱電機株式会社

© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.

PILワークショップ 2003-02-19

22

<b>MITSUBISHI</b> 三菱電機	6. まとめ	<i>Changes for the Better</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>・全光ネットワークに向けた光クロスコネクタ技術の動向<ul style="list-style-type: none"><li>光スイッチプレーン技術</li><li>光パスの高信頼化技術</li><li>光パスのプロテクション技術</li><li>実ネットワークへの適用</li></ul></li> <li>・今後のテーマ<ul style="list-style-type: none"><li>光パスのTransparent Domainの拡大</li><li>波長パスの制御(デバイス、ルーティング、シグナリング)</li><li>相互接続性の検証</li></ul></li></ul>		
© 2003 by Mitsubishi Electric Corp. All rights reserved.	 三菱電機株式会社	PILワークショップ 2003-02-19