

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4528147号  
(P4528147)

(45) 発行日 平成22年8月18日(2010.8.18)

(24) 登録日 平成22年6月11日(2010.6.11)

(51) Int.Cl.

F 1

HO4J 14/00	(2006.01)	HO4B	9/00	E
HO4J 14/02	(2006.01)	HO4B	9/00	H
HO4B 10/02	(2006.01)	HO4B	9/00	U

請求項の数 12 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2005-24840 (P2005-24840)
(22) 出願日	平成17年2月1日 (2005.2.1)
(65) 公開番号	特開2006-217010 (P2006-217010A)
(43) 公開日	平成18年8月17日 (2006.8.17)
審査請求日	平成19年5月8日 (2007.5.8)

(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(74) 代理人	110000350 ボレール特許業務法人
(74) 代理人	100068504 弁理士 小川 勝男
(74) 代理人	100086656 弁理士 田中 恭助
(72) 発明者	菊池 信彦 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

審査官 工藤 一光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光波長挿入分岐装置およびそれを用いた光ネットワーク装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

入力された波長多重光信号を波長ごとに分離し、分離された光信号の一部もしくはすべてを、波長ごとにアッド・ドロップした後に、再びこれらの光信号を合波して出力する機能を有する光波長挿入分岐装置であって、

前記波長多重光信号を伝送する波長多重回線に対して所望の波長を有する少なくとも1つの光信号をアッドする、又は前記波長多重回線から所望の波長を有する少なくとも1つの光信号をドロップする機能を有する光スイッチを有し、

前記光スイッチは、前記光信号をアッド状態または非アッド状態のいずれかに切り替え可能なアッズスイッチ、又は前記光信号をドロップ状態または非ドロップ状態のいずれかに切り替え可能なドロップスイッチであり、

前記アッズスイッチおよび前記ドロップスイッチは、それぞれ前記光波長挿入分岐装置の出力側および入力側に設けられ、

さらに、前記波長多重回線上で発生する光信号の障害を検出する障害検出部、もしくは外部から障害情報を受信する障害情報受信部、および、前記アッズスイッチおよび前記ドロップスイッチの状態を切り替える光スイッチ制御回路を備え、

前記障害検出部もしくは前記障害情報受信部からの障害発生情報を前記光スイッチ制御回路に入力し、前記障害発生情報の検出もしくは受信した際にその情報に基づき、前記アッズスイッチもしくは前記ドロップスイッチのいずれか一方、または前記アッズスイッチ及び前記ドロップスイッチの双方を切り替える手段を有することを特徴とする光波長挿入分

岐装置。

【請求項 2】

現用および予備波長多重回線に接続された請求項 1 記載の光波長挿入分岐装置が前記波長多重回線の最下流に配置されている場合に、

前記光波長挿入分岐装置が前記現用波長多重回線に接続されている時に、通常動作時においては、前記ドロップスイッチをドロップ状態に設定し、一方、前記波長多重回線の障害発生時においては、前記ドロップスイッチを非ドロップ状態に切り替えるように設定可能であり、

また、前記光波長挿入分岐装置が前記予備波長多重回線に接続されている時には、通常動作時においては、前記ドロップスイッチを非ドロップ状態に設定し、前記波長多重回線の障害発生時においては、前記ドロップスイッチをドロップ状態に切り替えるように設定可能であることを特徴とする光波長挿入分岐装置。 10

【請求項 3】

現用および予備波長多重回線に接続された請求項 1 記載の光波長挿入分岐装置が前記波長多重回線の最上流に配置されている場合に、

前記光波長挿入分岐装置が前記現用波長多重回線に接続されている時に、通常動作時においては、前記アッドスイッチをアッド状態に設定し、一方、前記波長多重回線の障害発生時においては、前記アッドスイッチを非アッド状態に切り替えるように設定可能であり、

また、前記光波長挿入分岐装置が予備回線に接続されている時に、通常動作時においては、前記アッドスイッチを非アッド状態に設定し、前記波長多重回線の障害発生時においては、前記アッドスイッチをアッド状態に切り替えるように設定可能であることを特徴とする光波長挿入分岐装置。 20

【請求項 4】

請求項 2 および請求項 3 記載の光波長挿入分岐装置をともに備えたことを特徴とする光波長挿入分岐装置。

【請求項 5】

現用および予備波長多重回線に接続された請求項 1 記載の光波長挿入分岐装置が前記現用波長多重回線に接続されている場合に、

前記波長多重回線の障害が前記光波長挿入分岐装置の直上流で発生した時は、前記アッドスイッチをアッド状態に切り替えるように設定可能であり、 30

一方、前記波長多重回線の障害が前記光波長挿入分岐装置の直下流で発生した時は、前記ドロップスイッチをドロップ状態に切り替えるように設定可能であることを特徴とする光波長挿入分岐装置。

【請求項 6】

現用および予備波長多重回線に接続された請求項 5 記載の光波長挿入分岐装置が前記予備の波長多重回線に接続されている場合に、

前記障害が現用波長多重回線の直上流で発生した時は、前記ドロップスイッチをドロップ状態に切り替えるように設定可能であり、

一方、前記障害が現用波長多重回線の直下流で発生した時は、前記アッドスイッチをアッド状態に切り替えるように設定可能であることを特徴とする光波長挿入分岐装置。 40

【請求項 7】

請求項 1 記載の光波長挿入分岐装置において、

各波長の光信号の経路にスルー光を遮断するスイッチを配置したことを特徴とする光波長挿入分岐装置。

【請求項 8】

請求項 2 ないし 7 に記載の光波長挿入分岐装置であって、

前記光スイッチ制御回路は、該光波長挿入分岐装置が備えられたノードが有する他の光波長挿入分岐装置の光スイッチ制御回路と協調して、前記アッドスイッチもしくは前記ドロップスイッチのいずれか一方、または前記アッドスイッチ及び前記ドロップスイッチの 50

双方を切り替える手段を有することを特徴とする光波長挿入分岐装置。

【請求項 9】

現用および予備波長多重回線にそれぞれ接続された現用側および予備側の請求項 1 記載の光波長挿入分岐装置を備え、

外部より入力された光信号を前記波長多重回線にアドする場合に、前記光信号を 1 : 2 光カプラを介して 2 分岐した後に、前記現用側光波長挿入分岐装置のアド光入力ファイバ、および前記予備側光波長挿入分岐装置のアド光入力ファイバにそれぞれ接続することを、

また、前記光信号を前記波長多重回線からドロップする場合に 2 : 1 光カプラを用いて、前記現用側光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバ、および前記予備側光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを光カプラの 2 つの入力ファイバにおのの接続し、両ドロップ光出力ファイバの出力光のいずれかが光カプラの出力ファイバより出力されるよう配置したことを特徴とする光ネットワーク装置。

【請求項 10】

順方向および逆方向の現用波長多重回線と順方向および逆方向の予備波長多重回線にそれぞれ接続される、請求項 5 記載の現用側順方向、現用側逆方向、予備側順方向および予備側逆方向の 4 つの光波長挿入分岐装置を備え、

前記現用側順方向の光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを前記予備側順方向の光波長挿入分岐装置のアド光入力ファイバに接続し、

前記予備側順方向の光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを前記現用側順方向の光波長挿入分岐装置のアド光入力ファイバに接続し、

前記現用側逆方向の光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを前記予備側逆方向の光波長挿入分岐装置のアド光入力ファイバに接続し、

前記予備側逆方向の光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを前記現用側逆方向の光波長挿入分岐装置のアド光入力ファイバに接続したことを特徴とする光ネットワーク装置。

【請求項 11】

順方向および逆方向の現用波長多重回線と順方向および逆方向の予備波長多重回線にそれぞれ接続される、請求項 5 記載の現用側順方向、現用側逆方向、予備側順方向および予備側逆方向の 4 つの光波長挿入分岐装置を備え、

前記現用側順方向の光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを前記予備側逆方向の光波長挿入分岐装置のアド光入力ファイバに接続し、

前記予備側順方向の光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを前記現用側逆方向の光波長挿入分岐装置のアド光入力ファイバに接続し、

前記現用側逆方向の光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを前記予備側順方向の光波長挿入分岐装置のアド光入力ファイバに接続し、

前記予備側逆方向の光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを前記現用側順方向の光波長挿入分岐装置のアド光入力ファイバに接続したことを特徴とする光ネットワーク装置。

【請求項 12】

請求項 9 乃至 11 に記載の光ネットワーク装置であって、

該ネットワーク装置が備える光波長挿入分岐装置は、該光波長挿入分岐装置が備えられたノードが有する他の光波長挿入分岐装置の光スイッチ制御回路と協調して、前記アドスイッチもしくは前記ドロップスイッチのいずれか一方、または前記アドスイッチ及び前記ドロップスイッチの双方を切り替える手段を有する光波長挿入分岐装置であることを特徴とする光ネットワーク装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光波長挿入分岐装置およびそれを用いた光ネットワーク装置に係り、特に光

10

20

30

40

50

ファイバを用いた光情報伝送に関わるものである。

【背景技術】

【0002】

一本の光ファイバ中に波長の異なる複数の光信号を多重して情報伝送を行う波長多重(WDM)光伝送方式は光ファイバ通信の大容量化に極めて有効な手法である。光波長挿入分岐装置(OADM)は、波長多重信号を運ぶ光ファイバネットワーク中の各ノードに配置される伝送装置の一種であり、光ファイバを伝送されるWDM信号中から必要な波長の信号のみを分岐(ドロップ)して受信したり、またWDM信号に本ノードから送出される光信号を挿入(アッド)する技術である。光波長挿入分岐装置では光ファイバを伝送される大部分のWDM信号は受信して電気信号に直すことなく、光のまま透過(スルー)させることができるため、各ノードに必要となる光送受信器数を大幅に節減できるという利点を持っている。中でも光スイッチ等を用いることで、各ノードでアッド・ドロップする波長を必要に応じて変更することが可能な可変光波長挿入分岐装置(ROADM)は、将来的のネットワークの成長に応じてフレキシブルに伝送装置の構成を変化させて波長回線を設定することができるため、大きな注目を集めている。その代表的な構成を非特許文献1に示す。なお以下では本装置を簡単のため光波長挿入分岐装置と呼ぶ。

10

【0003】

図5に代表的な従来の光波長挿入分岐装置140の構成を示す。他の光波長挿入分岐装置などの波長多重光伝送装置から伝送された波長多重信号は、入力波長多重光ファイバ回線101から入力されたのちに光波長挿入分岐装置140に入力される。本例は8波長の光信号が波長多重されている例であり、波長多重信号は光波長分波器102によって、波長1～8の波長ごとに異なるスルー光経路104-1～8に分離され、その後、再び光波長合波器110によって波長多重されたのちに出力波長多重光ファイバ回線111から他の光伝送装置に向けて送出される。光波長分波器102や光波長合波器110としては、通常AWG(アレイドウェーブガイドグレーティング)素子や、誘電体多層膜や光ファイバグレーティングなどをタンデム接続した素子などが使用される。

20

【0004】

各スルー光経路104-1～8の途中には、光信号のアッド・ドロップ状態の切り替えに用いる2×2光スイッチ141-1～8が配置されている。各2×2光スイッチは、スルー状態、もしくはアッド・ドロップ状態の2つの状態に切り替え可能である。スルー状態とは、2×2光スイッチ141-1の例のように、入力波長多重光ファイバ回線101から光波長分波器102を経由して各スルー光経路に入力された各波長の光信号(例:1)をそのまま光波長合波器110を経由して出力波長多重光ファイバ回線111に出力する状態である。一方、アッド・ドロップ状態とは、2×2光スイッチ141-2の例のように、入力波長多重光ファイバ回線101から光波長分波器102を経由して各スルー光経路に入力された各波長の光信号(例:2)をドロップ光出力ファイバ108-2に取り出すとともに、アッド光入力ファイバ109-2から入力された波長2の光信号を、スルー光経路104-2に接続し、光波長合波器110を経由して出力波長多重光ファイバ回線111に出力する状態である。すなわち、入力波長多重光ファイバ回線101から入力される各波長Nの光信号は、対応した光スイッチ141-Nがスルー状態の場合には本光波長挿入分岐装置を透過し(スルー)、また光スイッチ141-Nがアッド・ドロップ状態の場合には、本光波長挿入分岐装置で分岐・取り出し(ドロップ)されるとともに、新規の光信号が追加(アッド)されて出力波長多重光ファイバ回線111に出力される。

30

【0005】

一方、OADMなどを用いた波長多重光ネットワークにおける重要な機能のひとつが光プロテクション機能であり、その手法は例えば特許文献1に開示されている。図6は従来の光プロテクションの構成例である。本例は、リングネットワークのノード124-1～124-2間に設定された波長1の光信号の経路を現用・予備回線で2重化し、現用回線に障害が起きた場合には受信側で予備側に切り替える光1+1方式である。光ネットワーク

40

50

は、右回りの現用波長多重光ファイバ多重回線 120 と左回りの予備波長多重光ファイバ回線 121 の 2 本の光ファイバ回線によって、3 つのノード 124-1 ~ 3 が接続された構成である。各ノードには現用側の従来の光波長挿入分岐装置 143-1 ~ 3 と、予備側の従来の光波長挿入分岐装置 144-1 ~ 3 が配置され、それぞれ現用波長多重回線 120 と予備波長回線 121 に接続されている。ノード 124-1 と 124-2 の光波長挿入分岐装置は波長 1 の信号をアッド・ドロップして、互いに通信を行う。

#### 【0006】

光プロテクションを用いない場合には予備回線 121 や図中の 1:2 光カプラ 128、  
2×1 光スイッチ 142 を用いず、現用波長多重光ファイバ回線 120 のみを用いて伝送  
を行う。すなわち光送信器 125-1 を現用側光波長挿入分岐装置 143-1 のアッド光  
入力ファイバ 109-1-1 に、また光受信器 126-2 を現用側光波長挿入分岐装置 1  
43-2 のドロップ光出力ファイバ 108-2-1 に接続する構成とし、光信号は波長  
1 の現用光信号の経路 122-1 を通って右回りにノード 124-1 から 124-2 に伝  
送されて受信される。また、同時に光送信器 125-2 を現用側光波長挿入分岐装置 14  
3-2 のアッド光入力ファイバ 109-2-1 に、また光受信器 126-1 をドロップ光  
出力ファイバ 108-2-1 に接続する構成とし、光信号は波長 1 の現用光信号の経路  
122-2 を通って右回りにノード 124-2 から、スルー状態のノード 143-3 を通  
過して、ノード 124-1 に伝送されて受信される。しかしながらこの状態では、光信号  
の経路に光ファイバの切断などの障害 132 が生じると、現用光信号の経路 122-1 が  
使用できなくなりノード 124-1 から 124-2 への通信ができなくなってしまう。

#### 【0007】

光プロテクションはこのような障害が生じた際に、速やかに回線を復旧させる機能である。本従来例では、逆回りの予備波長多重回線 121 を用意し、送信側ノード（例えば 124-1）では光送信器 125-1 から出力される光信号を 1:2 光カプラ 127-1 で  
2 分岐し、現用側のアッド光入力ファイバ 109-1-1 と同時に、予備側光波長挿入分  
岐装置 144-1 のアッド光入力ファイバ 109-1-2 にも入力する。予備側波長多重  
光ファイバ回線 121 では、本光信号は波長 1 の予備光信号の経路 123-1 に沿って  
左回りに伝送され、ノード 124-3 を透過して、ノード 124-2 に到着、予備側光波  
長挿入分岐装置 144-2 のドロップ光出力ファイバ 108-2-2 から出力される。光  
受信器 126-2 の直前には 2×1 光スイッチ 142-2 が配置され、現用側と予備側の  
ドロップ光出力ファイバ 108-2-1 とおよび 108-2-2 のいずれか一方の光信号  
を選択して、光受信器 126-2 に導く構成とする。2×1 光スイッチ 142-2 は通常  
は現用側を選択しているが、障害 132 が発生し現用側の光信号 122-1 が途切  
れると、光スイッチ制御回路 145-2 は障害信号 107-2 を受けて通常数 10 ミリ秒内にす  
みやかに 2×1 光スイッチ 142-2 を予備回線側に切り替え、予備光信号の経路 123  
-1 を通過した光信号を光受信器 126-2 に導き、光信号が途切れないようにする。光  
プロテクション機能は、ノード 124-2 から 124-1 に向かう回線についてもまったく  
同様に実装される。

#### 【0008】

【特許文献 1】特開平 6-244796 号公報

【非特許文献 1】「コンフュギュラブル オー・エー・ディー・エム モジュール (Configurable OADM Module)」サンテック社 カタログ 2003 年 3 月 p. 1

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

上述の光プロテクション機能の実現には、2×1 光スイッチ 142-1 ~ 2、光スイッ  
チ制御回路 145-1 ~ 2 などの追加部品やボードが必要であり、このため装置コストが  
上昇する、追加ボードを収容するスペースが余分に必要となるなどの問題点がある。また  
各波長の回線にこれらの機能が必要となった場合に、数 10 km 離れたノード 124-1  
、124-2 に必要な部品やボードを配達し、作業者が実装する必要があり、サービス提  
供

10

20

30

40

50

供までに余分な時間がかかるという問題がある。

【0010】

また外付けの光スイッチを用いた場合、1+1や1:1などの構成の簡単な光プロテクションのみが実現可能であったが、これらの光プロテクションは予備回線の別トラフィックへの利用や多重障害などに対応しておらず、経済性や信頼性が低いという問題点がある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の課題のうち、外付けの追加部品やボード、収納スペースが必要になるなどの問題は、光波長挿入分岐装置に、光信号のアッド状態と非アッド状態に切り替え可能なアッドスイッチ、およびこれと独立に光信号のドロップ状態と非ドロップ状態に切り替え可能なドロップスイッチを配置し、これらのアッドスイッチもしくはドロップスイッチを光プロテクションスイッチとして用いて障害発生時に切り替えるようにすることで解決可能である。

10

【0012】

例えは1+1光プロテクションは、光信号の経路の最下流に配置された現用回線側の光波長挿入分岐装置において、通常はドロップスイッチをドロップ状態に設定し、障害が発生した際に非ドロップ状態に切り替えるようにし、また光信号の経路の最下流に配置された予備回線側の光波長挿入分岐装置において、通常はドロップスイッチを非ドロップ状態に設定し、障害が発生した際にドロップ状態に切り替えることで実現できる。

20

【0013】

また1:1光プロテクションは、光信号の経路の最上流に配置された現用回線側の光波長挿入分岐装置において、通常はアッドスイッチをアッド状態に設定し、障害が発生した際に非アッド状態に切り替えるようにし、また光信号の経路の最上流に配置された予備回線側の光波長挿入分岐装置において、通常はアッドスイッチを非アッド状態に設定し、障害が発生した際にアッド状態に切り替えるようにすることで実現できる。

【0014】

上記1+1光プロテクションと1:1光プロテクションの機能を兼ね備えるようにすれば、一種類の光波長挿入分岐装置において両方の光プロテクション機能を実現することができる。

30

【0015】

また、より複雑な光スパンスイッチや光リングスイッチなどの高機能の光プロテクション方式は、現用側の光波長挿入分岐装置においては、障害が直上流で発生した際にアッドスイッチをアッド状態に切り替えるように、また障害が直下流で発生した際には、ドロップスイッチをドロップ状態に切り替えるようすることで実現できる。

予備側の光波長挿入分岐装置においては、障害が現用回線側の直上流で発生した際には、ドロップスイッチをドロップ状態に切り替えることで、また障害が現用回線の直下流で発生した際にはアッドスイッチをアッド状態に切り替えることで実現できる。

【0016】

なお各波長の光信号の経路にスルー光を遮断するスイッチを配置することで本発明において、1:1光プロテクションや1+1光プロテクションなどの複数の異なる光プロテクション方式を混在して用いることが可能となる。

40

【0017】

本発明における光送信器や光受信器を配置するノードは、光送信器などの外部の光源から入力された光信号を波長多重回線にアッドする場合に1:2光カプラを介して2分岐したのちに、現用側光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバ、および予備側光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバにそれぞれ接続することで、また光信号を波長多重回線からドロップして受信する場合には2:1光カプラを用いて、現用側光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバ、および予備側光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを光カプラの2つの入力ファイバにそれぞれ接続し、両ドロップ光出力ファイバの出力光

50

のいずれかが光カプラの出力ファイバより出力されるようにし、これを受信することで実現できる。

【0018】

特に上記の送受信ノードに配置する光送受信器は、1：2光カプラを内蔵した2出力光送信器や2：1カプラを内蔵した2入力光受信器、もしくは両方をあわせた2出力2入力光送受信器の形態とすることで、より小型かつモジュール性の高い装置として実現可能である。

またスパンスイッチ機能を実現するためのネットワーク装置となるノードの構成は、現用側順方向光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを予備側順方向光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバに、予備側順方向光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを現用側順方向光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバに、現用側逆方向光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを予備側逆方向光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバに、予備側逆方向光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを現用側逆方向光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバに、互いに接続することで実現できる。

【0019】

一方、リングスイッチ機能を実現するためのネットワーク装置となるノードの構成は、現用側順方向光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを予備側逆方向光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバに、かつ予備側順方向光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを現用側逆方向光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバに、かつ現用側逆方向光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを予備側順方向光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバに、かつ予備側逆方向光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバを現用側順方向光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバに、互いに接続することで実現できる。

【0020】

特に、各光波長挿入分岐装置に複数のアッド光ファイバおよびドロップ光ファイバの出力信号を互いに入れ替え可能なマトリクススイッチ、もしくは、アッド光ファイバ及びドロップ光ファイバをそれぞれ複数の光ファイバに分岐する光カプラを配置し、上記スパンスイッチ用の接続と上記リングスイッチ用の接続のどちらか一方もしくは双方の接続を行うことで、スパンスイッチとリングスイッチを同時に実現したりさらに一般的なメッシュネットワークでの光プロテクションが実現できる。

【0021】

また複数の光ネットワークをまたがる光信号に対して各ネットワーク毎に光プロテクションを実現するには、2つのネットワークの接続点において第一の光ネットワークの現用および予備側光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバをそれぞれ第一の2：2光カプラの2つの入力ファイバに接続し、かつ第一の2：2光カプラの2つの出力ファイバをそれぞれ第二の光ネットワークの現用側および予備側光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバに接続し、また第二の光ネットワークの現用および予備側光波長挿入分岐装置のドロップ光出力ファイバをそれぞれ第二の2：2光カプラの2つの入力ファイバに接続し、かつ第二の2：2光カプラの2つの出力ファイバをそれぞれ第一の光ネットワークの現用および予備側光波長挿入分岐装置のアッド光入力ファイバに接続する構成とすればよい。

【0022】

本発明における1+1光ネットワーク全体は、請求項2の現用側および予備側光波長挿入分岐装置を配置した光ネットワーク装置において、光信号の波長多重回線への入出力点に請求項8の光ネットワーク装置を配置し、光信号を現用回線と予備回線の双方を用いて最上流の入力点から最下流の出力点まで伝送し、通常は最下流に配置された現用側および予備側光波長挿入分岐装置のドロップスイッチで現用側の経路を伝送された光信号のみをドロップして受信し、障害が発生した場合、最下流に配置された現用側および予備側光波長挿入分岐装置のドロップスイッチを切り替えて予備側の経路を伝送された光信号のみをドロップして受信することで実現できる。

【0023】

10

20

30

40

50

また、本発明における1:1光ネットワーク全体は、請求項3または4の現用側および予備側光波長挿入分岐装置を配置した光ネットワーク装置において、光信号の波長多重回線への入出力点に請求項8の光ネットワーク装置を配置し、通常は現用側の光経路のみを用いて該光信号を最上流の入力点から最下流の出力点まで伝送し、障害が発生した場合、最上流に配置された現用側および予備側光波長挿入分岐装置のアッドスイッチを切り替えて予備側の経路に光信号を伝送することで実現できる。

【0024】

さらに本発明におけるスパンスイッチやリングスイッチ型の光ネットワーク全体は、請求項5ないしは6の現用側および予備側光波長挿入分岐装置を配置した光ネットワーク装置において、光信号の波長多重回線への入出力点に請求項8の光ネットワーク装置を配置し、通常は現用側の光経路のみを用いて光信号を最上流の入力点から最下流の出力点まで伝送し、障害が発生した場合、障害点の直上流および直下流の現用側および予備側光波長挿入分岐装置において、アッドスイッチもしくはドロップスイッチの状態を切り替え、現用回線の障害区間を迂回し予備側の経路に光信号を伝送することによって実現できる。

10

【0025】

また複数の光ネットワークをまたがる光信号に対する1+1光プロテクションは、各光ネットワークの入出力点を互いに請求項13の光ネットワーク装置を用いて接続し、光信号の入出力点に請求項8の光ネットワーク装置を配置し、各光ネットワークにおいては現用側と予備側の光経路の双方を用いて該波長の光信号を各光ネットワークの入力点から各光ネットワークの出力点まで伝送し、ある光ネットワークにおいて障害が発生した場合、光ネットワークの出力点に配置された請求項13の光ネットワーク装置の第一の現用側および予備側光波長挿入分岐装置のドロップスイッチを切り替えて予備側の経路を伝送された光信号を選択して第二のネットワークもしくは請求項8の光ネットワーク装置に出力することによって実現できる。さらに1:1やリングスイッチなどの光プロテクションは、各光ネットワークにおいて現用側の光経路のみを用いて光信号を各光ネットワークの入力点から各光ネットワークの出力点まで伝送し、ある光ネットワークにおいて障害が発生した場合、各光ネットワークの入力点に配置された請求項13の光ネットワーク装置の第二の現用側および予備側光波長挿入分岐装置のアッドスイッチを切り替えて、予備側の経路を用いて光信号を伝送することによって実現できる。

20

【発明の効果】

30

【0026】

本発明によれば、外付けの能動部品なしに光プロテクション機能を実現でき、また、高機能でかつ、コスト効果が高く、耐障害性を増した信頼性の高い光プロテクションを実現でき、さらに、非常に高速の光プロテクションが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

本発明を実施する最良の形態は、図1に示す従来の光波長挿入分岐装置100に、ドロップ光のドロップ・非ドロップ状態を切り替える1×2光スイッチ103-1~8とアッド光のアッド・非アッド状態を切り替える2×1光スイッチ105-1~8を配置し、アッド状態とドロップ状態を独立に設定できるようにし、かつ光信号の障害信号107を受けて、光スイッチ制御回路106-1~106-8がアッド・ドロップスイッチを切り替えて光プロテクション機能を提供する構成である。本光波長挿入分岐装置をさらに図4のように現用・予備の波長多重光ファイバ回線120および121にそれぞれ接続し、障害の発生箇所・必要な光プロテクション方式に応じて、現用側と予備側の光スイッチをそれぞれ切り替えるノード124を構築し、本ノードを用いて図2の光ネットワークを構築する。

40

【実施例1】

【0028】

図1は本発明の第1の実施形態を示す構成図であり、本発明の光波長挿入分岐装置(OADM)100の構成例を示している。本発明の光波長挿入分岐装置100は、入力波長

50

多重光ファイバ回線 101 と出力波長多重光ファイバ回線 111 の間に配置されている。入力された波長 1 ~ 8 の 8 波長の波長多重光信号は、光波長分波器 102 によって波長ごとに異なるスルー光経路 104 - 1 ~ 8 に分離され、その後、再び光波長合波器 110 によって波長多重されて出力される。

【0029】

各スルー光経路 104 - 1 ~ 8 の途中には、それぞれ光信号のドロップ状態・アッド状態の設定に用いる  $1 \times 2$  光スイッチ（ドロップスイッチ）103 - 1 ~ 8 および  $2 \times 1$  光スイッチ（アッドスイッチ）105 - 1 ~ 8 が配置されている。スルー光経路 104 - N に配置されたドロップスイッチ 103 - N は、1 入力 2 出力の光スイッチであり、入力波長多重光ファイバ回線 101 から入力された波長多重信号のうち波長 N の光信号を取り出し（ドロップ状態；例 103 - 1）、ドロップ光出力ファイバ 108 - N に出力するか、そのまま透過するか（非ドロップ状態；例 103 - 8）のどちらかが設定可能である。またアッドスイッチ 105 - N は、2 入力 1 出力の光スイッチであり、アッド光入力ファイバ 109 - N から入力された光信号を出力波長多重回線 111 に出力するか（アッド状態；例 105 - 1）、前段のドロップスイッチ 103 - N から出力された光信号をそのまま透過するか（非アッド状態；例 105 - 2）のどちらかが設定可能である。各光スイッチ制御回路 106 - 1 ~ 106 - 8 は障害情報 107 に応じて、ドロップ光スイッチ 103 - 1 ~ 8 およびアッドスイッチ 105 - 1 ~ 8 の状態を切り替え後述の光プロテクションを実現する。

【0030】

本発明の光波長挿入分岐装置で光プロテクションを用いない場合の動作は従来の光波長挿入分岐装置と同様である。すなわち、ある波長 N の光信号を挿入分岐する場合には対応するドロップスイッチ 103 - N とアッドスイッチ 105 - N を同時にそれぞれドロップ・アッド状態に設定すればよい。また波長 N の光信号をスルーする場合には、両者を同時に非ドロップ・非アッド状態にすればよい。

【0031】

図 2 は本発明の第 1 の実施形態において 2 ファイバ 1 + 1 光プロテクションを用いる場合のネットワーク構成であり、簡単のためノード 124 - 1 から、ノード 124 - 2 に光信号を伝送する経路のみを示している。現用・予備光波長挿入分岐装置 130 - 131 は、それぞれ図 1 と同一の形態である。光送信器 125 - 1 から出力された光信号は、従来の光プロテクション同様に 1 : 2 光カプラ 127 - 1 によって 2 分岐されたのちに、本発明の現用側光波長挿入分岐装置 130 - 1 のアッド光入力ファイバ 109 - 1 - 1 と、本発明の予備側光波長挿入分岐装置 131 - 1 のアッド光入力ファイバ 109 - 1 - 2 に入力され、それぞれ右回りと左回りの波長 1 の現用経路 122 および予備経路 123 を通つて、受信側ノード 124 - 2 内の本発明の現用側光波長挿入分岐装置 130 - 2、予備側光波長挿入分岐装置 131 - 2 に伝送される。受信ノード 124 - 2 内では光受信器 126 - 2 は、2 : 1 光カプラ（光合成器）128 - 2 によって、現用側光波長挿入分岐装置 130 - 2 のドロップ光出力ファイバ 108 - 2 - 1 および、予備側光波長挿入分岐装置 131 - 2 のドロップ光出力ファイバ 108 - 2 - 2 に接続される構成とし、両ファイバの光信号を共に光受信器 126 - 2 に導く構成となっている。

【0032】

1 + 1 型の光プロテクション構成を実現する場合、送信側の光波長挿入分岐装置 130 - 1、131 - 1 では、内部のアッドスイッチ（図 1 の 105 - 1）をアッド状態に固定し、両信号が現用・予備波長多重回線 120 - 121 に同時に送出されるようとする。また受信側では、回線が正常な場合には、現用側の光波長挿入分岐装置 130 - 2 内部のドロップスイッチ（図 1 の 103 - 1）をドロップ状態に、また予備側の光波長挿入分岐装置 131 - 2 内部のドロップスイッチ（図 1 の 103 - 1）を非ドロップ状態に設定する。この結果、ドロップ光出力ファイバ 108 - 2 - 1 からのみ現用光信号の経路 122 を通過した波長 1 の光信号が出力され、2 : 1 光カプラ 128 - 2 を通過して光受信器 126 - 2 に入力される。

10

20

30

40

50

## 【0033】

回線障害 132 が生じた場合、受信側ノード 124-2 内部では、現用側の光波長挿入分岐装置 130-2 内部のドロップスイッチ（図 1 の 103-1）を非ドロップ状態に、また予備側の光波長挿入分岐装置 131-2 内部のドロップスイッチ（図 1 の 103-1）をドロップ状態に設定する。この結果、ドロップ光出力ファイバ 108-2-1 からは光信号が出力されなくなり、新たにドロップ光出力ファイバ 108-2-2 から予備光信号の経路 123 を通過した波長 1 の光信号が出力され、光受信器 126-2 に入力される状態となり、光プロテクション機能を達成できる。

## 【0034】

なお本発明の光プロテクション構成では、アッドスイッチとドロップスイッチを独立に制御できることが必須の要件となる。これは光リングネットワークの 1+1 光プロテクションにおいては、送信側のアッドスイッチは固定した状態のまま、ドロップスイッチの状態のみを切り替える必要があるためである。図 7 に 2×2 光スイッチを用いた従来の光波長挿入分岐装置 143、144 を用いて本発明の光プロテクションを構成した場合の問題点を示す。本例では、光送信器 125-1 と光受信器 126-1 はそれぞれ送信光の経路 133、および受信光の経路 134 を介して別のノードの光受信器・光送信器と接続されている。本例では 1+1 光プロテクションを実現するために、現用側と予備側の 2×2 光スイッチ 141-1、141-2 をそれぞれアッド・ドロップ状態にして光送信器 125-1 の出力光が現用側と予備側の波長多重回線 120-2、121-2 に同時に出力されるように設定した例である。このとき両 2×2 光スイッチはドロップ状態にも固定される。このため現用側波長多重光ファイバ回線 120-1 と予備側波長多重光ファイバ回線 121-1 から入力される波長 1 の光信号は、経路 133-1 および経路 133-2 に示すようにともに 2×2 光スイッチ 141-1、141-2 を通過してしまい、同時に 2:1 光カプラ 128-1 に入力されてしまう。このため、両光信号の衝突が発生し光信号が受信不能となってしまい、2×2 光スイッチを用いた光波長挿入分岐装置は本発明の光プロテクションには適用できないことがわかる。

## 【0035】

なお仮に、通常時には現用側の 2×2 光スイッチ 141-1 はアッド・ドロップ状態、予備側の 2×2 光スイッチ 141-2 はスルー状態に設定すれば現用側の波長多重回線のみに光信号が送出されるため、上記の衝突状態はとりあえず回避できる。この状態で、障害発生時に現用側の 2×2 光スイッチ 141-1 をスルー状態、予備側の 2×2 光スイッチ 141-2 をアッド・ドロップ状態に切り替えれば、光経路全体が予備回線に切り替わるようになり、一見、送信側で光経路を切り替える 1:1 光プロテクションが実現できるかのように見える。しかしながら、本例では本ノードの光送信器 125-1 から光信号を相手ノードに送出する往路の光回線と同時に、光受信器 126-1 で受信する復路の光信号をも同時に現用回線から予備回線に切り替えてしまうのが問題となる。すなわち、例えば図 6 に示すようにある地点で光ファイバ切断などの障害 132 が発生した場合、ノード 124-1 からノード 124-2 の往路に相当する現用側光経路 122-1 と共に、復路の予備側光経路 123-2 が同時に障害を受ける可能性がある。しかしながら本例では往路・復路ともに予備回線に切り替えてしまうため、復路については正常な現用回線 122-2 から障害の起きた予備回線 123-2 に切り替えてしまう場合があり、やはり 2×2 光スイッチを用いた場合には正しい光プロテクションが実装できないことがわかる。

## 【0036】

上記のようなリング型ではない、リニア型・メッシュ型などの他の形態の光プロテクションにおいても、2×2 光スイッチを用いた光波長挿入分岐装置は本発明には適用できない。これらの形態のネットワークでは、図 7 の光送信器 125-1 と光受信器 126-1 は同じノードと通信するものではなく、互いに異なるノード、すなわち光受信器 126-1 は波長多重回線 120-1、121-1 の上流側のノードと、一方光送信器 125-1 は波長多重回線 120-2、121-2 の下流側のノードと接続されている。したがって、例えば上流側の現用回線 120-1 に障害が生じた際に、2×2 光スイッチ 141-1

10

20

30

40

50

をスルー状態に切り替えてしまうと、まったく無関係なノードに接続された光送信器 125 - 1 の光経路 134 をも切断してしまうことになり、正常な光プロテクションを実現できない。よって、アッドスイッチとドロップスイッチを独立に切り替え可能とし、障害発生時にこれらの光スイッチを切り替える点は本発明に必須の用件である。

【0037】

図 3 は本発明の第 1 の実施形態におけるネットワークノードの構成図である。各ノードには、現用および予備側波長多重光ファイバ回線 120 および 121 にそれぞれ接続された、現用および予備側の本発明の光波長挿入分岐装置 130 - 1 および 131 - 1 が配置されている。送信器 125 - 1 から出力される波長 1 の光信号は、1 : 2 光カプラ 127 - 1 で 2 つに分岐されたのち、それぞれ現用・予備側の本発明の光波長挿入分岐装置 130 - 1 および 131 - 1 のアッド光入力ファイバ 109 - 1 - 1、109 - 1 - 2 に接続され、現用・予備側の両の波長多重回線にアッドされる。図 2 では省略したが、本ノードが 2 ファイバリング型ネットワークで用いられる場合には相手ノードからの光信号を受信するために現用・予備側のドロップ光出力ファイバ 108 - 1 - 1、108 - 1 - 2 は 2 : 1 光カプラ 128 - 1 に接続され、合成された出力を光受信器 126 - 1 に入力する構成を取る。

【0038】

本発明においては、一つのノードにおいて複数の光回線にそれぞれ独立に光プロテクションの設定が可能である。本例では 2 ファイバリング型ネットワークを仮定し波長 7 においても、現用側・予備側のアッド光入力ファイバ 109 - 7 - 1、109 - 7 - 2 を 1 : 2 光カプラ 127 - 7 に、またドロップ光出力ファイバ 108 - 7 - 1、108 - 7 - 2 を 2 : 1 光カプラ 128 - 7 に接続し、波長 7 の入出力光回線 137 に対し、1 + 1 光プロテクションを提供している。入出力波長多重回線は、図のように本ノードの外部に取り出し、外部の光伝送装置や別のネットワークに接続してもかまわず、またノード内部で別の光送受信器や他の光伝送装置、別のネットワークに接続しても構わない。なお、光送信器 125 - 1 と光受信器 126 - 1 は、2 ファイバ光リングネットワークにおいては互いに同一のノードと通信するためのものであるが、4 ファイバ以上の光リングネットワークやリニア型、メッシュ型ネットワークにおいては必ずしも同一のノードの通信に供されるものとは限らない。したがって、対になる光送受信器のどちらか一方が図のように現用および予備側波長多重光ファイバ回線 120 および 121 に接続され、他方は別の波長多重回線（例えば逆方向）に接続される場合がある。

【0039】

図 18 の表 1 は本発明の第 1 の実施形態における光スイッチの状態遷移図を示している。本例は図 2 のノード 124 - 2 内の光波長挿入分岐装置についてのみ示しているが、1 + 1 光プロテクションの入出力点のノードであれば他のノードでも同一である。1 + 1 光プロテクションにおいては受信側において正常な回線を選択する形式であるため、送信回線用のアッドスイッチは常にアッド状態に設定し、障害時や障害からの回復（切り戻し）時には受信端にあたる最下流の現用側・予備側光波長挿入分岐装置 130 - 1 および 131 - 1 のドロップスイッチの切り替えを行う。すなわち、本ノードでドロップする光波長に関しては、通常時は現用側のドロップスイッチをドロップ状態、予備側のドロップスイッチを非ドロップ状態に設定して運用する。本ノードで受信する現用側回線に障害 132 が発生した場合、現用側のドロップスイッチを非ドロップ状態、予備側のドロップスイッチをドロップ状態に設定して、予備回線側の光信号を受信することによって、障害の生じた光信号を救済できる。なお入出力点以外のノードでは、波長 1 のアッド・ドロップスイッチはすべてスルー状態に固定して運用する。

【0040】

なお、上記例では一貫して波長多重数が 8 の例を示したが、実際には波長数はこの値にこだわらず、一般的の波長多重伝送装置で用いられる最小 1 から、数 100 以上のどのような値でも構わない。またすべての波長や波長回線は実際の光信号の伝送に供されている必要はなく、未使用の波長があっても構わない。さらに本発明では光プロテクションの機能

10

20

30

40

50

は、その多くが光波長挿入分岐装置に実装されているが、必ずしもこの機能を使用する必要はなく、同一のネットワーク内であっても各波長回線ごとに独立にその使用・不使用を設定して構わない。

【0041】

また本発明で述べる障害とは、光ファイバの切断、曲げ・劣化による損失の急増、伝送品質の劣化（誤り率の増加）、機器の故障、ノードの故障など光信号の伝送状態を大きく劣化させたり、伝送を不可とする多くの現象を包含している。以下で直上流（もしくは直下流）の光波長挿入分岐装置と言う表現を用いた場合、障害を起こした光ファイバ区間もしくはノードや装置から上流側（もしくは下流側）に数えて次の光波長挿入分岐装置、もしくは上流側（もしくは下流側）で最初に障害を検知した光波長挿入分岐装置を指す。 10

【0042】

またアッド光入力ファイバ109やドロップ光出力ファイバ108、波長多重光ファイバ回線120などは光ファイバという一般的な実装形態を用いたが、実際には必ずしも光ファイバを用いている必要はなく、その一部が光ファイバコネクタのような入出力ポートからアッド・ドロップ光信号を入出力する形態であったり、空間中の光ビームや導波路中の波長多重回線であっても構わない。また接続部などに任意に延長用のパッチケーブルなどを追加しても構わない。

【0043】

また本例では光増幅器や可変光アッテネータ、光利得イコライザ、光フィルタなどの部品の有無を示していないが、これは本発明に必須な機能のみを表示したためであり、必要に応じて任意に配置しても構わない。なお、本発明に示した1×2光スイッチなどの光部品は、1:2光カプラの2つの出力部にそれぞれ可変光アッテネータを配置するなど複数の部品の組み合わせで同一の機能を実現することも可能である。同様に光スイッチも1×2、2×1などは機能的な最小限のものであり、それぞれ2×2光スイッチやさらに大規模な光スイッチで代替し、そのうち一部のみを使用することも可能である。またこれらの光スイッチや他の部品は、一体の光モジュールで構成したり、同一の光回路としてガラス導波路基板上に集積化して実現することも可能である。 20

【0044】

本発明によれば、光スイッチや光スイッチ制御回路などの外付けの能動部品なしに光プロテクション機能を実現することが可能となる。 30

【0045】

また、複数の異なる光プロテクション方式を混在して用いることが可能になる。

【0046】

さらに、障害発生時にはスイッチ規模の小さい1×2、2×1光スイッチであるアッドスイッチやドロップスイッチの切り替えで光プロテクションを実現するため、非常に高速の光プロテクションが可能となる。

【実施例2】

【0047】

図4は本発明の第2の実施形態を示す構成図であり、本発明の光波長挿入分岐装置内に障害検出回路135を内蔵するとともに、2出力2入力光送受信器138を使用したノード124-1の構成を示している。本例では光波長分波器102-1、102-2から出力される各波長の光信号の一部を分岐し、障害検出回路135に導いている。本障害検出器は例えば各波長の光信号の強度がある所定の値以下になった場合に障害が発生したと判定するものであり、波長1の現用側の障害検出回路135-1の検出した現用回線の障害情報は2つに分岐され、波長1の現用側と予備側の光スイッチ制御回路106-1および106-2にそれぞれ接続されている。また同様に波長1の予備側の障害検出回路135-2の検出した予備回線の障害情報も2つに分岐され、波長1の現用側と予備側の光スイッチ制御回路106-1および106-2にそれぞれ接続されている。各光スイッチ制御回路は例えば光スイッチ制御回路106-1のようにアッドスイッチ制御信号112-1およびドロップスイッチ制御信号113-1を生成し、これらのスイッチの状態 40

を設定している。

【0048】

1 + 1 光プロテクションを実現する場合、現用側のスイッチ制御回路 106-1 はアッドスイッチ 105-1 を常にアッド状態に固定し、また通常はドロップスイッチ 103-1 を図のようにドロップ状態に設定する。障害検出回路 135-1 から現用回線側に障害が生じた場合を通知されると、予備回線側の障害検出回路 135-2 から予備回線が正常なことを確認したのちに、ドロップスイッチ 103-1 を非ドロップ状態に切り替える。また、予備側のスイッチ制御回路 106-2 はアッドスイッチ 105-2 を常にアッド状態に固定し、また通常はドロップスイッチ 103-2 を図のように非ドロップ状態に設定する。障害検出回路 135-1 から現用回線側に障害が生じた場合を通知されると、同様に予備回線側が正常なことを確認したのちに、ドロップスイッチ 103-2 をドロップ状態に切り替える。このようにすることで、本発明の光波長挿入分岐装置 130、131 を用いて光プロテクション機能を持つノードを構築し、自律的な光プロテクションを実現することが可能となる。

【0049】

なお本例の 1 + 1 光プロテクションにおいては、ドロップスイッチを非ドロップ状態に切り替えた場合、光信号は例えば予備側の 139 のようにドロップスイッチ 103-2 を通過し、漏れ光としてアッドスイッチ 105-2 に入力されてしまう。しかしながら、アッドスイッチは常にアッド状態に固定されているため、光経路 139 の漏れ光はアッドスイッチの入力で遮断され、悪影響を及ぼすことはない。

【0050】

また 2 入力 2 出力光送受信器 138 は、光送信器 125-1 と光受信器 126-1 および 1 : 2 光カプラ 127-1 と 2 : 1 光カプラ 128-1 を一体に実装した構成であり、その 2 つの入力ポートと 2 つの出力ポートを、本発明の現用側・予備側ドロップ光出力ファイバ 108-1 と 108-2、および現用側・予備側ドロップ光出力ファイバ 108-1 と 108-2 の 4 本の光ファイバに接続することにより、本発明の 1 + 1 もしくは 1 : 1 リング型光プロテクションを簡便に実現できる。特に 1 : 2 光カプラ 127-1 と 2 : 1 光カプラ 128-1 は非常に小型の受動部品であるため、このように送受信器内に組み込むことで、外付けの部品を不要とし、各部品のモジュール性を高めコンパクトに実装することが可能となる。なお一般的の光プロテクションに用いる場合、2 つの出力ポートと 2 つの入力ポートは互いに異なる波長多重回線（順方向と逆方向など）のそれぞれ現用側・予備側に接続することになるが、この場合でも上記の効果は同一である。なおこれの光カプラは、現用もしくは予備光波長多重分岐装置のどちらか一方、もしくは双方の内部にあらかじめ備えておくことも可能である。

【0051】

障害検出回路には光回線の障害状態を判定するものであればさまざまな形態・機能の回路が適用可能である。例えば、光検出器としきい値判定回路により光信号の強度を判定する回路、光検出器とクロック抽出回路を組み合わせて既定のクロック周波数の有無により回線障害状態を検出する回路、光信号の Q 値や S/N 比・誤り率・アイ開口の大きさなどを測定する光パフォーマンスマニタを用いる方法などがある。なお、障害情報は必ずしも本ノード内の情報に基づいて検出する必要はなく、適宜、離れた場所にある別の伝送装置や光アンプの監視系などノード外部から提供される情報を利用しても構わない。

【実施例 3】

【0052】

図 8 は本発明の第 3 の実施形態であり、本発明における 2 ファイバリングネットワークでの 1 : 1 光プロテクションの実現例を示している。送信ノード 124-1 および受信ノード 125-1 内の配置は、図 2 に示す 1 + 1 光プロテクションの構成と同一であり、本発明ではソフトウェア的な設定の変更などにより必要に応じて任意の光プロテクション形態を選択することが可能である。

1 : 1 光プロテクションは、送信側で正常な光ファイバ回線側にのみ光信号を送出する形

10

20

30

40

50

態であり、正常状態では図19に示すように送信ノード124-1内の現用側の光波長挿入分岐装置130-1内部の波長1のアッズイッチをアッズ状態に、予備側の光波長挿入分岐装置131-1内部の波長1のアッズイッチを非アッズ状態に設定する。現用回線122の障害を検出すると、両アッズイッチの状態を反転し予備側の回線にのみ光信号をアッズし、予備側の経路のみを通じて光信号が受信側ノード124-2に到達するようとする。

#### 【0053】

なお、ドロップ側スイッチは必ずしも切り替えを行う必要はなく、常にドロップ状態に設定しても構わない。しかしながらドロップ側の出力光ファイバから雑音光が出力されて光伝送特性を劣化させるなどの問題もあるため、通常時は予備側、障害時は現用側のドロップスイッチを非ドロップ状態に切り替えて構わない。

10

#### 【実施例4】

#### 【0054】

図9は本発明の第4の実施形態であり、リニア構成の光ネットワークでスパンスイッチ型の光プロテクションに適用した例を示している。本例では、現用波長多重光ファイバ回線120と予備波長多重光ファイバ回線121は同じ経路を同方向に伝送されている。このようなネットワークでは一般に同経路にさらに逆方向の現用・予備回線を配置する4ファイバ型となるが、本例では逆方向の経路は省略している。回線の途中にはそれぞれ現用・予備側の光波長挿入分岐装置130-1～4、131-1～4を一個ずつ配した4つのネットワークノードが配置されている。光送信器125-1と光受信器126-4の配置構成は、以前の実施形態と同様であり、それぞれ光カプラ127-1、128-4を介して現用側と予備側の光波長挿入分岐装置130-1と131-1、および130-4、131-4に接続する。一方、途中のノードでは、例えば現用側の光波長挿入分岐装置130-2の波長1のドロップ光出力ファイバ108-2-1と予備側光波長挿入分岐装置131-2のアッズ光入力ファイバ109-2-2を、また予備側の波長1のドロップ光出力ファイバ108-2-2と現用側のアッズ光入力ファイバ109-2-1をそれぞれ接続点150で互いに接続し、一方のドロップ光を他方のアッズ光として入力できるように設定する。接続点150は便宜的に光ファイバの接続点を示したもので、物理的実体はなくても構わない。

20

#### 【0055】

30

本例での光スイッチの状態を図20の表3に示す。通常時は波長1の光スイッチは、現用側光波長挿入分岐装置130-1内のアッズスイッチはアッズ状態に、130-2～3のアッズスイッチは非アッズ状態、130-1～3のドロップスイッチは非ドロップ、130-4のドロップスイッチはドロップ状態とし現用側の光信号が光送信器125-1から点線の経路122を通じて光受信器126-4に到達するように設定する。一方、予備回線側では例えばすべてのアッズドロップスイッチを非アッズ・非ドロップ状態に設定する。

#### 【0056】

現用側の波長多重光ファイバ回線120-3に障害132が生じた場合、その直上流、直下流の現用側光波長挿入分岐装置130-2と130-3は障害の発生を認識すると、前者はドロップスイッチをドロップ状態に、後者はアッズスイッチをアッズ状態に設定する。同時に障害情報を通知された予備側の光波長挿入分岐装置131-2はアッズスイッチをアッズ状態、131-3はドロップスイッチをドロップ状態に切り替え、障害点の前後を迂回する経路を生成する。これによって、光信号は経路123に示すように障害132の前後で障害を避けて予備回線に迂回し、再び現用回線120-4に戻る。このような光プロテクションは光ファイバスパン単位で障害を迂回する方式であり、本発明では光スパンスイッチと呼ぶ。

40

#### 【0057】

なお、本例では光送信器125-1と光受信器126-1の配置されたノードのみ他のノードと構成が異なり、光カプラを配置して送受信器を現用・予備側両方の光波長挿入分

50

岐装置に接続する構成となっているが、これはこれらのノードの直後・直前の障害に対応するためである。すなわち光送信器 125-1 の光信号が現用側光波長挿入分岐装置 130-1 のみに入力されていた場合には、この直後の現用側波長多重回線 120-2 で障害が起こると、予備側に光信号を回す手段がなくなり復旧不可能となるためである。なお障害発生時の切り替え状態は他のノードと同様であり、現用・予備側の光波長挿入分岐装置 130-1 と 131-1 ではそれぞれアッドスイッチを非アッド・アッド状態に、また現用・予備側の光波長挿入分岐装置 130-4 と 131-4 ではそれぞれドロップスイッチを非ドロップ・ドロップ状態に切り替える。

#### 【0058】

本例では通常時に予備側のすべてのアッド・ドロップスイッチを非アッド・非ドロップ状態としているが、予備側波長多重光ファイバ回線 121 には波長 1 の光信号が存在しないため、必ずしもこの状態とする必要はない。しかしながらすべてのアッド・ドロップスイッチを非アッド・非ドロップ状態とすれば、予備側の波長 1 の回線はスルー状態で光信号が存在しない状態となるため、他の光信号の伝送に利用可能であり、これによって本発明のコスト効果を増すことが可能である。もちろんこの光信号は、障害発生時には伝送不能となるため、予備側に流す信号は優先度の低いエクストラトラフィックである必要がある。

#### 【0059】

なお前述の本発明の 1+1 光プロテクションや 1:1 光プロテクションは、このようなリニアなネットワークや一般的なメッシュネットワークでも実現することが可能である。この場合には、光信号は受信側もしくは送信側で現用側・予備側どちらを用いるかが選択され、現用・予備経路全体がスイッチされる。このためには光送信器 125-1 と光受信器 127-1 を配置するノードでのみ以前の実施形態同様に光カプラを用いて光信号を現用・予備回線に接続し、受信端もしくは送信端の現用・予備光波長挿入分岐装置内の光スイッチを、図 18 および図 19 それぞれの表 1 および表 2 に示すように切り替えればよい。

#### 【0060】

本発明によれば、コスト効果が高く、耐障害性を増した信頼性の高い光プロテクションを実現できる。

#### 【実施例 5】

#### 【0061】

図 10 は本発明の第 5 の実施形態であり、リング型光ネットワークにおいて光信号を障害点の前後で切り戻すリングスイッチ型の光プロテクションを実現した例である。本例では、現用波長多重光ファイバ回線 120 と予備波長多重光ファイバ回線 121 はリングネットワークを互いに逆方向に伝送されている。このようなネットワークでは一般にさらにもう一組の現用・予備回線を配置する 4 ファイバ型とすることがあるが、本例では一組のみ示している。回線の途中にはそれぞれ現用・予備側の光波長挿入分岐装置 130-1 ~ 4、131-1 ~ 4 を一個ずつ配した 4 つのネットワークノードが配置されている。各ノード内の接続構成は予備回線が逆向きになった点を除けば前実施形態と同一であり、また光スイッチの切り替え手順も図 20 の表 3 と同一である。

#### 【0062】

現用回線 120-3 に障害 132 が生じると、直前直後の現用側光波長挿入分岐装置 130-2 と 130-3 は障害の発生を認識し、前者はドロップスイッチをドロップ状態に、後者はアッドスイッチをアッド状態に設定、また同時に障害情報を通知された予備側の光波長挿入分岐装置 131-2 はアッドスイッチをアッド状態、131-3 はドロップスイッチをドロップ状態に切り替える。前例と異なるのは、予備経路が逆回りであり、障害点を遠回りしてリングネットワークの反対側の経路を迂回する点である。これは現用回線 120-3 と同一の経路を通過する予備回線 121-3 は、ファイバ切断などの障害の影響を同時に受けている可能性が高いためである。これによって障害時の回復性を高め信頼性の高い光プロテクションを実現できる。

10

20

30

40

50

## 【実施例 6】

## 【0063】

図11は本発明の第6の実施形態を示す構成図であり、各スルーオン経路にスルーオン遮断スイッチ155を配置して漏れ光の影響を低減するとともに、ドロップ光用N入力N出力マトリクススイッチ151とアッド光用N入力N出力マトリクススイッチ152を配置して、光プロテクション機能の柔軟性と即応性を増した例である。

## 【0064】

スルーオン遮断スイッチ155-1～155-8はそれぞれスルーオン経路104-1～104-8におけるドロップスイッチ103-1～103-8の直後に配置されている。本発明の光プロテクションにおいては、未使用の予備系などでドロップスイッチ103-Nを非ドロップ状態にすると後続のアッドスイッチ105-Nに不要な信号光が漏れ光として入力される場合がある。原則として未使用のアッドスイッチをアッド状態に設定することによって、漏れ光を遮断しその影響を抑えることができる。しかしながら特殊な場合として、例えば本波長多重伝送装置100がリニア型ネットワークの予備側波長多重回線に接続されており、波長8において波長多重回線101から受信する信号に対し1+1光プロテクションを、同じ波長8において波長多重回線111から送信する信号に対し1:1光プロテクションを実施する場合を考える。この場合、ドロップスイッチ103-8は非ドロップ状態、アッドスイッチ105-8は非アッド状態で使用する必要がある。しかしながら、上流側で1+1光プロテクションを用いているため、ドロップスイッチ103-8を通過した上流側からの漏れ光はそのままアッドスイッチ105-8を透過して、後段の1:1光プロテクション動作と干渉し動作不能となってしまう。

## 【0065】

スルーオン遮断スイッチ155-Nはこのような不具合を避けるためのものであり、それぞれ光スイッチ制御回路106-Nによって制御されており、後続のアッドスイッチに漏れ光が透過しないように、もしくはもれ光を低減するように制御している。制御ロジックは簡単であり、有効なスルーオンが無い、すなわち本ノードが各波長の光経路の終点もしくは始点の場合にはスルーオン遮断スイッチを遮断状態に、またスルーオンが存在する場合には透過状態に設定すればよい。

## 【0066】

なおスルーオン遮断スイッチは波長回線の設定時にのみ動作すればよいため、必ずしも高速スイッチングは必要がなく、可変光アッテネータを挿入しその損失を変化させる等によつても代用することも可能である。またスルーオン遮断スイッチとアッドスイッチやドロップスイッチを一体化して同一のモジュールや集積素子とすることも可能である。

## 【0067】

本例ではさらに8本のドロップ光出力ファイバ108-1～108-8の出力部にドロップ光用N入力N出力マトリクススイッチ151（本例はN=8）及び、8本のアッド光入力ファイバ109-1～109-8の入力部にアッド光用N入力N出力マトリクススイッチ152が配置されている。前者は8本のドロップ光出力ファイバ108-1～108-8から出力される光信号をそれぞれ8本のマトリクススイッチ出力ファイバ153-1～8のうち一本に自由に出力可能とする入れ替え機能を、また後者は8本のマトリクススイッチ入力ファイバ154-1～8に入力されるアッド光を、8本のアッド光入力ファイバ109-1～109-8のうち一本に自由に出力可能とする入れ替え機能を持っており、ネットワークを経由した遠隔操作などで自由に接続状態が変更可能である。本スイッチの機能は以下の実施形態で説明する。

## 【0068】

本例ではマトリクススイッチはN入力N出力としたが実際には、全光信号をひとつの光波長挿入分岐装置でアッド・ドロップする使用方法はほとんどないため、マトリクススイッチ入出力ファイバの本数はそれ以下でも問題なく、例えばマトリクススイッチ151を8入力4出力マトリクススイッチなどに置き換え、スイッチ規模や乳r出力ファイバ数を減らし低コスト化を図ることが可能となる。またマトリクススイッチは上記機能を満たしさ

10

20

30

40

50

えすれば、他の構成や配置を取ってもかまわず、例えば2つのマトリクススイッチ151と152を一体の $2N \times 2N$ マトリクススイッチで代用したり、それをいくつかの光スイッチの組み合わせで実現したり、また一部のアッドドロップファイバのみを互いに交換するような小規模のマトリクススイッチを配置しても構わない。

【実施例7】

【0069】

図12は本発明の第7の実施形態を示す構成図であり、本発明の光プロテクションである光スパンスイッチを実現するために必要となる、送受信端を除く中継ノード内の光波長挿入分岐装置の接続構成を示す図である。広く用いられる4ファイバ構成の波長多重光ネットワークでは、順方向および逆方向の現用波長多重光ファイバ回線160および161、順方向および逆方向の予備波長多重光ファイバ回線162および163の4回線が使用されており、それぞれに順方向および逆方向の現用光波長挿入分岐装置164および165、順方向および逆方向の予備光波長挿入分岐装置166および167が配置される。スパンスイッチを可能にするには、図のように順方向の現用・予備光波長挿入分岐装置164と166のそれぞれの同一波長（例えば波長1）のドロップ光出力ファイバ108-1と108-2を互いのアッド光入力ファイバ109-2と109-1に接続する。これによって本ノードにおいて、波長1の順方向の現用信号を予備系に迂回するとともに、逆に予備系の光信号を現用系に戻すことが可能となる。逆方向の現用・予備光波長挿入分岐装置165と167においても、同一の波長1について図のようにドロップ光出力ファイバ108-3と108-4を互いのアッド光入力ファイバ109-4と109-3に接続する。これによって逆方向のトラフィックについても同じ光スパンスイッチを適用することが可能となる。

10

20

【0070】

本光ノードの構成は必ずしもネットワークの運用開始時に行う必要はなく、運用後に光プロテクションが必要となってから、各ノード内で配線を実施すればよい。しかしながら、その場合には光プロテクションが必要となるたびに全中継ノードにおいて光波長挿入分岐装置の当該波長のアッド・ドロップファイバを互いにパッチケーブルなどで接続する操作が必要になり、コスト増やサービス開始の遅延につながる。

【0071】

上記の問題を避けるには直前の実施形態で示すアッド・ドロップファイバへの光マトリクススイッチの配置が有効である。この場合には、現用・予備光波長挿入分岐装置間の特定の波長のドロップ光ファイバとアッド光ファイバを結ぶ代わりに、全ノードでこれらの装置間のマトリクススイッチ出力ファイバとマトリクススイッチ入力ファイバのうち任意のものをあらかじめ接続しておく。このようにすれば、将来ある特定波長の光プロテクション機能が必要になった際に、マトリクススイッチを遠隔的に切り替え、送受信端を除く中継ノード内で上記の特定波長のアッド光入力ファイバやドロップ光出力ファイバが、あらかじめ図12のように相互接続されたマトリクススイッチの入出力ファイバに接続されるように設定することで、本光プロテクションが実現可能になる。これによって各ノードでの現場作業が不要となり、大幅なコストや準備期間の短縮になる。なお、上記のようなマトリクススイッチの相互接続をあらかじめ数組用意しておけば、さらに複数の波長回線に対して光プロテクションが必要になった際にも即座に対応可能となる。通常、光波長挿入分岐装置では各装置のN本のアッド光ファイバ・ドロップ光ファイバの実使用率は25%～50%以下であるため、図11のNXNマトリクススイッチ151、152の入出力ファイバ153、154は大部分が余剰になっており、あらかじめ上記のように相互接続を行っても問題はない。

30

40

【実施例8】

【0072】

図13は本発明の第8の実施形態を示す構成図であり、本発明の光プロテクションである光リングスイッチを実現するために必要となる、送受信端を除く中継ノード内の光波長挿入分岐装置の接続構成を示す図である。前の実施形態同様に順方向および逆方向の現用

50

光波長挿入分岐装置 164 および 165、順方向および逆方向の予備光波長挿入分岐装置 166 および 167 が相互接続されているが、リングスイッチを可能にするには、図のように順方向の現用および逆方向の予備光波長挿入分岐装置 164 と 167 のそれぞれの同一波長（例えば波長 1）のドロップ光出力ファイバ 108-1 と 108-4 を互いのアッド光入力ファイバ 109-4 と 109-1 に接続する。これによって本ノードにおいて、波長 1 の順方向の現用信号を逆方向の予備系に迂回するとともに、逆方向の予備系の光信号を順方向の現用系に戻すことが可能となる。もう一組の現用および順方向の予備光波長挿入分岐装置 165 と 166 においても、同一の波長 1 について図のようにドロップ光出力ファイバ 108-3 と 108-2 を互いのアッド光入力ファイバ 109-2 と 109-3 に接続する。これによって逆方向のトラフィックについても同じ光リングスイッチを適用することが可能となる。本例においても、マトリクススイッチの適用は前実施形態と同様に有効である。10

#### 【実施例 9】

##### 【0073】

図 14 は本発明の第 9 の実施形態を示す構成図であり、本発明の光プロテクションである光スパンスイッチと光リングスイッチのどちらをも実現可能とするために、また、より一般的な光メッシュネットワークや光リングネットワークの相互接続に用いるノード内の光波長挿入分岐装置の接続構成を示す図である。

##### 【0074】

4 ファイバネットワークにおいて光スパンスイッチと光リングスイッチのどちらをも利用可能とするには、光波長挿入分岐装置内に図 11 のマトリクススイッチ 151、152 を配置する。これは、光プロテクションの対象となる現用回線の波長 N の光信号を順方向の予備回線にも、また逆方向の予備回線にも迂回可能とするためである。具体的には、順方向現用光波長多重伝送装置 164 については、そのマトリクススイッチ出力ファイバ 153-1、153-5 をそれぞれ順方向および逆方向の予備伝送光波長多重伝送装置 166 および 167 のマトリクススイッチ入力ファイバ 154-2、154-8 に接続し、またそのマトリクススイッチ入力ファイバ 154-1、154-5 をそれぞれ順方向および逆方向の予備伝送光波長多重伝送装置 166 および 167 のマトリクススイッチ出力ファイバ 153-2、153-8 に接続する。一方、逆方向現用光波長多重伝送装置 165 については、そのマトリクススイッチ出力ファイバ 153-7、153-3 をそれぞれ順方向および逆方向の予備伝送光波長多重伝送装置 166 および 167 のマトリクススイッチ入力ファイバ 154-6、154-4 に接続し、またそのマトリクススイッチ入力ファイバ 154-7、154-3 をそれぞれ順方向および逆方向の予備伝送光波長多重伝送装置 166 および 167 のマトリクススイッチ出力光ファイバ 153-6、153-4 に接続する。これによって、現用回線に自由にスパンスイッチ、リングスイッチが適用可能となる。2030

##### 【0075】

なお、切り替え速度の観点からは、マトリクススイッチは実際に光プロテクションを運用する前に必要なアッドドロップ光ファイバとマトリクス出力ファイバが接続されておくように切り替えておくのが有効である。例えば波長 1 の回線にリングスイッチを適用する場合、マトリクススイッチを適切に設定し波長 1 のアッド光入力ファイバ、ドロップ光出力ファイバを図 13 の接続すればよい。具体的には図 11 の光波長挿入分岐装置 100 が、図 14 の順方向現用光波長挿入分岐装置 164 として用いられているものとすれば、図 11 のマトリクススイッチ 152 は波長 1 のドロップ光出力ファイバ 108-1 が、図 14 のマトリクススイッチ出力ファイバ 153-5 に、またアッド光入力ファイバ 109-1 が、図 14 のマトリクススイッチ入力ファイバ 154-5 に接続されるように設定すればよい。他のマトリクススイッチについても同様である。40

##### 【0076】

なお、マトリクススイッチを用いる以外にも、該当波長のアッド光入力ファイバ・ドロップ光出力ファイバにそれぞれ 2:1 光カプラや 1:2 光カプラを配置して信号を分歧し50

、それぞれを順方向回線と逆方向回線に接続する構成も可能である。光カプラにはさらに多数の分岐が可能なものを用いても構わず、また後述の図16のように2:2光カプラ168を利用し、カプラの数を減らしても構わない。

【0077】

また図12、図13、図14ははより一般的な光メッシュネットワークや光リングネットワークの相互接続において本発明の光プロテクションを利用する際のノード内配線としても有効である。これらのネットワークにおいては、予備回線をより一般化して取り扱い、160および161を第一の順方向および逆方向の波長多重光ファイバ回線、162および163を第二の順方向および逆方向の波長多重光ファイバ回線と読み替えればよい。第一と第二の波長多重光ファイバ回線は必ずしも同じ経路を通る必要はなく、まったく別の波長多重ネットワークを構成する回線で構わない。一般に図12の構成を使えば、第一および第二のネットワークの順方向の光信号同士を相互に相手側の順方向回線に迂回することが、また図13の構成を使えば第一および第二のネットワークの光信号を相互に相手側の逆方向回線に迂回することが可能になる。さらに図14の構成を用いれば、どちらの方向にも迂回が可能になる。

【0078】

本発明によれば、簡単な光配線でスパンスイッチやリングスイッチ、複数のネットワークにまたがる光信号の光プロテクションなど高機能な光プロテクションを実現できる。

【実施例10】

【0079】

図15は本発明の第10の実施形態を示す構成図であり、前記のノード内接続を利用して、2つの異なる波長多重光リングネットワーク間にまたがる波長回線に対して本発明の1+1もしくは1:1光プロテクションを適用可能とした例である。本例で両ネットワークは2ファイバリングであり、第一の光ネットワークは現用側波長多重光ファイバ回線120-1と逆回りの予備側波長多重光ファイバ回線121-1から、また第2の光ネットワークは現用側波長多重光ファイバ回線120-2と逆回りの予備側波長多重光ファイバ回線121-2から構成されている。本例では、第一のネットワークのノード124-1から、両ネットワークに共通のノード124-3を経由して、第二のリングのノード124-6に波長1の回線を設定し、本発明の光プロテクションを適用している。共通ノード124-3においては、第一の光ネットワークの現用側の光波長挿入分岐装置130-3の波長1のドロップ光出力ファイバ108-3-1を、第二の光ネットワークの現用側の光波長挿入分岐装置130-4の波長1のアッド光入力ファイバ109-4-1に接続し、また同時に予備回線についても予備側光波長挿入分岐装置131-3のドロップ光出力ファイバ108-3-2を、第二の光ネットワークの予備側の光波長挿入分岐装置131-4の波長1のアッド光入力ファイバ109-4-2に接続している。なお、ノード124-6から124-1に向かう回線も同時に存在するため、ノード123-3では第二の光ネットワークの現用側の光波長挿入分岐装置130-4の波長1のドロップ光出力ファイバ108-4-1を、第二の光ネットワークの現用側の光波長挿入分岐装置130-3の波長1のアッド光入力ファイバ109-3-1に、また予備側光波長挿入分岐装置131-4のドロップ光出力ファイバ108-4-2を、予備側の光波長挿入分岐装置131-3の波長1のアッド光入力ファイバ109-3-2にも接続している。

【0080】

波長1の回線に対して1+1光プロテクションを実施する場合、光挿入分岐装置130-1、131-1、130-4、131-4の波長1のアッドスイッチをアッド状態に固定し、光挿入分岐装置130-3、131-3内の波長1のドロップスイッチはドロップ状態に固定し、光信号が図中の現用光信号の経路122と予備光信号の経路123の双方を通って受信端の光挿入分岐装置130-6、131-6に到達するようとする。通常時は受信端の現用および予備光挿入分岐装置130-6および131-6内のドロップスイッチをそれぞれドロップ状態および非ドロップ状態に設定し、また現用回線に障害132が発生した場合には現用および予備光挿入分岐装置130-6および131-6内

10

20

30

40

50

のドロップスイッチをそれぞれ非ドロップ状態およびドロップ状態に切り替える。これによって障害時には予備の経路 123 を通った光信号が受信器 126-6 で受信されるようになり、本発明の異なる光ネットワーク間にまたがる 1+1 光プロテクションが実現できる。

【0081】

波長 1 の回線に対して 1:1 光プロテクションが必要となる場合、受信端のドロップスイッチではなく、送信端のアッドスイッチで切り替えを行う点を除けば、ノード内接続構成や光スイッチの状態は同一である。すなわち上記のドロップスイッチはすべてドロップ状態で固定、また中継ノードの現用および予備光挿入分岐装置 130-4、131-4 のアッドスイッチもアッド状態で固定し、送信端の現用および予備光挿入分岐装置 130-1 および 131-1 内のアッドスイッチをそれぞれアッド状態および非アッド状態に設定し、また現用回線に障害 132 が発生した場合には現用および予備光挿入分岐装置 130-1 および 131-1 内のアッドスイッチをそれぞれ非アッド状態およびアッド状態に切り替えればよい。もちろん他の 1:1 同様に受信端の現用および予備光挿入分岐装置 130-6、131-6 内のドロップスイッチもそれぞれ同時に非ドロップ、ドロップ状態に切り替えて構わない。

【実施例 11】

【0082】

図 16 は本発明の第 11 の実施形態を示す構成図であり、2 つの異なる波長多重光リングネットワーク間にまたがる波長回線に対して、さらに各ネットワーク単位での 1+1 もしくは 1:1 光プロテクションを適用可能とした例である。前実施形態では、障害が発生した際に第一と第二の光ネットワークの双方でともに予備経路に切り替えを行っていたため、両リングに 1 箇所ずつ計 2 つの多重障害が生じると光回線が切断されてしまう可能性があった。本例では障害が生じた側のリングでのみそれぞれ 1+1、1:1 等の光プロテクションを行うことにより、各リングにそれぞれ一つずつの障害が起きた場合でも伝送可能となり、耐障害性を増すことが可能となる。本光プロテクションを実現するには、光ネットワークの接続点であるノード 124-3 内部に 2:2 光カプラ 168 を配置し、第一の光ネットワークの現用および予備光挿入分岐装置 130-3 および 131-3 の波長 1 のドロップ光出力ファイバ 108-3-1、108-3-2 を光カプラ 168 の入力ポートへ、また光カプラ 168 の 2 つの出力ポートをそれぞれ第二の光ネットワークの現用および予備光挿入分岐装置 130-4 および 131-4 の波長 1 のアッド光入力ファイバ 109-4-1、109-4-2 に接続する。なお、図 15 にはノード 124-1 から 124-6 に至る光信号の経路しか表示していないが、実際にノード 124-6 から 124-1 に至る逆向きの光信号にも同じ光プロテクションを実施するため、この光信号を通すためノード 124-3 内部には図とまったく逆向きのもう一組の配線と 2:1 光カプラが配置される。

【0083】

波長 1 の回線に対して 1+1 光プロテクションを実現する場合、各ネットワークの入力点となる波長多重分岐装置 130-1、131-1、130-4、131-4 では常に波長 1 のアッドスイッチをアッド状態に固定する。各ネットワークの出力点となる波長多重分岐装置 130-3、131-3、130-6、131-6 では、通常は波長 1 の現用側のドロップスイッチをドロップ側に、予備側のドロップスイッチを非ドロップ側に設定し、後続のネットワークもしくは光受信器には現用側の光信号のみが供給されるようになる。障害の検出・判定は各ネットワークごとに行い、障害時には各ネットワークの出力点の現用側のドロップスイッチを非ドロップ状態に、予備側をドロップ状態に設定し、後続のネットワークもしくは光受信器に予備側の経路を通過した光信号が供給されるようになる。ネットワークの接続ノード 124-3 では光カプラ 168 が配置されているため、第一の光ネットワークから現用側か予備側どちらかの光信号が供給されればこれを 2 分岐して第二の光ネットワークの現用側と予備側の双方に供給し、第二の光ネットワークでも同様の光プロテクションが実現可能となる。これによってリング単位の 1+1 光プロテ

クションが実現できる。

【0084】

また波長 1 の回線に対して 1 : 1 光プロテクションを実現する場合には、各ネットワークの出力点となる波長多重分岐装置 130-3、131-3、130-6、131-6 では常に波長 1 のドロップスイッチをドロップ状態に固定する。各ネットワークの入力点となる波長多重分岐装置 130-1、131-1、130-4、131-4 では、通常は波長 1 の現用側のアッドスイッチをアッド側に、予備側のアッドスイッチを非アッド側に設定し、現用回線のみを利用して後続のネットワークもしくは光受信器に光信号が供給されるようにする。障害の検出・判定は各ネットワークごとに行い、障害時には各ネットワークの入力点の現用側のアッドスイッチを非アッド状態に、予備側アッドスイッチをアッド状態に設定し、後続のネットワークもしくは光受信器に予備側の経路を通過した光信号が供給されるようにする。これによってリング単位の 1 : 1 光プロテクションが実現できる。

10

【実施例 12】

【0085】

図 17 は本発明の第 12 の実施形態を示す構成図であり、2 つの異なる波長多重光リングネットワーク間にまたがる波長回線に対して、さらにスパンスイッチによる光プロテクションを適用可能とした例である。本実施形態では、両リングネットワークが 4 ファイバー構成であるものと仮定し、右回りの現用側波長多重光ファイバ回線 120 から同じく右回りの予備側波長多重光ファイバ回線 121 に光信号を迂回しての障害回避を行う例である。このようなスパンスイッチを利用すると、第一のネットワークの障害に起因した切り替えが第二のネットワークでの光経路に影響しないようになり、切り替えに伴う第二のリングでの波長多重数の変化が無くなるので第二のネットワークでの光伝送特性が安定するなどの利点がある。また片方のネットワークで障害が起きても他のネットワークの切り替えを引き起こさないため、他のネットワークにおける予備回線を伝送されているエクストラトラフィックが影響を受けず、経済性が高いというメリットもある。本例は第一、第二のネットワークが光リングネットワークの場合の例を示しているが、必ずしもリングである必要はなく、リニア型やメッシュ型のネットワークであっても構わない。

20

【0086】

波長 1 の光信号に本光プロテクションを適用する場合、光ネットワークの接続点であるノード 124-3 内部に 2 : 2 光カプラ 168 を配置し、第一の光ネットワークの現用および予備光挿入分岐装置 130-3 および 131-3 の波長 1 のドロップ光出力ファイバ 108-3-1、108-3-2 を光カプラ 168 の入力ポートへ、また光カプラ 168 の 2 つの出力ポートをそれぞれ第二の光ネットワークの現用および予備光挿入分岐装置 130-4 および 131-4 の波長 1 のアッド光入力ファイバ 109-4-1、109-4-2 に接続する。通常は、各ネットワークの入力点となる波長多重分岐装置 130-1、131-1、130-4、131-4 では波長 1 の現用側のアッドスイッチをアッド状態、予備側アッドスイッチを非アッド状態に、また出力点となる波長多重分岐装置 130-3、131-3、130-6、130-6 では現用側のドロップスイッチをドロップ状態、予備側のドロップスイッチを非ドロップ状態に設定する。あるネットワークで障害が発生した場合には、該ネットワークの入力点の波長多重分岐装置の現用側アッドスイッチを非アッド状態に、また予備側アッドスイッチをアッド状態に、さらに出力点の波長多重分岐装置の現用側ドロップスイッチを非ドロップ状態に、また予備側ドロップスイッチをドロップ状態に切り替える。

30

【0087】

なお本実施形態と同様にして各光ネットワーク単位でのリングスイッチなども構成可能である。

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態を示す構成図である。

40

50

【図2】本発明の第1の実施形態における1+1光プロテクション時のネットワーク構成を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施形態におけるノードの構成図である。

【図4】本発明の第2の実施形態を示す構成図である。

【図5】従来の光波長挿入分岐装置の構成図である。

【図6】従来の1+1光プロテクションの構成図である。

【図7】従来の光波長挿入分岐装置を用いた光プロテクションの問題点を示す構成図である。

【図8】本発明の第3の実施形態を示す構成図である。

【図9】本発明の第4の実施形態を示す構成図である。

10

【図10】本発明の第5の実施形態を示す構成図である。

【図11】本発明の第6の実施形態を示す構成図である。

【図12】本発明の第7の実施形態を示すノードの構成図である。

【図13】本発明の第8の実施形態を示すノードの構成図である。

【図14】本発明の第9の実施形態を示すノードの構成図である。

【図15】本発明の第10の実施形態を示す構成図である。

【図16】本発明の第11の実施形態を示す構成図である。

【図17】本発明の第12の実施形態を示す構成図である。

【図18】本発明の第1の実施形態における光スイッチ切り替え状態を示す表である。

【図19】本発明の第3の実施形態における光スイッチ切り替え状態を示す表である。

20

【図20】本発明の第4、5の実施形態における光スイッチ切り替え状態を示す表である。

【符号の説明】

【0089】

100... 本発明の光波長挿入分岐装置 (OADM)、101... 入力波長多重光ファイバ回線、

102... 光波長分波器、103... 1×2光スイッチ (ドロップスイッチ)、104... スルー光経路

、

105... 2×1光スイッチ (アッドスイッチ)、106... 光スイッチ制御回路、107... 障害情報

、

108... ドロップ光出力ファイバ、109... アッド光入力ファイバ、110... 光波長合波器、

30

111... 出力波長多重光ファイバ回線、112... アッドスイッチ制御信号、113... ドロップスイッチ制御信号、120... 現用側波長多重光ファイバ回線、121... 予備側波長多重光ファイバ回線、122... 波長1の現用光信号の経路、123... 波長1の予備光信号の経路、124... ノード

、

125... 光送信器、126... 光受信器、127... 1:2光カプラ (光分岐器)、128... 2:1光カプラ (光合成器)、130... 現用側の本発明の光波長挿入分岐装置、131... 予備側の本発明の光波長挿入分岐装置、132... 障害、133... 波長1の受信光の経路、134... 波長1の送信光の経路、

135... 障害検出回路、136... 検出信号、137... 入出力光回線、138... 2出力2入力光送受信器

、

139... 波長1の予備回線からの受信光の経路、140... 従来の光波長挿入分岐装置、

141... 2×2光スイッチ、142... 2×1光スイッチ、143... 現用側の従来の光波長挿入分岐装置、144... 予備側の従来の光波長挿入分岐装置、145... 光スイッチ制御回路、150... 接続点、151... ドロップ光用N入力N出力マトリクススイッチ、152... アッド光用N入力N出力マトリクススイッチ、153... マトリクススイッチ出力ファイバ、154... マトリクススイッチ入力ファイバ、155... スルー光遮断スイッチ、160... 順方向現用波長多重光ファイバ回線、161... 逆方向現用波長多重光ファイバ回線、162... 逆方向現用波長多重光ファイバ回線、163... 逆方向予備波長多重光ファイバ回線、164... 本発明の順方向現用光波長挿入分岐装置

、

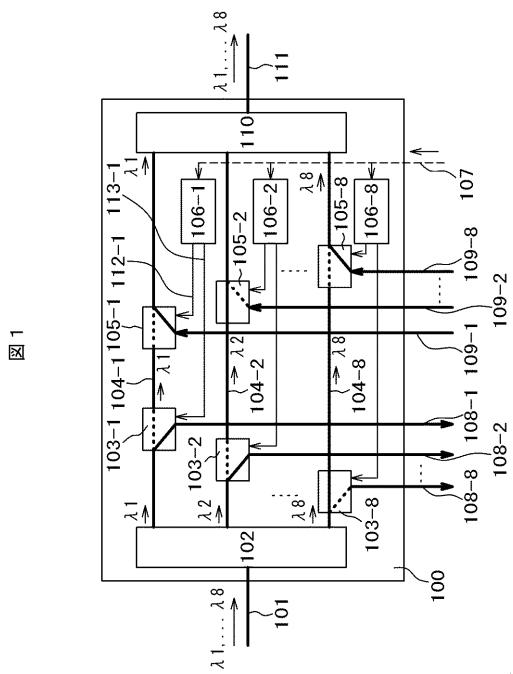
165... 本発明の逆方向現用光波長挿入分岐装置、166... 本発明の順方向予備光波長挿入分岐

40

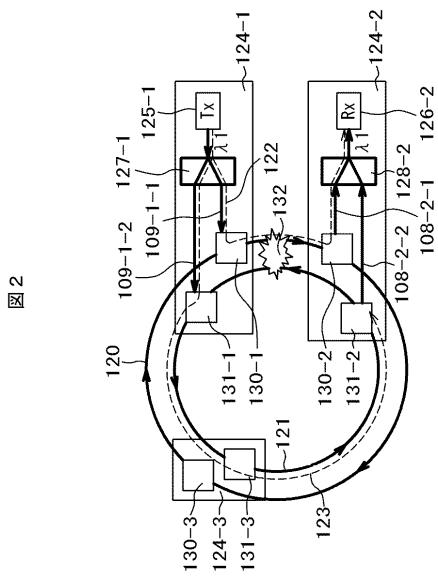
50

装置、167...本発明の逆方向予備光波長挿入分岐装置、168...2:2光カプラ。

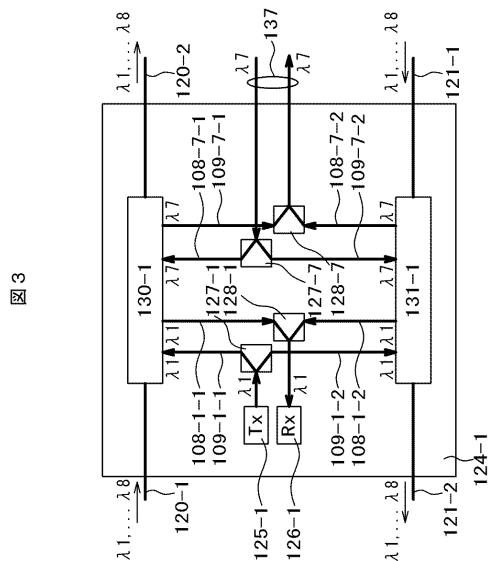
【図1】



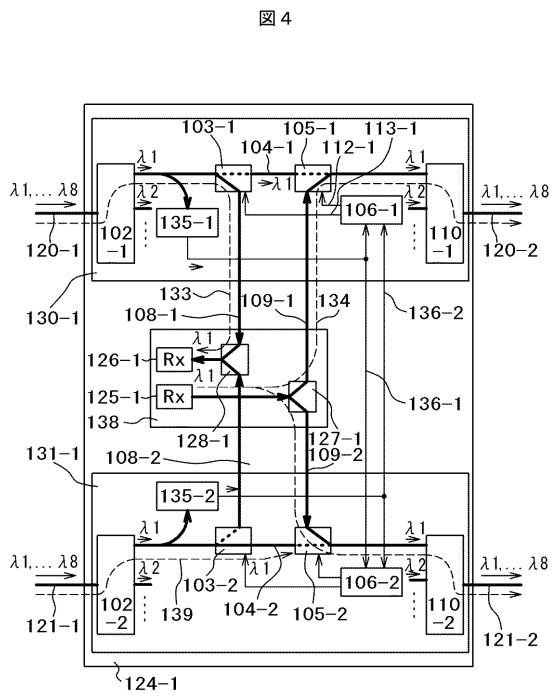
【図2】



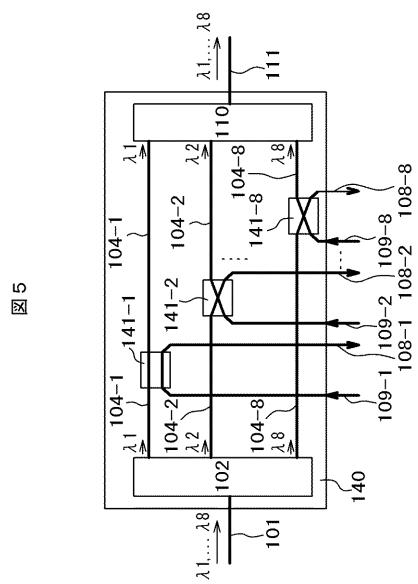
【 図 3 】



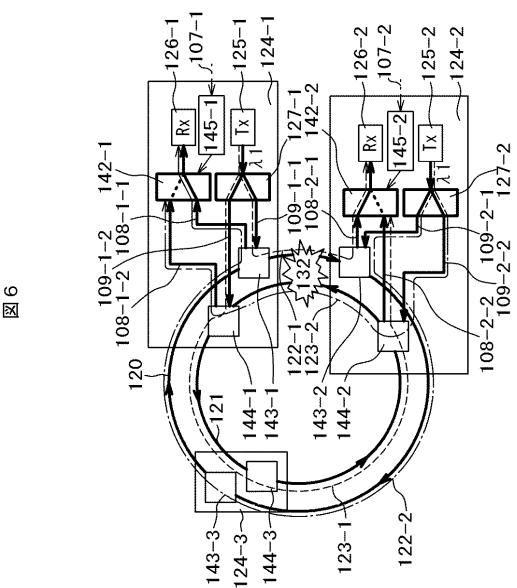
【 図 4 】



【図5】



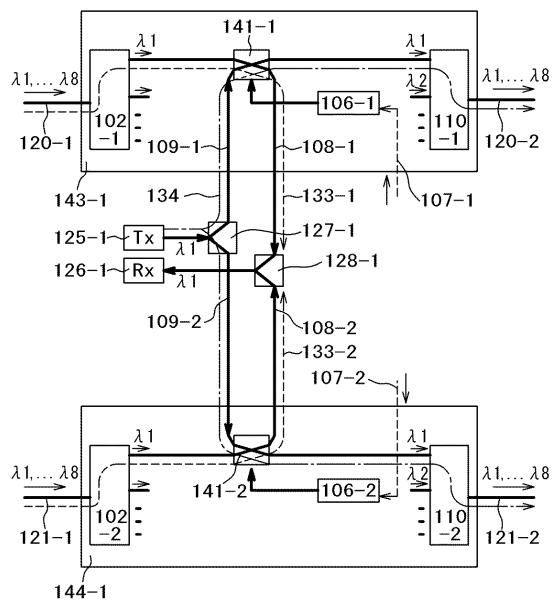
【図6】



【図7】

【 8 】

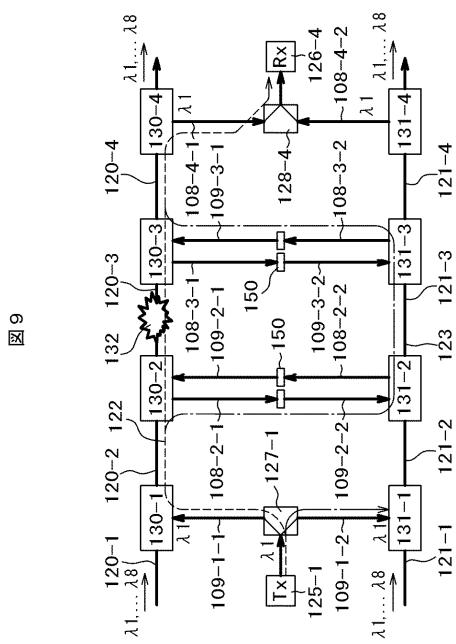
図 7



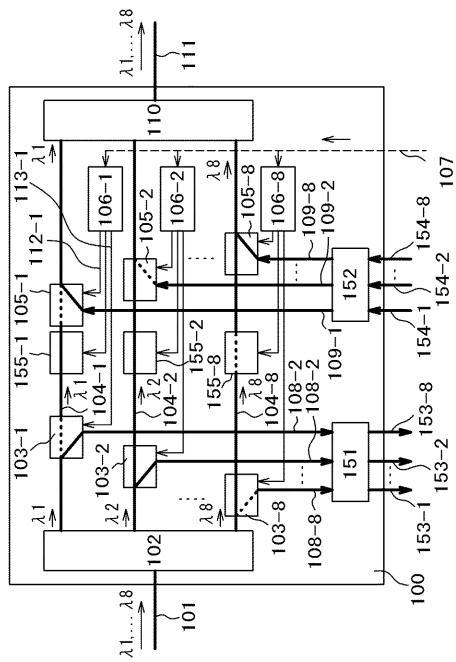
【図9】

【図10】

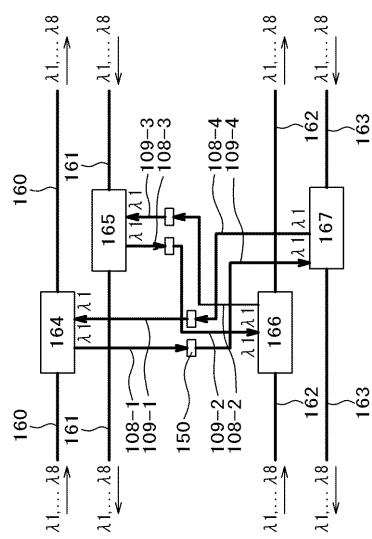
10



【図11】



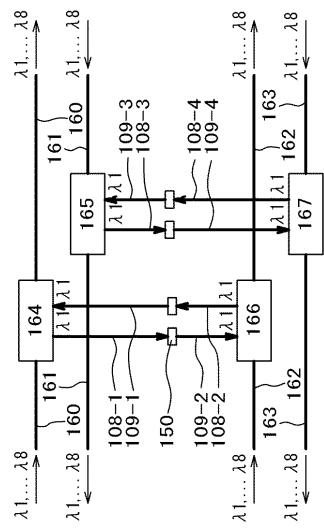
### 【図13】



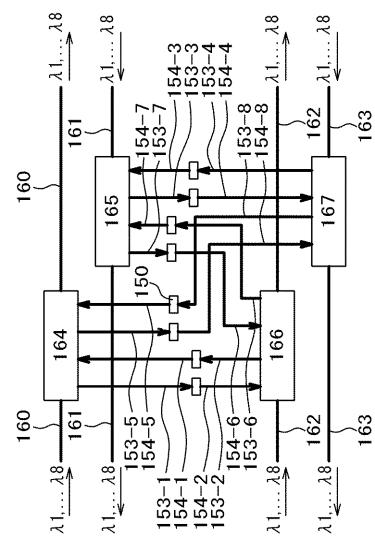
13

四一

【 図 1 2 】



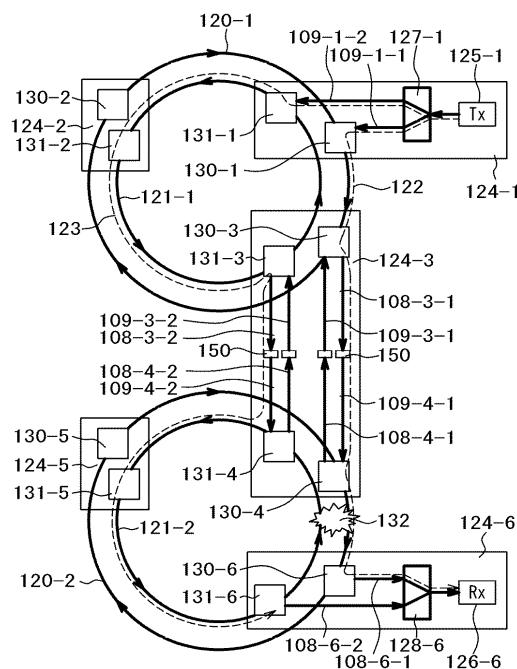
【 図 1 4 】



14

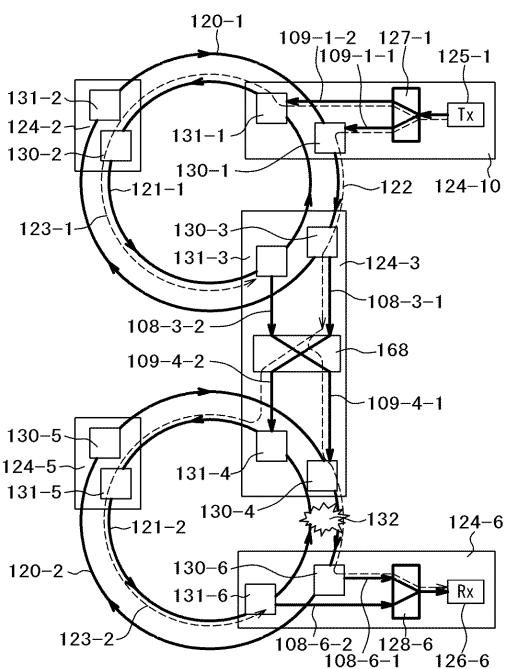
【図15】

図15



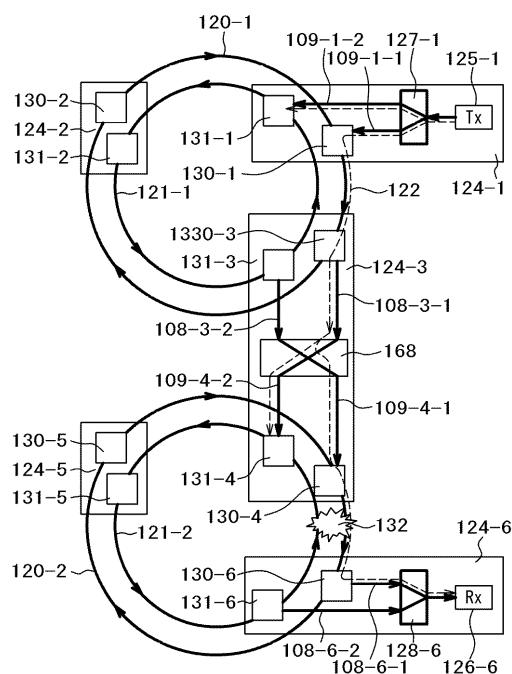
【図16】

図16



【図17】

図17



【図18】

図18

波長入1のスイッチ	通常時	障害132発生時
図2のノード124-2内の現用側ODM(130-2)	アッドSW	アッド
図2のノード124-2内の予備側ODM(131-2)	ドロップSW	ドロップ

表1

【図19】

図19

表2

波長11のスイッチ			
図8のノード124-1内の現用側OADM(130-1)	アッドSW ドロップSW	アッド ドロップ	通常時 /非ドロップ 障害132発生時 非アッド
図8のノード124-1内の予備側OADM(131-1)	アッドSW ドロップSW	非アッド ドロップ /非ドロップ	アッド ドロップ

【図20】

図20

表3

波長11のスイッチ			
現用回線側OADM(130-2)で障害点が直下流	アッドSW ドロップSW	非アッド 非ドロップ	通常時 非アッド 障害132発生時 非ドロップ
現用回線側OADM(130-3)で障害点が直上流	アッドSW ドロップSW	非アッド 非ドロップ	アッド 通常時 ドロップ
予備回線側OADM(131-2)で障害点が現用側直下流	アッドSW ドロップSW	非アッド 非ドロップ	アッド 通常時 ドロップ
予備回線側OADM(131-3)で障害点が現用側直上流	アッドSW ドロップSW	非アッド 非ドロップ	アッド 通常時 ドロップ

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-354006(JP,A)  
特開平01-274525(JP,A)  
特開2005-303730(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/28  
H04J14/00-14/08