

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5790364号
(P5790364)

(45) 発行日 平成27年10月7日(2015.10.7)

(24) 登録日 平成27年8月14日(2015.8.14)

(51) Int. Cl.			F I		
HO 4 B	10/032	(2013.01)	HO 4 B	9/00	1 3 2
HO 4 B	10/275	(2013.01)	HO 4 B	9/00	2 7 5
HO 4 J	14/00	(2006.01)	HO 4 B	9/00	E
HO 4 J	14/02	(2006.01)			

請求項の数 9 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2011-205315 (P2011-205315)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22) 出願日	平成23年9月20日(2011.9.20)	(74) 代理人	100074099 弁理士 大菅 義之
(65) 公開番号	特開2013-70123 (P2013-70123A)	(74) 代理人	100133570 弁理士 ▲徳▼永 民雄
(43) 公開日	平成25年4月18日(2013.4.18)	(72) 発明者	中嶋 峰詩 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
審査請求日	平成26年6月3日(2014.6.3)	(72) 発明者	野津 靖子 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送システムおよび雑音抑制方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

WDM信号を伝送する複数のノード装置を有し、第1のノード装置が前記WDM信号から第1の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムにおいて使用される雑音抑制方法であって、

前記第1の光信号を前記第1のノード装置へ伝送する第1の経路上に配置されている第2のノード装置が前記第1の光信号の障害を検出したときに、前記第2のノード装置から前記第1の経路を介して前記第1のノード装置へ、前記第1の光信号を指定する障害信号を送信し、

前記障害信号に応じて、前記第1のノード装置から、前記第1の経路を介して前記第2のノード装置へ向けて、前記第1の光信号を指定するシャットオフ信号を送信し、

前記障害信号を中継し、且つ前記シャットオフ信号を受信した、第3のノード装置において、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする雑音抑制方法。

【請求項2】

前記第1のノード装置は、前記障害信号の受信に応じて、前記シャットオフ信号を前記第1の経路を介して前記第2のノード装置へ向けて送信する

ことを特徴とする請求項1に記載の雑音抑制方法。

【請求項3】

前記第1のノード装置は、前記障害信号に係わらず定期的または継続的に、前記シャッ

10

20

トオフ信号を前記第1の経路を介して前記第2のノード装置へ向けて送信することを特徴とする請求項1に記載の雑音抑制方法。

【請求項4】

前記第1のノード装置から最初に前記シャットオフ信号を受信するノード装置が、前記第3のノード装置として、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフすることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の雑音抑制方法。

【請求項5】

前記複数のノード装置は、波長ごとにWDM信号を制御する分岐挿入ノード装置、およびWDM信号を一括して増幅する増幅ノード装置を含み、

前記増幅ノード装置は、前記シャットオフ信号を受信すると、前記シャットオフ信号を前記第2のノード装置へ向けて転送し、

前記分岐挿入ノード装置は、前記シャットオフ信号を受信すると、前記第3のノード装置として、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の雑音抑制方法。

【請求項6】

WDM信号を伝送する複数のノード装置を有し、第1のノード装置が前記WDM信号から第1の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムにおいて使用される雑音抑制方法であって、

前記第1の光信号を前記第1のノード装置へ伝送する第1の経路上に配置されている第2のノード装置が前記第1の光信号の障害を検出したときに、前記第2のノード装置から前記第1の経路を介して前記第1のノード装置へ、前記第1の光信号を指定する障害信号を送信し、

前記第1の経路上に配置されている1または複数のノード装置において、前記障害信号に応じて、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする雑音抑制方法。

【請求項7】

WDM信号を伝送する複数のノード装置を有し、第1のノード装置が前記WDM信号から第1の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムにおいて使用される雑音抑制方法であって、

前記第1の光信号を前記第1のノード装置へ伝送する第1の経路上に配置されている第2のノード装置が前記WDM信号の障害を検出したときに、前記第2のノード装置から前記第1の経路を介して前記第1のノード装置へ、前記WDM信号のすべての波長を指定する障害信号を送信し、

前記第1の経路上で前記障害信号を中継する1または複数のノード装置において、前記第1のノード装置へ向かうWDM信号をシャットオフする

ことを特徴とする雑音抑制方法。

【請求項8】

WDM信号を伝送する複数のノード装置を有し、第1のノード装置が前記WDM信号から第1の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムにおいて使用される雑音抑制方法であって、

前記第1の光信号を前記第1のノード装置へ伝送する第1の経路上に配置されている第2のノード装置が前記第1の光信号の障害を検出したときに、前記第2のノード装置から前記第1の経路を介して前記第1のノード装置へ、前記第1の光信号を指定する障害信号を送信し、

前記第1の経路上で前記第1のノード装置の隣りに配置されている第3のノード装置において、前記障害信号に応じて、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする雑音抑制方法。

【請求項9】

WDM信号を伝送する複数のノード装置を有し、第1のノード装置が前記WDM信号か

10

20

30

40

50

ら第1の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムであって、

前記第1の光信号を前記第1のノード装置へ伝送する第1の経路上に配置されている第2のノード装置は、前記第1の光信号の障害を検出したときに、前記第1の経路を介して前記第1のノード装置へ、前記第1の光信号を指定する障害信号を送信し、

前記第1のノード装置は、前記第1の経路を介して前記第2のノード装置へ向けて、前記第1の光信号を指定するシャットオフ信号を送信し、

前記障害信号を中継し且つ前記シャットオフ信号を受信した第3のノード装置は、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、光伝送システムにおいて雑音を抑制する方法に係わる。

【背景技術】

【0002】

光伝送システムの一形態として、WDM (Wavelength Division Multiplexing) 伝送システムが実用化されている。WDMは、波長の異なる複数の光信号を多重化して伝送する。そして、WDM伝送システムにおいて伝送路障害を復旧させる方式または構成として、OUPSR (Optical Unidirectional Path Switched Ring) が知られている。

【0003】

20

図1は、OUPSRについて説明する図である。図1に示す例では、WDM伝送システムは、ノード装置A～Iを有する。ノード装置A～Iは、リング状に接続されている。また、ノード装置A～Iは、時計回り方向および反時計回り方向に光信号を伝送することができる。

【0004】

以下の説明では、クライアントXからクライアントYへデータが伝送されるものとする。この場合、ノード装置Aは、光信号X1をノード装置Bに導くと共に、光信号X2をノード装置Iに導く。すなわち、光信号X1は反時計回り方向に伝送され、光信号X2は時計回り方向に伝送される。ここで、光信号X1、X2は、互いに実質的に同じであり、クライアントXから送信されるデータを伝搬する。また、光信号X1、X2は、それぞれWDM信号の中に多重化されて伝送される。

30

【0005】

ノード装置Fは、ノード装置B、C、D、Eを介して受信するWDM信号から光信号X1を抽出してOUPSR装置へ導く。また、ノード装置Fは、ノード装置I、H、Gを介して受信するWDM信号から光信号X2を抽出してOUPSR装置へ導く。すなわち、OUPSR装置は、光信号X1、X2を受信する。そして、OUPSR装置は、光信号X1、X2の一方を選択してクライアントYへ導く。ここでは、OUPSR装置は、光信号X1を選択してクライアントYへ導くものとする。

【0006】

40

上記構成のWDM伝送システムにおいて、障害により、ノード装置Aから反時計回り方向に伝送される光信号X1がノード装置Fに到達しないものとする。ここで、OUPSR装置は、各光信号X1、X2の受信レベルをモニタしている。そして、光信号X1の受信レベルが所定の閾値よりも低下すると、光信号X1について光断 (LOL: Loss of Light) を検出する。そうすると、OUPSR装置は、ノード装置I、H、Gを介して受信する光信号X2をクライアントYへ導く。すなわち、OUPSR装置は、クライアントXからクライアントYへデータを伝送するための光パスを切り替える。このように、伝送路の障害が発生したときは、OUPSR装置において光パスを切り替えることにより、データ伝送は復旧する。

【0007】

なお、障害に起因する光パスの切替えは、他の方法で実現することもできる。例えば、

50

ある波長チャネルの光断を検出したノード装置は、その波長チャネルをドロップするOUPS R装置へ障害信号を通知するようにしてもよい。この場合、OUPS R装置は、障害信号に従って、その波長チャネルの光パスを切り替える。

【0008】

関連する技術として、特許文献1は、光チャネルの光信号断検出を瞬時に行うことができる光受信装置について記載している。特許文献2は、伝送ルート切替制御方法について記載している。特許文献3は、光入力断検出閾値設定方法について記載している。特許文献4は、光ネットワークのドメイン間接続における障害特定方法について記載している。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0009】

【特許文献1】国際公開WO2009/022406号

【特許文献2】国際公開WO2005/008924号

【特許文献3】特開2009-130505号公報

【特許文献4】特開2008-252657号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上述のように、光パスの切替えは、例えば、OUPS R装置において受信信号の光レベルをモニタすることにより実現される。ところが、例えば、ある波長チャネルの光断が発生した場所から、その波長チャネルをWDM信号から分岐するノード（すなわち、ドロップノード）までの伝送路が長く、その伝送路上に多数のノードが存在するときは、OUPS R装置は、光信号のレベルを適切にモニタできないことがある。

20

【0011】

図1に示す例では、ノード装置Aにおいて光信号X1に障害が発生しているとする。また、光信号X1は、ノード装置FにおいてWDM信号から分岐されてクライアントに導かれるので、ノード装置Fが光信号X1についてのドロップノードである。この場合、ノード装置Fは、WDM信号から、光信号X1に割り当てられている波長（以下、 x ）を分岐してOUPS R装置に導く。

【0012】

30

ところで、各ノード装置は、WDM信号を増幅する光アンプを有している。そして、光アンプは、ASE (Amplified Spontaneous Emission) 雑音を生成する。よって、ノード装置Aからノード装置Fへ向かう伝送路上に配置されているノード装置B、C、D、Eにおいて、ASE雑音が蓄積される。このため、光信号X1の光パスが切断されている場合であっても、ノード装置FがWDM信号から波長 x を分岐してOUPS R装置に導くと、OUPS R装置において検出される光レベルが上述の閾値よりも高くなることがある。この場合、OUPS R装置は、光信号X1について光断 (LOL) を検出できないので、光パスの切替えは行われぬ。すなわち、クライアントX、Y間のデータ通信は、復旧しない。

【0013】

40

一方、上述の障害信号を利用して光パスを切り替えるためには、各ノード装置だけでなく、OUPS R装置も障害信号を利用した復旧手順をサポートしている必要がある。ところが、光伝送システムを柔軟に構築するためには、各ノード装置は、任意の通信装置を収容できることが好ましい。したがって、障害信号を利用する復旧手順をサポートしていないOUPS R装置がノードに接続されることもある。この場合、OUPS R装置は障害を検出できないので、光パスは切り替えられない。

【0014】

なお、上述の問題は、OUPS Rを採用する光伝送システムにおいてのみ発生するものではない。すなわち、上述の問題は、障害に起因して光パスを切り替える光伝送システムにおいて発生し得る。

50

【 0 0 1 5 】

本発明の課題は、光伝送システムにおいて所定の装置が障害を検出できるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

本発明の1つの態様の雑音抑制方法は、WDM信号を伝送する複数のノード装置を有し、第1のノード装置が前記WDM信号から第1の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムにおいて使用され、前記第1の光信号を前記第1のノード装置へ伝送する第1の経路上に配置されている第2のノード装置が前記第1の光信号の障害を検出したときに、前記第2のノード装置から前記第1の経路を介して前記第1のノード装置へ、前記第1の光信号を指定する障害信号を送信し、前記障害信号に応じて、前記第1のノード装置から、前記第1の経路を介して前記第2のノード装置へ向けて、前記第1の光信号を指定するシャットオフ信号を送信し、前記障害信号を中継し、且つ前記シャットオフ信号を受信した、第3のノード装置において、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

上述の態様によれば、光伝送システムにおいて所定の装置が障害を検出できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

20

【図1】OUPS Rについて説明する図である。

【図2】第1の実施形態の概要を説明する図である。

【図3】ROADMの構成を示す図である。

【図4】OUPS R部の構成を示す図である。

【図5】OSC信号により伝送されるOSCフレームの一例を示す図である。

【図6】シャットオフ制御の条件を示す図である。

【図7】シャットオフの効果を説明する図である。

【図8】第1の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。

【図9】第1の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。

【図10】第2の実施形態の概要を説明する図である。

30

【図11】第2の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。

【図12】第2の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。

【図13】ILAの構成を示す図である。

【図14】第3の実施形態の概要を説明する図である。

【図15】第3の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。

【図16】第3の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。

【図17】第4の実施形態の概要を説明する図である。

【図18】第4の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。

【図19】第4の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。

【図20】第5の実施形態の概要を説明する図である。

40

【図21】第5の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。

【図22】第5の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。

【図23】第6の実施形態の概要を説明する図である。

【図24】第6の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。

【図25】第6の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。

【図26】第7の実施形態のシャットオフ制御方法を説明する図である。

【図27】第8の実施形態に係るWDM伝送システムの一例を示す図である。

【図28】ネットワークトポロジ/ルーティングDBの実施例を示す図である。

【図29】波長パス接続状態管理テーブルの一例を示す図である。

【図30】トポロジ情報の他の実施例を示す図である。

50

【図31】ルーティング情報の他の実施例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明の実施形態の光伝送システムは、WDM信号を伝送する複数のノード装置を有する。そして、実施形態の光伝送システムは、ある波長チャネルにおいて障害が発生したときに、その波長チャネルの光レベルを適切にモニタするために、その波長チャネルの雑音を抑制する機能を有する。以下、いくつかの実施形態を説明する。

【0020】

<第1の実施形態>

図2は、第1の実施形態の概要を説明する図である。図2に示す例では、WDM伝送システム1は、ノード装置A～Iを有する。各ノード装置A～Iは、この例では、光分岐挿入装置（ROADM：Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer）である。また、ノード装置A～Iは、光ファイバにより、リング状に接続されている。ここで、WDM伝送システム1は、時計回り方向および反時計回り方向に光信号を伝送することができる。すなわち、ノード間には、双方向伝送路が設けられている。

10

【0021】

各ノード装置A～Iは、クライアント装置を収容することができる。クライアント装置は、クライアント（または、ルータ等）を収容する。図2に示す例では、ノード装置Fにクライアント装置30が接続されている。

【0022】

上記構成のWDM伝送システム1において、クライアントXからクライアントYへデータが伝送されるものとする。クライアントXは、ノード装置Aに収容されている。なお、図2では、クライアントXを収容するクライアント装置は省略されている。また、クライアントYは、クライアント装置30に収容されている。

20

【0023】

この場合、ノード装置Aは、反時計回り方向に伝送される光信号X1および時計回り方向に伝送される光信号X2を生成する。そして、ノード装置Aは、光信号X1をノードBに導くと共に、光信号X2をノードIに導く。ここで、光信号X1、X2は、互いに実質的に同じであり、クライアントXから送信されるデータを伝搬する。また、光信号X1、X2は、それぞれWDM信号の中に多重化されて伝送される。

30

【0024】

ノード装置Fは、ノードB、C、D、Eを介して受信するWDM信号から光信号X1を抽出してクライアント装置30へ導く。また、ノード装置Fは、ノードI、H、Gを介して受信するWDM信号から光信号X2を抽出してクライアント装置30へ導く。すなわち、クライアント装置30は、光信号X1、X2を受信する。そして、クライアント装置30は、光信号X1、X2の一方を選択してクライアントYへ導く。ここでは、クライアント装置30は、光信号X1を選択してクライアントYへ導くものとする。光信号X1、X2の一方を選択する機能は、後述するOUPSR部により実現される。

【0025】

なお、以下の説明では、ある光信号（または、ある波長チャネル）をWDM信号から分岐してクライアントに導くノード装置を「ドロップノード装置」と呼ぶことがある。例えば、図2に示す例では、光信号X1のドロップノード装置は、ノード装置Fである。

40

【0026】

図3は、各ノードに設けられるROADMの構成を示す。すなわち、図3は、各ノード装置A～Iの構成を示している。なお、図3に示す例では、ROADMは、2-degree構成である。すなわち、ROADMは、2つの方路（WEST、EAST）を有している。また、図3では、ROADMにはクライアント装置30が1つだけ接続されているが、ROADMは、複数のクライアント装置30を収容することができる。

【0027】

光アンプ11Wは、WEST方路から入力されるWDM信号を増幅する。ここで、WD

50

MネットワークからROADMに入力されるWDM信号は、主信号およびOSC信号を含む。さらに、主信号は、波長の異なる複数の光信号を含む。すなわち、主信号もWDM信号である。また、主信号中の各光信号は、例えば、クライアント間でデータを伝送する。OSC (Optical Supervisory Channel) 信号は、後で説明するが、制御情報を伝送する。OSC信号には、主信号とは異なる波長が割り当てられている。そして、OSCフィルタ17Wは、入力WDM信号からOSC信号を抽出してOSC制御部18Wに導く。また、OSCフィルタ17Wは、OSC信号が除去されたWDM信号(すなわち、主信号)を光アンプ11Wに導く。したがって、光アンプ11Wは、OSC信号が除去されたWDM信号(すなわち、主信号)を増幅する。

【0028】

光信号分配器(SPL: Optical Splitter) 12Wは、光アンプ11Wにより増幅されたWDM信号を波長選択スイッチ(WSS: Wavelength Selective Switch) 13Eおよびデマルチプレクサ(DMUX) 15Wに導く。デマルチプレクサ15Wは、光信号分配器12Wから導かれてくるWDM信号を波長ごとに分波する。デマルチプレクサ15Wにより得られる光信号は、それぞれ、対応する光ファイバに導かれる。ただし、図3では、デマルチプレクサ15Wの複数の出力のうちの一つのみが描かれている。そして、デマルチプレクサ15Wから出力される光信号は、クライアント装置30のOUPSR部31に導かれる。

【0029】

OSCフィルタ17E、光アンプ11E、光信号分配器12E、デマルチプレクサ15Eの動作は、実質的にOSCフィルタ17W、光アンプ11W、光信号分配器12W、デマルチプレクサ15Wと同じである。よって、デマルチプレクサ15Eから出力される光信号も、クライアント装置30のOUPSR部31に導かれる。

【0030】

このように、クライアント装置30のOUPSR部31は、WEST方路から受信するWDM信号から分岐された光信号、およびEAST方路から受信するWDM信号から分岐された光信号を受信する。そうすると、OUPSR部31は、2つの光信号のうち的一方を選択してトランスポンダ(TRPN) 32に導く。そして、トランスポンダ32は、OUPSR部31により選択された光信号をクライアントに導く。このとき、トランスポンダ32は、WDMネットワーク上の信号形式を、クライアント回線上的信号形式に変換してもよい。

【0031】

図4は、OUPSR部31の一例の構成を示す図である。OUPSR部31は、図4に示すように、光スイッチ31a、受光器(PD: Photo Detector) 31b、31c、コントローラ31dを含む。

【0032】

光スイッチ31aは、コントローラ31dの指示に従って、2つの入力光信号のうち的一方を選択する。なお、光信号X1、X2は、それぞれデマルチプレクサ15W、15Eから導かれてくる。受光器31b、31cは、それぞれ光信号X1、X2を電気信号に変換する。コントローラ31dは、受光器31b、31cにより得られる電気信号を利用して、光信号X1、X2の光パワーを検出する。そして、コントローラ31dは、光信号X1、X2の光パワーに基づいて、光スイッチ31aを制御する。

【0033】

初期動作において、コントローラ31dは、光信号X1、X2の光パワーを比較する。そして、光信号X1の光パワーの方が大きければ、コントローラ31dは、光スイッチ31aに光信号X1を選択させる。一方、光信号X2の光パワーの方が大きければ、コントローラ31dは、光スイッチ31aに光信号X2を選択させる。

【0034】

コントローラ31dは、光スイッチ31aにより選択されている光信号の光パワーをモニタする。そして、選択されている光信号の光パワーが所定の閾値レベルよりも低くなる

10

20

30

40

50

と、コントローラ 31d は、光スイッチ 31a に他方の光信号を選択させる。閾値は、光信号が断状態 (LOL: Loss of Light) であるか否かを判定するために使用される。例えば、光信号 X1 が選択されているときに、光信号 X1 の光パワーが閾値レベルよりも低くなると、コントローラ 31d は、光スイッチ 31a に光信号 X2 を選択させる。この結果、波長チャネルの経路切替えが実現される。

【0035】

このように、OUPSR 部 31 は、入力光信号の光パワーをモニタし、そのモニタ結果に応じて波長チャネルの経路切替えを実現する。したがって、波長チャネルに障害が発生すると、経路切替えが行われ、データ伝送が復旧する。

【0036】

図 3 に戻る。トランスポンダ (TRPN) 33 は、クライアントから送信される光信号を分岐してマルチプレクサ (MUX) 16W、16E に導く。このとき、トランスポンダ 33 は、クライアント回線上の信号形式を、WDM ネットワーク上の信号形式に変換してもよい。

【0037】

マルチプレクサ 16W は、1 または複数のクライアント装置 2 から出力される光信号を多重化する。マルチプレクサ 16W により多重化された光信号は、波長選択スイッチ 13W に導かれる。

【0038】

波長選択スイッチ 13W には、EAST 方路から伝送されてくる WDM 信号、およびマルチプレクサ 16W により多重化された光信号が入力される。そして、波長選択スイッチ 13W は、CPU 20 により指定される波長を選択する。これにより、EAST 方路から入力されて WEST 方路へ出力される WDM 信号に、クライアントから送信される光信号が挿入される。なお、CPU 20 は、例えば、不図示のネットワーク管理システムからの指示に従って、波長選択スイッチ 13W、13E を制御してもよい。

【0039】

光アンプ 14W は、波長選択スイッチ 13W から出力される WDM 信号を増幅する。そして、OSC カブラ 19W は、光アンプ 14W により増幅された WDM 信号に、OSC 制御部 18W により生成される OSC 信号を加える。

【0040】

マルチプレクサ 16E、波長選択スイッチ 13E、光アンプ 14E、OSC カブラ 19E の動作は、実質的に、マルチプレクサ 16W、波長選択スイッチ 13W、光アンプ 14W、OSC カブラ 19W と同じである。よって、WEST 方路から入力されて EAST 方路へ出力される WDM 信号にも、クライアントから送信される光信号が挿入される。このとき、EAST 方路へ出力される WDM 信号にも OSC 信号が加えられる。

【0041】

波長選択スイッチ 13W、13E は、それぞれ OCM (Optical Channel Monitor) を有する。OCM は、各波長の光パワーをモニタする。したがって、波長選択スイッチ 13W、13E は、OCM を利用することによって、各波長チャネルの障害 (例えば、LOL: Loss of Light) を検出することができる。例えば、ある波長チャネルの光パワーが所定の閾値よりも低下したときは、その波長チャネル (または、その波長チャネルの光信号) に障害が発生したと判定される。

【0042】

また、波長選択スイッチ 13W、13E は、波長選択デバイスの一例であって、他のデバイスで置き換えてもよい。例えば、ROADM は、波長選択スイッチの代わりに波長プロックを有する構成であってもよい。ただし、波長プロックを有する構成においては、クライアント信号は、WDM カブラなどを利用して WDM 信号に挿入される。

【0043】

OSC 制御部 18W、18E は、入力 WDM 信号から抽出された OSC 信号を終端し、電気信号に変換する。そして、OSC 制御部 18W、18E は、OSC 信号により伝送さ

10

20

30

40

50

れてきた制御情報をCPU20へ送る。また、OSC制御部18W、18Eは、CPU20の指示に従って、OSC信号を生成する。生成されたOSC信号は、上述したように、OSCカプラ19W、19Eにより出力WDM信号に加えられる。

【0044】

CPU20は、ROADMの動作を制御する。このとき、CPU20は、受信したOSC信号に含まれている制御情報に応じて、波長選択スイッチ13W、13Eを制御する。また、CPU20は、OSC制御部18W、18Eに対して、OSC信号の生成を指示する。

【0045】

図5は、OSC信号により伝送されるOSCフレームの形式の一例を示す。OSCフレームは、この実施例では、Ethernet（登録商標）の形式を採用している。そして、OSCフレームは、データ領域の中にWCF情報およびシャットオフ情報を有する。なお、各ROADMは、例えば、定期的にOSCフレームを生成して隣接ノードへ送信する。

10

【0046】

MACDA（MAC Destination Address）とMACSA（MAC Source Address）は、それぞれOSC信号の終点と始点を表す。

WCF（Wavelength Channel Fail）信号は、WDMシステムの各波長チャネルについて障害が発生しているか否かを表す。この実施例では、各波長チャネルに対して1ビットが割り当てられている。「1」は、障害が発生している状態を表し、「0」は、障害が発生していない状態を表す。図5に示す例では、WDMシステムは、88個の波長チャネル（0～87）を提供する。なお、WCF情報は、OSCフレームに格納されて、WCF信号として伝送される。WCF信号は、障害信号の一例である。

20

【0047】

シャットオフ情報は、WDMシステムの各波長チャネルについて、シャットオフを行うか否かを指示する。この実施例では、各波長チャネルに対して1ビットが割り当てられている。「1」は、シャットオフを行う状態を表し、「0」は、シャットオフを行わない状態を表す。なお、シャットオフ情報は、OSCフレームに格納されて、シャットオフ信号として伝送される。

【0048】

次に、図2を参照しながら、障害が検出されたときのWDM伝送システム1の動作を説明する。ここでは、クライアントXからクライアントYへ反時計回りに伝送される光信号の障害が、ノード装置Aにおいて検出されるものとする。傷害は、LOLである。また、この光信号の波長は、ノード装置Aからノード装置B、C、D、Eを経由してノード装置Fに至る経路において、変わることなく1であるものとする。よって、以下では、上述の障害が検出された光信号（または、波長チャネル）を、光信号1（または、波長チャネル1）と呼ぶことがある。

30

【0049】

ノード装置Aは、光信号1の障害を検出すると、光信号1を指定するWCF信号を送信する。このとき、ノード装置Aは、図5に示すWCF情報の1ビットに「1」を設定することにより、光信号1を指定するWCF信号を生成する。そして、このWCF信号は、障害が検出された光信号1と同じ経路（すなわち、反時計回り方向）へ送信される。

40

【0050】

ノード装置B、C、D、Eは、それぞれ、WCF信号を次のノード装置へ転送する。すなわち、ノード装置Aから送信されるWCF信号は、ノード装置B、C、D、Eにより中継され、ノード装置Fまで伝送される。これにより、ノード装置Fは、光信号1を指定するWCF信号を受信する。ノード装置Fは、上記WCF信号を受信すると、光信号1を指定するシャットオフ信号を生成する。このシャットオフ信号は、図5に示すシャットオフ情報の1ビットに「1」を設定することにより生成される。そして、ノード装置Fは、光信号1が伝送されてくる経路を逆方向に（すなわち、時計回り方向）シャットオ

50

フ信号を送信する。これにより、ノード装置Eは、光信号 1を指定するシャットオフ信号を受信する。

【0051】

各ノード装置は、各波長チャンネルについて、WCF信号およびシャットオフ信号に基づいて、光出力をシャットオフするか否かを判定する。このとき、各ノード装置は、各波長チャンネルについて、図6に示す制御条件に従って、光出力をシャットオフするか否かを判定する。すなわち、ノード装置は、WCF信号が「1」であり、且つ、シャットオフ信号が「1」である波長チャンネルの光出力をシャットオフする。

【0052】

図2に示す例では、ノード装置B、C、D、E、Fは、1を指定するWCF信号を受信する。また、ノード装置Eは、1を指定するシャットオフ信号を受信する。したがって、ノード装置Eは、1の光出力をシャットオフする。なお、指定された波長の光出力のシャットオフは、波長選択スイッチ13Eまたは13Wにより実現される。

10

【0053】

図7は、シャットオフの効果を説明する図である。ここでは、ノード装置Aにおいて、波長 1の光信号が断状態になったものとする。また、図7は、波長 1についての、ノード装置B～Fの出力光パワーを示している。なお、図7は、説明のための模式的なスペクトラムを示している。

【0054】

図7(a)は、シャットオフが行われなかったときの各ノード装置の波長 1の光出力を示している。この例では、波長 1は、断状態である。ところが、各ノード装置は、WDM信号を増幅する光アンプ(11W、11E、14W、14E)を有している。そして、各光アンプは、ASE雑音を生成する。このため、波長 1の光信号は存在しないが、ノード装置Bからノード装置Fに至る経路上で、ASE雑音は蓄積されてゆく。なお、図7では、特定の波長についてのみASE雑音が生成および蓄積されているが、実際は、ASE雑音は波長にほとんど依存することなく生成される。

20

【0055】

図7(a)に示す例では、ノード装置Fにおいて、蓄積されたASE雑音による光パワーは、閾値よりも高くなっている。この閾値は、図4を参照しながら説明したように、光信号の断状態(LOL: Loss of Light)を検出するために使用される。したがって、ノード装置Fが、入力WDM信号から波長 1を分岐してOUPSR部31に導くと、OUPSR部31は、光信号 1が正常であると判定してしまう。

30

【0056】

この問題を解決するために、第1の実施形態のWDM伝送システム1においては、障害が発生した光信号のドロップノードの直前のノード装置で、その光信号に対応する波長の光出力がシャットオフされる。すなわち、ノード装置Eは、波長選択スイッチを用いて波長 1の光出力をシャットオフする。よって、図7(b)に示すように、ノード装置Eにおいて、波長 1の出力光パワーは十分に小さくなる。なお、図3に示すように、波長選択スイッチの出力側に光アンプが設けられており、その光アンプでASE雑音が生成されるので、ノード装置Eの出力光パワーはゼロではない。

40

【0057】

ノード装置Eによって波長 1の光出力がシャットオフされるので、ノード装置Fにおいて、波長 1のASE雑音成分は閾値よりも低い。したがって、ノード装置Fが、入力WDM信号から波長 1を分岐してOUPSR部31に導くと、OUPSR部31は、光信号 1が断状態であると判定する。そうすると、OUPSR部31は、図4を参照しながら説明したように、光スイッチ31aを利用して経路切替えを行う。この結果、データ伝送が復旧する。

【0058】

このように、第1の実施形態によれば、断状態となった光信号のドロップノード(すなわち、ノード装置F)の直前のノード(すなわち、ノード装置E)において、その光信号

50

に対応する波長チャネルの光出力がシャットオフされる。これにより、この波長チャネルのASE雑音が抑制され、ドロップノードにおいて、その光信号に対応する波長チャネルの光パワーは、光信号の断状態を検出するための閾値よりも小さくなる。したがって、クライアント装置30のOUPSR部31は、光信号のLOL障害を適切に検出することができ、データ伝送を復旧するために経路を切り替えることができる。

【0059】

図8は、第1の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。ここでは、図2に示す障害に起因してシャットオフが行われるものとする。すなわち、WDM伝送システム1が正常に動作しているときは、ノード装置Aに収容されているクライアントXのデータを運ぶ光信号(以下、光信号X1)は、ノード装置B、C、D、Eを介して伝送され、ノード装置Fによりトランスポンダ32に導かれる。そして、ノード装置Aにおいて光信号X1の障害が検出されたときは、ノード装置Eにおいて光信号X1に対応する波長がシャットオフされる。なお、図8においては、シャットオフ動作に直接的に係わりのない要素については、省略されている。また、図8に類似する以降の図面においても、シャットオフ動作に直接的に係わりのない要素については、省略される。

10

【0060】

S1: ノード装置Aにおいて、トランスポンダ33から出力される光信号X1が断状態になる。ここで、光信号X1の波長は、 λ 1であるものとする。

S2: 波長選択スイッチ13Eは、波長 λ 1の断状態を検出する。なお、波長選択スイッチ13Eは、例えば、OCMを利用して各波長の光パワーをモニタする。そして、ある波長の光パワーが所定の閾値よりも小さいときは、その波長の光が断状態であると判定される。

20

【0061】

S3: 波長選択スイッチ13Eは、波長 λ 1が断状態であることをCPU20に通知する。

S4: CPU20は、OSC制御部18Eに対して、WCF信号の1ビットに「1: 障害」を設定する旨を指示する。

【0062】

S5: OSC制御部18Eは、CPU20からの指示に従って、WCF信号の1ビットに「1: 障害」を設定する。そして、OSC制御部18Eは、このWCF信号を含むOSC信号を生成する。

30

S6: OSC制御部18Eから出力されるOSC信号は、OSCカプラ19EによりWDM信号に合波される。よって、このOSC信号は、次のノード装置(すなわち、ノード装置B)へ伝送される。

【0063】

上述のOSC信号を受信したときの動作は、ノード装置B~Eにおいて実質的に同じである。したがって、以下では、上述のOSC信号を受信したノード装置Eの動作を説明する。

【0064】

S11: ノード装置EのOSCフィルタ17Wは、入力WDM信号からOSC信号を抽出してOSC制御部18Wに導く。すなわち、OSC制御部18Wは、ノード装置Dで生成されたOSC信号を受信する。

40

【0065】

S12: OSC制御部18Wは、受信したOSC信号からWCF信号を抽出する。そして、OSC制御部18Wは、抽出したWCF信号をCPU20へ送信する。

S13: CPU20は、WCF信号の1ビットが「1」であることを認識する。そうすると、CPU20は、自ノード(すなわち、ノード装置E)が波長 λ 1の光信号を終端するか否かを確認する。この例では、波長 λ 1の光信号は、ノード装置Fにおいてドロップされる。すなわち、波長 λ 1の光信号は、ノード装置Eにおいて終端されていない。

【0066】

50

S 1 4 : 波長 1 の光信号がノード装置 E において終端されていないときは、CPU 2 0 は、OSC 制御部 1 8 E に対して、WCF 信号の 1 ビットに「1 : 障害」を設定する旨を指示する。

【 0 0 6 7 】

S 1 5 : OSC 制御部 1 8 E は、CPU 2 0 からの指示に従って、WCF 信号の 1 ビットに「1 : 障害」を設定する。そして、OSC 制御部 1 8 E は、このWCF 信号を含む OSC 信号を生成する。

【 0 0 6 8 】

S 1 6 : OSC 制御部 1 8 E から出力される OSC 信号は、OSC カプラ 1 9 E により WDM 信号に合波される。よって、この OSC 信号は、次のノード装置 (すなわち、ノード装置 F) へ伝送される。

【 0 0 6 9 】

このように、各ノード装置 B、C、D、E は、1 ビットが「1」である WCF 信号を前段ノードから受信すると、1 ビットが「1」である WCF 信号を次段ノードへ送信する。すなわち、各ノード装置 B、C、D、E は、1 ビットが「1」である WCF 信号をノード装置 A からノード装置 F へ中継する。

【 0 0 7 0 】

S 2 1 : ノード装置 F の OSC フィルタ 1 7 W は、入力 WDM 信号から OSC 信号を抽出して OSC 制御部 1 8 W に導く。すなわち、OSC 制御部 1 8 W は、ノード装置 E で生成された OSC 信号を受信する。

【 0 0 7 1 】

S 2 2 : OSC 制御部 1 8 W は、受信した OSC 信号から WCF 信号を抽出する。そして、OSC 制御部 1 8 W は、抽出した WCF 信号を CPU 2 0 へ送信する。

S 2 3 : CPU 2 0 は、WCF 信号の 1 ビットが「1」であることを認識する。そうすると、CPU 2 0 は、自ノード (すなわち、ノード装置 F) が波長 1 の光信号を終端するか否かを確認する。この例では、波長 1 の光信号は、ノード装置 F においてドロップされる。すなわち、波長 1 の光信号は、ノード装置 F において終端されている。

【 0 0 7 2 】

S 2 4 : 波長 1 の光信号がノード装置 F において終端されているときは、CPU 2 0 は、OSC 制御部 1 8 W に対して、シャットオフ信号の 1 ビットに「1 : シャットオフ実行」を設定する旨を指示する。

【 0 0 7 3 】

S 2 5 : OSC 制御部 1 8 W は、CPU 2 0 からの指示に従って、シャットオフ信号の 1 ビットに「1 : シャットオフ実行」を設定する。そして、OSC 制御部 1 8 W は、このシャットオフ信号を含む OSC 信号を生成する。

【 0 0 7 4 】

S 2 6 : OSC 制御部 1 8 W から出力される OSC 信号は、OSC カプラ 1 9 W により WDM 信号に合波される。よって、この OSC 信号は、光信号 X 1 の伝送経路の上流側のノード装置 (すなわち、ノード装置 E) へ伝送される。

【 0 0 7 5 】

S 3 1 : ノード装置 E において、OSC フィルタ 1 7 E は、入力 WDM 信号から OSC 信号を抽出して OSC 制御部 1 8 E に導く。すなわち、OSC 制御部 1 8 E は、ノード装置 F で生成された OSC 信号を受信する。

【 0 0 7 6 】

S 3 2 : OSC 制御部 1 8 E は、受信した OSC 信号からシャットオフ信号を抽出する。そして、OSC 制御部 1 8 E は、抽出したシャットオフ信号を CPU 2 0 へ送信する。

S 3 3 : CPU 2 0 は、シャットオフ信号の 1 ビットが「1 : シャットオフ実行」であることを検出する。そうすると、CPU 2 0 は、先に受信している WCF 信号の 1 ビットを確認する。

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

50

S 3 4 : C P U 2 0 は、W C F 信号およびシャットオフ信号が図 6 に示す制御条件を満たしているか判定する。この実施例では、波長 1 について、S 1 3 で検出された W C F 信号が「1」であり、S 3 3 で検出されたシャットオフ信号も「1」である。すなわち、シャットオフ実行条件は満たされている。よって、C P U 2 0 は、波長選択スイッチ 1 3 E に対して、波長 1 の光出力をシャットオフする旨の指示を与える。

【 0 0 7 8 】

S 3 5 : 波長選択スイッチ 1 3 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、波長 1 の光出力をシャットオフする。

S 4 1 : ノード装置 E において波長 1 のシャットオフが実行されたことにより、ノード装置 F において、波長 1 の光パワーは十分に小さい。このとき、A S E 雑音の 1 成分も十分に抑制されている。したがって、ノード装置 F に収容されているクライアイト装置 3 0 の O U P S R 部 3 1 は、W E S T 方路の波長チャンネル 1 (すなわち、光信号 X 1) の断状態を検出する。そして、O U P S R 部 3 1 は、データ伝送の経路を切替えるために、E A S T 方路の対応する光信号を選択する。

【 0 0 7 9 】

このように、第 1 の実施形態においては、ドロップノード装置 (ノード装置 F) から最初にシャットオフ信号を受信するノード装置 (ノード装置 E) が、光信号 X 1 に対応する波長の光出力をシャットオフする。換言すれば、波長 1 のドロップノード装置 (ノード装置 F) は、波長 1 の障害を表す障害信号を受信すると、前段ノード装置 (ノード装置 E) に対して、波長 1 の光出力のシャットオフを指示する。これにより、波長 1 の A S E 雑音成分は十分に抑制される。

【 0 0 8 0 】

図 9 は、第 1 の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。ここでは、図 8 に示す障害が復旧したもとする。そして、ノード装置 E において行われているシャットオフが解除される。

【 0 0 8 1 】

S 1 : ノード装置 A において、トランスポンダ 3 3 から出力される光信号 X 1 が復旧する。ここで、光信号 X 1 の波長は、1 であるものとする。

S 2 : 波長選択スイッチ 1 3 E は、波長 1 の光信号が断状態から復旧したことを検出する。なお、波長選択スイッチ 1 3 E は、例えば、O C M を利用して各波長の光パワーをモニタする。そして、ある波長の光パワーが閾値よりも大きくなると、その波長の光信号が復旧したと判定される。

【 0 0 8 2 】

S 3 : 波長選択スイッチ 1 3 E は、波長 1 が復旧したことを C P U 2 0 に通知する。なお、「復旧の通知」は、「障害の通知」を停止することを含む。

S 4 : C P U 2 0 は、O S C 制御部 1 8 E に対して、W C F 信号の 1 ビットに「0 : O K」を設定する旨を指示する。

【 0 0 8 3 】

S 5 : O S C 制御部 1 8 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、W C F 信号の 1 ビットに「0 : O K」を設定する。そして、O S C 制御部 1 8 E は、この W C F 信号を含む O S C 信号を生成する。

【 0 0 8 4 】

S 6 : O S C 制御部 1 8 E から出力される O S C 信号は、O S C カブラ 1 9 E により W D M 信号に合波される。よって、この O S C 信号は、次のノード装置 (すなわち、ノード装置 B) へ伝送される。

【 0 0 8 5 】

上述の O S C 信号を受信したときの動作は、ノード装置 B ~ E において実質的に同じである。したがって、以下では、上述の O S C 信号を受信したノード装置 E の動作を説明する。

【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

50

S 1 1 : ノード装置 E の O S C フィルタ 1 7 W は、入力 W D M 信号から O S C 信号を抽出して O S C 制御部 1 8 W に導く。すなわち、O S C 制御部 1 8 W は、ノード装置 D で生成された O S C 信号を受信する。

【 0 0 8 7 】

S 1 2 : O S C 制御部 1 8 W は、受信した O S C 信号から W C F 信号を抽出する。そして、O S C 制御部 1 8 W は、抽出した W C F 信号を C P U 2 0 へ送信する。

S 1 3 : C P U 2 0 は、W C F 信号の内容を確認する。また、C P U 2 0 は、先に受信しているシャットオフ信号を確認する。

【 0 0 8 8 】

S 1 4 : C P U 2 0 は、W C F 信号およびシャットオフ信号が図 6 に示す制御条件を満たしているか判定する。この例では、波長 1 について、新たな W C F 信号が「 0 」であり、図 8 においてノード装置 F から受信したシャットオフ信号は「 1 」である。すなわち、シャットオフ解除条件が満たされている。よって、C P U 2 0 は、波長選択スイッチ 1 3 E に対して、波長 1 の光出力のシャットオフを解除する旨の指示を与える。

【 0 0 8 9 】

S 1 5 : 波長選択スイッチ 1 3 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、波長 1 の光出力をシャットオフを解除する。これにより、波長選択スイッチ 1 3 E は、波長 1 の光をシャットオフすることなく、他の波長の光と共に出力する。

【 0 0 9 0 】

S 1 6 : C P U 2 0 は、自ノード（すなわち、ノード装置 E ）が波長 1 の光信号を終端するか否かを確認する。この例では、ノード装置 E は、波長 1 の光信号を終端していない。そうすると、C P U 2 0 は、O S C 制御部 1 8 E に対して、W C F 信号の 1 ビットに「 0 : O K 」を設定する旨を指示する。

【 0 0 9 1 】

S 1 7 : O S C 制御部 1 8 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、W C F 信号の 1 ビットに「 0 : O K 」を設定する。そして、O S C 制御部 1 8 E は、この W C F 信号を含む O S C 信号を生成する。

【 0 0 9 2 】

S 1 8 : O S C 制御部 1 8 E から出力される O S C 信号は、O S C カプラ 1 9 E により W D M 信号に合波される。よって、この O S C 信号は、次のノード装置（すなわち、ノード装置 F ）へ伝送される。

【 0 0 9 3 】

S 2 1 : ノード装置 F の O S C フィルタ 1 7 W は、入力 W D M 信号から O S C 信号を抽出して O S C 制御部 1 8 W に導く。すなわち、O S C 制御部 1 8 W は、ノード装置 E で生成された O S C 信号を受信する。

【 0 0 9 4 】

S 2 2 : O S C 制御部 1 8 W は、受信した O S C 信号から W C F 信号を抽出する。そして、O S C 制御部 1 8 W は、抽出した W C F 信号を C P U 2 0 へ送信する。

S 2 3 : C P U 2 0 は、W C F 信号の 1 ビットが「 0 」であることを認識する。そうすると、C P U 2 0 は、自ノード（すなわち、ノード装置 F ）が波長 1 の光信号を終端するか否かを確認する。この例では、波長 1 の光信号は、ノード装置 F において終端されている。

【 0 0 9 5 】

S 2 4 : ノード装置 F が波長 1 の光信号を終端しているときは、C P U 2 0 は、O S C 制御部 1 8 W に対して、シャットオフ信号の 1 ビットに「 0 : シャットオフなし」を設定する旨を指示する。

S 2 5 : O S C 制御部 1 8 W は、C P U 2 0 からの指示に従って、シャットオフ信号の 1 ビットに「 0 : シャットオフなし」を設定する。そして、O S C 制御部 1 8 W は、このシャットオフ信号を含む O S C 信号を生成する。

【 0 0 9 6 】

10

20

30

40

50

S 2 6 : O S C 制御部 1 8 W から出力される O S C 信号は、O S C カプラ 1 9 W により W D M 信号に合波される。よって、この O S C 信号は、光信号 X 1 の伝送経路の上流側のノード装置（すなわち、ノード装置 E）へ伝送される。なお、ノード装置 E は、受信した O S C 信号からシャットオフ信号を抽出し、そのシャットオフ信号の内容を認識する。

S 2 7 : ノード装置 F に収容されているクライアント装置 3 0 の O U P S R 部 3 1 は、シャットオフされていない光信号 X 1 を受信する。

【 0 0 9 7 】

< 第 2 の実施形態 >

第 1 の実施形態では、ドロップノード装置は、W C F 信号により障害の発生を認識すると、シャットオフ信号を送信する。これに対して、第 2 の実施形態では、ドロップノード装置は、W C F 信号にかかわらず、定期的にシャットオフ信号を送信する。

10

【 0 0 9 8 】

図 1 0 は、第 2 の実施形態の概要を説明する図である。図 1 0 において、第 2 の実施形態の W D M 伝送システム 2 のノード装置 A ~ I の配置は、第 1 の実施形態と実質的に同じである。

【 0 0 9 9 】

図 1 0 において、光信号 X 1 のドロップノード装置（すなわち、ノード装置 F）は、障害の有無にかかわらず、定期的に（あるいは、常時）、シャットオフ信号を生成して送信する。ここで、ノード装置 F は、ネットワーク管理システムにより光信号 X 1 についての波長チャンネルが設定されると、以降、光信号 X 1 を指定するシャットオフ信号を定期的に送信する。このシャットオフ信号は、O S C フレームを利用して、光信号 X 1 の伝送経路を逆方向に送信される。したがって、このシャットオフ信号は、ノード装置 E に伝送される。すなわち、ノード装置 E は、光信号 X 1 を指定するシャットオフ信号を定期的に受信する。

20

【 0 1 0 0 】

上記 W D M 伝送システム 2 において、ノード装置 A が光信号 X 1 の障害を検出するものとする。そうすると、ノード装置 A は、第 1 の実施形態と同様に、光信号 X 1 を指定する W C F 信号をノード装置 B へ送信する。この W C F 信号は、第 1 の実施形態と同様に、順番にノード装置 B、C、D、E によって中継される。

【 0 1 0 1 】

ノード装置 E は、上述の W C F 信号を受信する。ここで、ノード装置 E は、光信号 X 1 を指定するシャットオフ信号を受信している。したがって、ノード装置 E は、上述の W C F 信号を受信すると、即座に、光信号 X 1 に対応する波長の光出力をシャットオフする。これにより、光信号 X 1 に対応する波長の A S E 雑音が抑制される。したがって、第 2 の実施形態においても、第 1 の実施形態と同様に、ノード装置 F に収容されるクライアント装置 3 0 において、光信号 X 1 の断状態（L O L : Loss of Light）を確実に検出することができる。また、第 2 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と比較して、障害が発生してからシャットオフが実行されるまでの時間が短くなる。

30

【 0 1 0 2 】

各ノード装置は、図 6 に示す制御条件に従って、シャットオフを実行または解除する。ただし、ドロップノード装置の直前のノード装置は、上述のように、定期的にシャットオフ信号を受信する。したがって、このノード装置においては、実質的に、W C F 信号のみに従ってシャットオフが実行または解除される。

40

【 0 1 0 3 】

図 1 1 は、第 2 の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。ここでは、図 1 0 に示す障害に起因してシャットオフが行われるものとする。

S 1 : ノード装置 F の C P U 2 0 は、W E S T 方路から受信する W D M 信号において、ノード装置 F で終端（すなわち、ドロップ）する波長を認識する。この例では、ノード装置 F は、光信号 X 1（すなわち、波長 1）を終端している。なお、各ノード装置が終端する波長は、例えば、ネットワーク管理システムにより指定される。

50

【 0 1 0 4 】

S 2 : C P U 2 0 は、O S C 制御部 1 8 W に対して、波長 1 を指定するシャットオフ信号を生成するための指示を与える。

S 3 : O S C 制御部 1 8 W は、C P U 2 0 の指示に従って、シャットオフ信号の 1 ビットに「 1 : シャットオフ実行」を設定する。そして、O S C 制御部 1 8 W は、このシャットオフ信号を含む O S C 信号を生成する。

【 0 1 0 5 】

S 4 : O S C 制御部 1 8 W から出力される O S C 信号は、W D M 信号に合波されて、ノード装置 E へ伝送される。

S 5 : ノード装置 E において、O S C 制御部 1 8 E は、ノード装置 F で生成された O S C 信号を受信する。そして、O S C 制御部 1 8 E は、受信した O S C 信号からシャットオフ信号を抽出する。そして、O S C 制御部 1 8 E は、抽出したシャットオフ信号を、C P U 2 0 へ送信する。なお、S 1 ~ S 5 は、例えば、定期的に行われる。したがって、この場合、上述のシャットオフ信号は、ノード装置 F からノード装置 E へ定期的に行われる。

10

【 0 1 0 6 】

S 1 1 ~ S 1 6 : ノード装置 A において、波長 1 の障害が検出される。そして、ノード装置 A は、1 ビットに「 1 」が設定された W C F 信号を含む O S C 信号をノード装置 B へ送信する。なお、この手順は、図 8 に示す S 1 ~ S 6 と実質的に同じなので、説明を省略する。

20

【 0 1 0 7 】

上述の O S C 信号を受信したときの動作は、ノード装置 B ~ E において実質的に同じである。したがって、以下では、上述の O S C 信号を受信したノード装置 E の動作を説明する。

【 0 1 0 8 】

S 2 1 : ノード装置 E において、O S C 制御部 1 8 W は、ノード装置 D で生成された O S C 信号を受信する。

S 2 2 : O S C 制御部 1 8 W は、受信した O S C 信号から W C F 信号を抽出する。そして、O S C 制御部 1 8 W は、抽出した W C F 信号を C P U 2 0 へ送信する。

【 0 1 0 9 】

S 2 3 : C P U 2 0 は、ノード装置 D から受信した W C F 信号を確認する。このとき、W C F 信号の 1 ビットには「 1 : 障害」が設定されている。

S 2 4 : C P U 2 0 は、ノード装置 F から、1 ビットに「 1 : シャットオフ実行」が設定されたシャットオフ信号を定期的に行っている。すなわち、C P U 2 0 は、実質的に W C F 信号のみに基づいて、シャットオフを実行するか否かを判定する。したがって、C P U 2 0 は、1 ビットが「 1 」である W C F 信号を受信すると、即座に、波長選択スイッチ 1 3 E に対して、波長 1 の光出力をシャットオフする旨の指示を与える。

30

【 0 1 1 0 】

S 2 5 : 波長選択スイッチ 1 3 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、波長 1 の光出力をシャットオフする。

40

S 3 1 : S 2 5 のシャットオフにより、ノード装置 F において、波長 1 の光パワーは十分に小さい。このとき、波長 1 の A S E 雑音成分も十分に抑制されている。よって、ノード装置 F に収容されているクライアイト装置の O U P S R 部 3 1 は、W E S T 方路の波長チャンネル 1 (すなわち、光信号 X 1) の断状態を検出する。

【 0 1 1 1 】

図 1 2 は、第 2 の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。ここでは、図 1 1 に示す障害が復旧したものとす。そして、ノード装置 E において行われているシャットオフが解除される。

【 0 1 1 2 】

S 1 ~ S 5 : この手順は、図 1 1 に示す S 1 ~ S 5 と実質的に同じである。すなわち、

50

ノード装置 E において波長 1 の光出力がシャットオフされている期間、ノード装置 F は 1 ビットに「1 : シャットオフ実行」が設定されているシャットオフ信号を定期的を送信する。

【0113】

S 1 1 ~ S 1 6 : ノード装置 A において、波長 1 の光信号の障害が復旧する。この結果、この光信号は、ノード装置 E まで伝送される。なお、この時点で、ノード装置 E は、波長 1 の光出力をシャットオフしている。また、ノード装置 A は、1 ビットに「0 : OK」が設定された WCF 信号を含む OSC 信号をノード装置 B へ送信する。この WCF 信号は、ノード装置 B、C、D により中継され、ノード装置 E まで伝送される。なお、この手順は、図 9 に示す S 1 ~ S 6 と実質的に同じなので、説明を省略する。

10

【0114】

S 2 1 : ノード装置 E において、OSC 制御部 1 8 W は、ノード装置 D で生成された OSC 信号を受信する。

S 2 2 : OSC 制御部 1 8 W は、受信した OSC 信号から WCF 信号を抽出する。そして、OSC 制御部 1 8 W は、抽出した WCF 信号を CPU 2 0 へ送信する。

【0115】

S 2 3 : CPU 2 0 は、ノード装置 D から受信した WCF 信号を確認する。このとき、WCF 信号の 1 ビットには「0 : OK」が設定されている。

S 2 4 : CPU 2 0 は、ノード装置 F から、1 ビットに「1 : シャットオフ実行」が設定されているシャットオフ信号を定期的受信している。すなわち、CPU 2 0 は、実質的に WCF 信号のみに基づいて、シャットオフを解除するか否かを判定する。したがって、CPU 2 0 は、1 ビットが「0」である WCF 信号を受信すると、即座に、波長選択スイッチ 1 3 E に対して、波長 1 のシャットオフを解除する旨の指示を与える。

20

【0116】

S 2 5 : 波長選択スイッチ 1 3 E は、CPU 2 0 からの指示に従って、波長 1 の光出力のシャットオフを解除する。光信号 X 1 は、ノード装置 E においてシャットオフされることなく、ノード装置 F まで伝送される。

【0117】

S 3 1 : ノード装置 F に収容されているクライアイント装置の OUPSR 部 3 1 は、シャットオフされていない光信号 X 1 を受信する。

30

【0118】

< 第 3 の実施形態 >

第 1 および第 2 の実施形態においては、光信号 X 1 についてのドロップノード (ノード装置 F) の直近には、ROADM (ノード装置 E) が設けられている。これに対して、第 3 の実施形態においては、光信号 X 1 についてのドロップノード (ノード装置 F) の直近には、ILA (In-Line Amplifier) が設けられている。

【0119】

図 1 3 は、ILA の構成を示す。ILA は、図 1 3 に示すように、光アンプ 1 1 W、1 1 E、1 4 W、1 4 E、OSC フィルタ 1 7 W、1 7 E、OSC 制御部 1 8 W、1 8 E、OSC カプラ 1 9 W、1 9 E、CPU 2 0 を有する。これらの要素は、図 3 に示す ROADM とほぼ同じである。すなわち、WDM 信号を増幅する機能は、ILA および ROADM においてほぼ同じである。

40

【0120】

ただし、ILA は、WDM 信号から指定された波長チャンネルを分岐する機能、WDM 信号に所望の波長チャンネルを挿入する機能を有していない。すなわち、ILA は、波長ごとに光信号を制御する機能を有していない。したがって、ILA は、WDM 信号を一括して増幅する増幅ノード装置として動作する。

【0121】

図 1 4 は、第 3 の実施形態の概要を説明する図である。第 3 の実施形態の WDM 伝送システム 3 のノード装置の配置は、第 1 の実施形態とほぼ同じである。ただし、第 3 の実施

50

形態においては、光信号 X 1 についてのドロップノード（ノード装置 F）の直近には、I L A（ノード装置 E）が設けられている。図 1 4 において、I L A（ノード装置 E）は、破線の枠で表されている。

【 0 1 2 2 】

上記 W D M 伝送システム 3 において、ノード装置 A が光信号 X 1 の障害を検出するものとする。そうすると、ノード装置 A は、第 1 の実施形態と同様に、光信号 X 1 を指定する W C F 信号をノード装置 B へ送信する。この W C F 信号は、第 1 の実施形態と同様に、順番にノード装置 B、C、D、E により中継されて、ノード装置 F まで伝送される。

【 0 1 2 3 】

ノード装置 F は、第 1 の実施形態と同様に、光信号 X 1 を指定するシャットオフ信号を生成し、ノード装置 E へ送信する。ところが、ノード装置 E は、I L A であり、波長ごとに光信号を制御することはできない。よって、ノード装置 E は、光信号 X 1 を指定するシャットオフ信号をさらに上流側へ送信する。これにより、ノード装置 D は、光信号 X 1 を指定するシャットオフ信号を受信する。

【 0 1 2 4 】

シャットオフ信号を受信したノード装置 D の動作は、第 1 の実施形態におけるノード装置 E と実質的に同じである。すなわち、ノード装置 D は、W C F 信号およびシャットオフ信号が図 6 に示す制御条件を満たしているか判定する。この例では、ノード装置 D は、ノード装置 C から光信号 X 1 を指定する W C F 信号を受信し、ノード装置 E から光信号 X 1 を指定するシャットオフ信号を受信している。したがって、ノード装置 D は、波長選択スイッチを利用して、光信号 X 1 に対応する波長の光出力をシャットオフする。

【 0 1 2 5 】

上記シャットオフにより、光信号 X 1 に対応する波長の A S E 雑音成分が抑制される。したがって、ノード装置 F に收容されているクライアント装置 3 0 において、光信号 X 1 が断状態であることを検出できる。なお、ノード装置 D とノード装置 F との間にノード装置 E が配置されているので、ノード装置 E において A S E 雑音が発生される。しかし、ノード装置 E において生成される A S E 雑音は、ノード装置 B、C、D、E において蓄積される A S E 雑音と比較して十分に小さい。したがって、クライアント装置 3 0 の O U P S R 部 3 1 は、光信号 X 1 の断状態を確実に検出できる。

【 0 1 2 6 】

図 1 5 は、第 3 の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。ここでは、図 1 4 に示す障害に起因してシャットオフが行われるものとする。

ノード装置 A は、光信号 X 1 の障害を検出すると、1 ビットに「1」が設定された W C F 信号を含む O S C 信号を生成してノード装置 B へ送信する。この O S C 信号は、ノード装置 B、C を介してノード装置 D へ伝送される。なお、この動作は、図 8 に示す第 1 の実施形態と実質的に同じなので、説明を省略する。

【 0 1 2 7 】

ノード装置 D は、上述の O S C 信号を受信する。O S C 信号を受信したノード装置 D の動作（S 1 ~ S 6）は、図 8 に示すノード装置 E の動作（S 1 1 ~ S 1 6）と実質的に同じである。したがって、ノード装置 D は、1 ビットに「1」が設定された W C F 信号を含む O S C 信号をノード装置 E へ送信する。

【 0 1 2 8 】

S 1 1：ノード装置 E の O S C 制御部 1 8 W は、ノード装置 D で生成された O S C 信号を受信する。

S 1 2：O S C 制御部 1 8 W は、受信した O S C 信号から W C F 信号を抽出する。そして、O S C 制御部 1 8 W は、抽出した W C F 信号を C P U 2 0 へ送信する。

【 0 1 2 9 】

S 1 3：C P U 2 0 は、W C F 信号の 1 ビットが「1：障害」であることを認識する。ここで、ノード装置 E は、R O A D M ではなく、I L A である。したがって、C P U 2 0 は、O S C 制御部 1 8 E に対して、W C F 信号の 1 ビットに「1：障害」を設定する

10

20

30

40

50

旨を指示する。

【0130】

S14: OSC制御部18Eは、CPU20からの指示に従って、WCF信号の1ビットに「1」を設定する。そして、OSC制御部18Eは、このWCF信号を含むOSC信号を生成する。

【0131】

S15: OSC制御部18Eから出力されるOSC信号は、WDM信号に合波され、ノード装置Fへ送信される。

ノード装置Fは、ノード装置Eから上述のOSC信号を受信すると、図8に示す第1の実施形態と同様に、1ビットに「1:シャットオフ実行」が設定されたシャットオフ信号を含むOSC信号をノード装置Eへ送信する。なお、図15に示すS21~S26は、図8に示すS21~S26と実質的に同じである。

【0132】

S31: ノード装置EのOSC制御部18Eは、ノード装置Fで生成されたOSC信号を受信する。

S32: OSC制御部18Eは、受信したOSC信号からシャットオフ信号を抽出し、CPU20へ送信する。

【0133】

S33: CPU20は、受信したシャットオフ信号の1ビットが「1」であることを認識する。そうすると、CPU20は、OSC制御部18Wに対して、シャットオフ信号の1ビットに「1:シャットオフ実行」を設定する旨を指示する。

【0134】

S34: OSC制御部18Wは、CPU20からの指示に従って、シャットオフ信号の1ビットに「1」を設定する。そして、OSC制御部18Wは、このシャットオフ信号を含むOSC信号を生成する。

【0135】

S35: OSC制御部18Wから出力されるOSC信号は、WDM信号に合波され、ノード装置Dへ送信される。

ノード装置Dは、ノード装置Eから上述のOSC信号を受信する。このとき、ノード装置Dの動作(S41~S45)は、図8に示すノード装置Eの動作(S31~S35)と実質的に同じである。したがって、ノード装置Dにおいて、波長選択スイッチ13Eは、波長1の光出力をシャットオフする。

【0136】

S51: ノード装置Dにおいてシャットオフが実行されると、ノード装置Fにおいて、波長1の光パワーは十分に小さくなっている。したがって、ノード装置Fに収容されているクライアント装置のOUPSR部31は、WEST方路の波長チャンネル1(すなわち、光信号X1)の断状態を検出する。

【0137】

図16は、第3の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。ここでは、図15に示す障害が復旧したものとする。そして、ノード装置Dにおいて行われているシャットオフが解除される。

【0138】

ノード装置Aは、光信号X1の復旧を検出すると、1ビットに「0:OK」が設定されたWCF信号を含むOSC信号をノード装置Bへ送信する。この動作は、図9に示す第1の実施形態と実質的に同じなので、説明を省略する。

【0139】

ノード装置Dは、上述のOSC信号を受信する。OSC信号を受信したノード装置Dの動作(S1~S8)は、図9に示すノード装置Eの動作(S11~S18)と実質的に同じである。すなわち、ノード装置Dの波長選択スイッチ13Eは、波長1の光出力のシャットオフを解除する。また、ノード装置Dは、1ビットに「0:OK」が設定された

10

20

30

40

50

WCF信号を含むOSC信号をノード装置Eへ送信する。

【0140】

ノード装置Eは、S11～S15において、受信したOSC信号からWCF信号を抽出し、WCF信号の1ビットが「0」であることを認識する。そうすると、ノード装置Eは、1ビットに「0」が設定されてWCF信号を含むOSC信号をノード装置Fへ送信する。

【0141】

ノード装置Fの動作(S21～S27)は、図9に示す第1の実施形態と実質的に同じである。すなわち、ノード装置Fは、1ビットに「0：シャットオフ解除」が設定されたシャットオフ信号をノード装置Eへ送信する。また、ノード装置Dにおいてシャットオフは解除されているので、ノード装置Fは、WEST方路から光信号X1を受信する。

10

【0142】

なお、特に図示しないが、ノード装置Eは、ノード装置Fから1ビットに「0」が設定されたシャットオフ信号を受信すると、1ビットに「0」が設定されたシャットオフ信号を新たに生成してノード装置Dへ送るようにしてもよい。

【0143】

<第4の実施形態>

第4の実施形態においては、第3の実施形態と同様に、光信号X1についてのドロップノード(ノード装置F)の直近には、ILAが設けられている。また、第4の実施形態においては、ドロップノード装置は、第2の実施形態と同様に、光信号X1を指定するシャットオフ信号を定期的に送信する。

20

【0144】

図17は、第4の実施形態の概要を説明する図である。第4の実施形態のWDM伝送システム4のノード装置の配置は、第3の実施形態と実質的に同じである。すなわち、光信号X1についてのドロップノード(ノード装置F)の直近には、ILA(ノード装置E)が設けられている。

【0145】

図17において、光信号X1のドロップノード装置(すなわち、ノード装置F)は、障害の有無にかかわらず、光信号X1を指定するシャットオフ信号を定期的に生成する。このシャットオフ信号は、OSCフレームを利用して、光信号X1の伝送経路を逆方向に送信される。したがって、このシャットオフ信号は、ノード装置Eに伝送される。

30

【0146】

ノード装置Eは、ILAであり、波長ごとに光信号を制御することはできない。したがって、ノード装置Eは、光信号X1を指定するシャットオフ信号をノード装置Dへ転送する。これにより、ノード装置Dは、光信号X1を指定するシャットオフ信号を定期的に受信することになる。

【0147】

ノード装置Aは、光信号X1の障害を検出する。そうすると、ノード装置Aは、第1～第3の実施形態と同様に、光信号X1を指定するWCF信号をノード装置Bへ送信する。このWCF信号は、順番にノード装置B、C、Dに伝送される。

40

【0148】

ノード装置Dは、上述のWCF信号を受信する。ここで、ノード装置Dは、光信号X1を指定するシャットオフ信号を定期的に受信する。したがって、ノード装置Dは、上述のWCF信号を受信すると、即座に、光信号X1に対応する波長の光出力をシャットオフする。これにより、光信号X1に対応する波長のASE雑音成分が抑制される。よって、第4の実施形態においても、ノード装置Fに収容されるクライアント装置30において、光信号X1の断状態(LOL: Loss of Light)を確実に検出することができる。

【0149】

図18は、第4の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。ここでは、図17に示す障害に起因してシャットオフが行われるものとする。

50

ノード装置 F は、S 1 ~ S 4 において、1 ビットに「1 : シャットオフ実行」が設定されたシャットオフ信号を定期的に生成してノード装置 E へ送信する。この動作は、図 1 1 に示す第 2 の実施形態と実質的に同じである。

【 0 1 5 0 】

ノード装置 E は、I L A であり、波長ごとに光信号を制御できない。よって、ノード装置 E は、S 1 1 ~ S 1 5 において、ノード装置 F から受信するシャットオフ信号をノード装置 D へ転送する。

【 0 1 5 1 】

S 1 6 : ノード装置 D において、O S C 制御部 1 8 E は、受信した O S C 信号からシャットオフ信号を抽出する。そして、O S C 制御部 1 8 E は、抽出したシャットオフ信号を C P U 2 0 へ送信する。

10

【 0 1 5 2 】

ノード装置 A は、光信号 X 1 の障害を検出すると、1 ビットに「1 : 障害」が設定された W C F 信号を含む O S C 信号をノード装置 B へ送信する。この O S C 信号は、ノード装置 B、C により中継されて、ノード装置 D へ伝送される。なお、この動作は、図 8 に示す第 1 の実施形態と実質的に同じなので、説明を省略する。

【 0 1 5 3 】

S 2 1 ~ S 2 3 : ノード装置 D において、O S C 制御部 1 8 W は、受信した O S C 信号から W C F 信号を抽出する。また、O S C 制御部 1 8 W は、抽出した W C F 信号を C P U 2 0 へ送信する。そして、C P U 2 0 は、W C F 信号の 1 ビットに「1 : 障害」が設定されていることを認識する。

20

【 0 1 5 4 】

S 2 4 : C P U 2 0 は、ノード装置 E から、1 ビットに「1 : シャットオフ実行」が設定されているシャットオフ信号を定期的に受信する。すなわち、C P U 2 0 は、W C F 信号に基づいて、シャットオフを実行するか否かを判定することができる。したがって、C P U 2 0 は、1 ビットが「1 : 障害」である W C F 信号を受信すると、即座に、波長選択スイッチ 1 3 E に対して、波長 1 の光出力をシャットオフする旨の指示を与える。

【 0 1 5 5 】

S 2 5 : 波長選択スイッチ 1 3 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、波長 1 の光出力をシャットオフする。

30

S 3 1 : S 2 5 のシャットオフにより、ノード装置 F において、波長 1 の光パワーは十分に小さくなっている。したがって、O U P S R 部 3 1 は、W E S T 方路の波長チャネル 1 (すなわち、光信号 X 1) の断状態を検出する。

【 0 1 5 6 】

図 1 9 は、第 4 の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。ここでは、図 1 8 に示す障害が復旧したものとする。

シャットオフ解除手順の制御信号の流れは、図 1 8 を参照しながら説明したシャットオフを実行する際の手順とほぼ同じである。ただし、シャットオフ解除手順では、図 1 9 に示すように、1 ビットに「0 : O K」が設定された W C F 信号がノード装置 A から送信され、ノード装置 B、C、D へ順番に転送される。

40

【 0 1 5 7 】

ノード装置 D は、S 2 1 ~ S 2 3 において、1 ビットに「0 : O K」が設定された W C F 信号を受信する。ここで、C P U 2 0 は、ノード装置 E から、1 ビットに「1 : シャットオフ実行」が設定されているシャットオフ信号を定期的に受信する。すなわち、C P U 2 0 は、W C F 信号に基づいて、シャットオフを解除するか否かを判定することができる。したがって、C P U 2 0 は、1 ビットが「0」である W C F 信号を受信すると、S 2 4 ~ S 2 5 において、波長選択スイッチ 1 3 E に対して、波長 1 のシャットオフを解除する旨の指示を与える。そうすると、波長選択スイッチ 1 3 E は、S 2 5 において、C P U 2 0 からの指示に従って、波長 1 の光出力をシャットオフを解除する。これにより、光信号 X 1 は、ノード装置 D においてシャットオフされることなくノード装置 F まで

50

伝送されるので、O U P S R 部 3 1 は、光信号 X 1 を受信する。

【 0 1 5 8 】

< 第 5 の実施形態 >

第 1 ~ 第 4 の実施形態では、ある 1 つのノード装置においてシャットオフが行われる。これに対して、第 5 の実施形態では、障害を検出したノード装置とドロップノード装置との間の伝送経路上の各ノード装置においてシャットオフが行われる。

【 0 1 5 9 】

図 2 0 は、第 5 の実施形態の概要を説明する図である。第 5 の実施形態の W D M 伝送システム 5 のノード装置 A ~ I の配置は、第 1 の実施形態と実質的に同じである。ただし、第 5 の実施形態の W D M 伝送システム 5 は、シャットオフ信号を使用しない。

10

【 0 1 6 0 】

上記構成の W D M 伝送システム 5 において、上述の光信号 X 1 が断状態となり、ノード装置 A がその障害を検出するものとする。この場合、ノード装置 A は、第 1 ~ 第 4 の実施形態と同様に、光信号 X 1 を指定する W C F 信号を生成してノード装置 B へ送信する。そうすると、この W C F 信号は、ノード装置 B、C、D、E により中継されてノード装置 F まで伝送される。

【 0 1 6 1 】

各ノード装置は、W C F 信号に基づいて、波長ごとにシャットオフを実行するか解除するかを判定する。したがって、光信号 X 1 を指定する W C F 信号を受信すると、各ノード装置 B、C、D、E は、それぞれ、光信号 X 1 に対応する波長の光出力をシャットオフする。この結果、光信号 X 1 に対応する波長の A S E 雑音成分が抑制され、ドロップノード装置に収容されている O U P S R 部は、光信号 X 1 の断状態を確実に検出できる。

20

【 0 1 6 2 】

図 2 1 は、第 5 の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。ここでは、図 2 0 に示す障害に起因してシャットオフが行われるものとする。

ノード装置 A は、光信号 X 1 の障害を検出すると、1ビットに「1：障害」が設定された W C F 信号を含む O S C 信号をノード装置 B へ送信する。この動作は、図 8 に示す第 1 の実施形態と実質的に同じなので、説明を省略する。

【 0 1 6 3 】

ノード装置 A から送信される W C F 信号は、ノード装置 B、C、D、E により順番に中継され、ノード装置 F まで伝送される。このとき、ノード装置 B、C、D、E の動作は、実質的に互いに同じである。よって、以下では、ノード装置 B について説明する。

30

【 0 1 6 4 】

S 1 1 : ノード装置 B の O S C 制御部 1 8 W は、ノード装置 A で生成された O S C 信号を受信する。

S 1 2 : O S C 制御部 1 8 W は、受信した O S C 信号から W C F 信号を抽出する。そして、O S C 制御部 1 8 W は、抽出した W C F 信号を C P U 2 0 へ送信する。

【 0 1 6 5 】

S 1 3 : C P U 2 0 は、W C F 信号の 1ビットが「1：障害」であることを認識する。また、C P U 2 0 は、自ノード(すなわち、ノード装置 B)が波長 1 の光信号を終端するか否かを確認する。この例では、波長 1 の光信号は、ノード装置 F においてドロップされる。すなわち、ノード装置 B は、波長 1 の光信号を終端しない。

40

【 0 1 6 6 】

S 1 4 : ノード装置 B が波長 1 の光信号を終端していないので、C P U 2 0 は、波長選択スイッチ 1 3 E に対して、波長 1 の光出力をシャットオフする旨の指示を与える。

S 1 5 : 波長選択スイッチ 1 3 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、波長 1 の光出力をシャットオフする。

【 0 1 6 7 】

S 1 6 : C P U 2 0 は、O S C 制御部 1 8 E に対して、W C F 信号の 1ビットに「1：障害」を設定する旨を指示する。

50

S 1 7 : O S C 制御部 1 8 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、W C F 信号の 1 ビットに「1」を設定する。そして、O S C 制御部 1 8 E は、この W C F 信号を含む O S C 信号を生成する。

【 0 1 6 8 】

S 1 8 : O S C 制御部 1 8 E から出力される O S C 信号は、W D M 信号に合波され、次のノード装置（すなわち、ノード装置 C）へ伝送される。

ノード装置 C、D、E の動作は、ノード装置 B の動作（S 1 1 ~ S 1 8）と実質的に同じである。したがって、ノード装置 C、D、E は、それぞれ、波長 1 の光出力をシャットオフする。

【 0 1 6 9 】

S 2 1 : S 1 5 のシャットオフにより、ノード装置 F において、波長 1 の光パワーは十分に小さくなっている。したがって、O U P S R 部 3 1 は、W E S T 方路の波長チャンネル 1（すなわち、光信号 X 1）の断状態を検出する。

【 0 1 7 0 】

図 2 2 は、第 5 の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。ここでは、図 2 1 に示す障害が復旧したものとする。

シャットオフ解除手順の制御信号の流れは、図 2 1 を参照しながら説明したシャットオフを実行する際の手順とほぼ同じである。ただし、シャットオフ解除手順では、1 ビットに「0 : O K」が設定された W C F 信号がノード装置 A から送信され、ノード装置 B、C、D、E へ順番に転送される。

【 0 1 7 1 】

ノード装置 B、C、D、E は、それぞれ、S 1 1 ~ S 1 5 において、受信した W C F 信号に従って、波長 1 のシャットオフを解除する。また、ノード装置 B、C、D、E は、それぞれ、S 1 6 ~ S 1 8 において、1 ビットに「0 : O K」が設定された W C F 信号を次のノード装置へ送信する。この結果、光信号 X 1 はノード装置 F まで伝送される。

【 0 1 7 2 】

< 第 6 の実施形態 >

第 6 の実施形態において想定する障害は、W D M 信号の断状態である。このような障害は、例えば、ノード間を接続する光ファイバの切断により発生する。

【 0 1 7 3 】

図 2 3 は、第 6 の実施形態の概要を説明する図である。図 2 3 に示す第 6 の実施形態の W D M 伝送システム 6 において、リング状に接続されているノード装置 A ~ I のうち、ノード装置 A、B、F は R O A D M であり、ノード装置 C、D、E は I L A である。他のノード装置は、R O A D M または I L A である。また、第 6 の実施形態の W D M 伝送システム 6 は、シャットオフ信号を使用しない。

【 0 1 7 4 】

上記構成の W D M 伝送システム 6 において、ノード装置 A、B 間で反時計回り方向に W D M 信号を伝送する光ファイバが切断されたものとする。この場合、ノード装置 B が W D M 信号の全波長について障害（すなわち、L O L）を検出する。そうすると、ノード装置 B は、W D M 信号の全波長が断状態であることを表す W C F 信号を生成してノード C へ送信する。

【 0 1 7 5 】

この W C F 信号は、ノード装置 C、D、E により中継されてノード装置 F まで伝送される。このとき、ノード装置 C、D、E は、それぞれ、W D M 信号の全波長の光出力をシャットオフする。ただし、ノード装置 C、D、E は、O S C 信号はシャットオフしない。

【 0 1 7 6 】

このように、W D M 信号の断状態を検出したノード装置（ノード装置 B）とドロップノード装置（ノード装置 F）との間に、I L A（ノード装置 C、D、E）のみが存在する場合は、各 I L A は、W D M 信号の全波長の光出力をシャットオフする。したがって、ノード装置 F において、W D M 信号のすべての波長で A S E 雑音は十分に抑制されている。こ

10

20

30

40

50

の結果、ノード装置 F において分岐される波長チャンネルは、O U P S R 部によって断状態と判定される。なお、W D M 信号の断状態を検出したノード装置とドロップノード装置との間に R O A D M が存在する場合は、I L A はシャットオフを実行せずに、R O A D M がシャットオフを実行してもよい。

【 0 1 7 7 】

図 2 4 は、第 6 の実施形態のシャットオフ手順を説明する図である。ここでは、図 2 3 に示す障害に起因してシャットオフが行われるものとする。

S 1 : ノード装置 A から送信される W D M 信号がノード装置 B へ到達しなくなる。このような障害は、例えば、ノード装置 A からノード装置 B へ信号を伝搬する光ファイバの切断により発生する。

【 0 1 7 8 】

S 2 : ノード装置 B において、波長選択スイッチ 1 3 E は、入力 W D M 信号のすべての波長が断状態であることを検出する。そして、波長選択スイッチ 1 3 E は、この障害を C P U 2 0 に通知する。

【 0 1 7 9 】

S 3 : C P U 2 0 は、O S C 制御部 1 8 E に対して、W C F 信号のすべての波長ビットに「 1 : 障害」を設定する旨を指示する。

S 4 : O S C 制御部 1 8 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、W C F 信号のすべての波長ビットにそれぞれ「 1 」を設定する。図 5 に示す例では、0 ~ 87 ビットにそれぞれ「 1 」が設定される。そして、O S C 制御部 1 8 E は、この W C F 信号を含む O S C 信号を生成する。

【 0 1 8 0 】

S 5 : O S C 制御部 1 8 E により生成される O S C 信号は、出力 W D M 信号に合波される。よって、この O S C 信号は、次のノード装置（すなわち、ノード装置 C ）へ伝送される。

【 0 1 8 1 】

S 1 1 : ノード装置 C において、入力 W D M 信号から抽出される O S C 信号が O S C 制御部 1 8 W に導かれる。すなわち、O S C 制御部 1 8 W は、ノード装置 B で生成された O S C 信号を受信する。

【 0 1 8 2 】

S 1 2 : O S C 制御部 1 8 W は、受信した O S C 信号から W C F 信号を抽出する。そして、O S C 制御部 1 8 W は、抽出した W C F 信号を C P U 2 0 へ送信する。

S 1 3 ~ S 1 4 : C P U 2 0 は、W C F 信号のすべての波長ビットが「 1 」であることを認識する。また、C P U 2 0 は、自ノード（すなわち、ノード装置 C ）が I L A であることを認識している。この場合、C P U 2 0 は、光アンプ 1 4 E に対して、W D M 信号のすべての波長の光出力をシャットオフする旨を指示する。

【 0 1 8 3 】

S 1 5 : 光アンプ 1 4 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、W D M 信号のすべての波長の光出力をシャットオフする。すなわち、光アンプ 1 4 E は、W D M 信号を増幅するための利得を小さくする。或いは、光アンプ 1 4 E が可変光減衰器を含んでいるときは、減衰量を制御することにより W D M 信号をシャットオフしてもよい。

【 0 1 8 4 】

S 1 6 : C P U 2 0 は、O S C 制御部 1 8 E に対して、W C F 信号のすべての波長ビットに「 1 : 障害」を設定する旨を指示する。

S 1 7 : O S C 制御部 1 8 E は、C P U 2 0 からの指示に従って、W C F 信号のすべての波長ビットに「 1 」を設定する。そして、O S C 制御部 1 8 E は、この W C F 信号を含む O S C 信号を生成する。

【 0 1 8 5 】

S 1 8 : O S C 制御部 1 8 E により生成される O S C 信号は、出力 W D M 信号に合波される。ただし、W D M 信号は、光アンプ 1 4 E によってシャットオフされている。したが

10

20

30

40

50

って、OSC信号のみが次のノード装置（すなわち、ノード装置D）へ送信される。

【0186】

ノード装置D、Eの動作は、ノード装置Cの動作（S11～S18）と実質的に同じである。すなわち、ノード装置D、Eは、それぞれ、WDM信号をシャットオフする。そして、ノード装置D、Eは、それぞれ、すべての波長ビットに「1」が設定されたWCF信号を次のノードへ送信する。

【0187】

S21：S15のシャットオフにより、ノード装置Fにおいて、WDM信号の各波長の光パワーは十分に小さい。したがって、OUPSR部31は、WEST方路の波長チャンネル1（すなわち、光信号X1）の断状態を検出する。

10

【0188】

図25は、第6の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図である。ここでは、図24に示す障害が復旧したものとする。

シャットオフ解除手順の制御信号の流れは、図24を参照しながら説明したシャットオフを実行する際の手順とほぼ同じである。ただし、シャットオフ解除手順では、WDM信号のすべての波長ビットに「0：OK」が設定されたWCF信号がノード装置Bから送信され、ノード装置C、D、Eへ順番に転送される。

【0189】

ノード装置C、D、Eは、それぞれ、S11～S15において、受信したWCF信号に従って、WDM信号のシャットオフを解除する。また、ノード装置C、D、Eは、それぞれ、S16～S18において、WDM信号のすべての波長ビットに「0」が設定されたWCF信号を次のノード装置へ送信する。この結果、光信号X1はノード装置Fまで伝送される。

20

【0190】

<第7の実施形態>

第1～第5の実施形態においては、各ノード装置は、WCF信号/シャットオフ信号に基づいて光出力のシャットオフを制御する。このとき、CPU20は、特に限定されるものではないが、例えば、WCF信号/シャットオフ信号を受信する毎に、波長選択スイッチ13E、13Wに対してシャットオフの実行または解除を指示してもよい。しかし、この方法では、CPU20は、WDM伝送システムが正常に動作しているときであっても、波長選択スイッチ13E、13Wに対して繰り返し指示を与えることになる。すなわち、CPU20の負荷が大きい。そこで、第7の実施形態のノード装置は、光出力のシャットオフ制御に係わる処理が少ない構成および手順を採用する。

30

【0191】

図26は、第7の実施形態のシャットオフ制御方法を説明する図である。第7の実施形態においては、各ノード装置は、図26(a)に示すように、状態管理テーブル41を有する。状態管理テーブル41は、図26(b)に示すように、WDM信号の波長ごとに、最新のWCF信号により指定される状態、及び最新のシャットオフ信号により表される状態を管理する。WCF信号により指定される状態は、「1：障害」または「0：OK」である。また、シャットオフ信号により表される状態は、「1：シャットオフ実行」または「シャットオフ解除」である。なお、図26(b)は、時計回り方向伝送路または反時計回り方向伝送路のいずれか一方の状態管理テーブルを示している。すなわち、各ノード装置は、時計回り方向伝送路および反時計回り方向伝送路のそれぞれに対して状態管理テーブル41を有する。

40

【0192】

図26(a)において、OSC制御部18W、18Eは、隣接ノードからOSC信号を受信すると、そのOSC信号からWCF信号およびシャットオフ信号を抽出してCPU20に送信する。CPU20は、最新のWCF信号およびシャットオフ信号の内容で状態管理テーブル41を更新する。そして、CPU20は、各波長について、例えば図6に示す制御条件を満たすか判定し、判定結果が変化した波長について波長選択スイッチ13E、

50

1 3 Wに対して指示を与える。

【 0 1 9 3 】

波長選択スイッチ 1 3 W、1 3 E は、それぞれ、シャットオフ制御レジスタ 4 2 を有する。シャットオフ制御レジスタ 4 2 は、WDM信号の各波長について、シャットオフを実行するか否かを表す情報を格納する。そして、波長選択スイッチ 1 3 W、1 3 E は、CPU 2 0 からの指示に従ってシャットオフ制御レジスタ 4 2 を更新し、そのシャットオフ制御レジスタ 4 2 に格納されている情報に基づいて波長ごとにシャットオフを制御する。

【 0 1 9 4 】

第 7 の実施形態によれば、CPU 2 0 から波長選択スイッチ 1 3 W、1 3 E へシャットオフに係わる指示を送信する回数が大幅に少なくなる。なお、第 7 の実施形態の構成は、第 1 ~ 第 6 の実施形態に適用可能である。ただし、シャットオフ信号を使用しない実施形態に第 7 の実施形態を適用する場合は、状態管理テーブル 4 1 は、波長ごとに最新の WCF 信号により指定される状態を管理する。また、第 6 の実施形態に第 7 の実施形態を適用する場合は、CPU 2 0 は、状態管理テーブル 4 1 に基づいて光アンプに対して指示を与える。

10

【 0 1 9 5 】

< 第 8 の実施形態 >

第 1 ~ 第 4 の実施形態においては、WDM信号中のある光信号が断状態となったときに、その光信号のドロップノードの直近のノード装置が、その光信号に対応する波長をシャットオフする。このとき、各ノード装置は、シャットオフ信号を利用してシャットオフを実行するか判定する。

20

【 0 1 9 6 】

これに対して、第 8 の実施形態では、各ノード装置（或いは、一部のノード装置）は、ネットワークのトポロジを表すトポロジ情報、および波長チャネルのルーティング情報を保持する。そして、ノード装置は、障害信号を受信したときに、トポロジ情報およびルーティング情報を利用して、対応する光信号をシャットオフするか否かを判定する。

【 0 1 9 7 】

図 2 7 は、第 8 の実施形態に係る WDM 伝送システムの一例を示す図である。図 2 7 に示す例では、WDM 伝送システムは、ノード装置 N 1 ~ N 7 を有する。各ノード装置 N 1 ~ N 7 は、ROADM である。また、この WDM 伝送システムは、サブネットワーク 1、2 を有する。ノード装置 N 1 ~ N 4 は、サブネットワーク 1 に属し、ノード装置 N 3、N 5 ~ N 7 は、サブネットワーク 2 に属する。すなわち、ノード装置 N 3 は、サブネットワーク 1、2 双方に属する。

30

【 0 1 9 8 】

各ノード装置 N 1、N 2、N 4 ~ N 7 は、2-degree 構成の ROADM であり、2 つの方路（degree-A、degree-B）を有する。ノード装置 N 3 は、4-degree 構成の ROADM であり、4 つの方路（degree-A、degree-B、degree-C、degree-D）を有する。

【 0 1 9 9 】

各ノード装置 N 1 ~ N 7 は、ネットワークトポロジ/ルーティング DB 5 1 を有する。ネットワークトポロジ/ルーティング DB 5 1 は、ネットワークのトポロジを表すトポロジ情報、および波長チャネルのルーティング情報を格納する。

40

【 0 2 0 0 】

図 2 8 (a) は、トポロジ情報の一例を示す。このトポロジ情報は、図 2 7 に示す WDM 伝送システムのトポロジを表している。トポロジ情報は、各スパンについて、互いに隣接するノードを特定する。例えば、サブネットワーク 1 についてのトポロジ情報の 1 番目のレコードは、ノード装置 N 1 の degree-A とノード装置 N 2 の degree-B が接続されている構成を表している。なお、NID (Node Identifier) は、各ノード装置 N 1 ~ N 7 を識別する識別子である。

【 0 2 0 1 】

図 2 8 (b) は、ルーティング情報の一例を示す。このルーティング情報は、図 2 7 に

50

示すトラヒック 1、2 を表している。トラヒック 1 は、ノード装置 N 3 を介してノード装置 N 2、N 4 間でデータを伝送する。なお、トラヒック 1 に対しては、波長 1 が割り当てられている。トラヒック 2 は、ノード装置 N 3、N 6 を介してノード装置 N 5、N 7 間でデータを伝送する。なお、トラヒック 2 は、伝送経路の途中で波長が変換される。すなわち、ノード装置 N 5、N 3 間では、トラヒック 2 に対して波長 2 が割り当てられ、ノード装置 N 3、N 7 間では、トラヒック 2 に対して波長 3 が割り当てられている。すなわち、ノード装置 N 3 は、WDM 信号中の各光信号の波長を変換することができる再生中継器 5 2 を有している。

【 0 2 0 2 】

図 2 8 (b) において、例えば、トラヒック 1 についてのルーティング情報は、以下を表す。 10

ノード装置 N 4 : degree-A は未使用、degree-B には波長 1 が割り当てられる。

ノード装置 N 3 : degree-A、degree-B に波長 1 が割り当てられる。

ノード装置 N 2 : degree-A には波長 1 が割り当てられ、degree-B は未使用。

なお、「T」は、終端されている状態（または、方路が使用されていない状態）を表す。また、ルーティング情報は、例えば、ネットワーク管理システムにより波長チャンネルが設定されたときに生成される。

【 0 2 0 3 】

各ノード装置は、波長パス接続状態管理テーブルを有する。波長パス接続状態管理テーブルは、上述のトポロジ情報およびルーティング情報に基づいて作成される。また、波長パス接続状態管理テーブルは、図 2 9 に示すように、自ノードを通過する波長パスにおいて、自ノードがドロップノード（あるいは、宛先ノード）の直前に配置されているか否かを表す波長パス接続情報を管理する。 20

【 0 2 0 4 】

図 2 9 は、図 2 7 に示すネットワークにおいてノード装置 N 3 が有する波長パス接続状態管理テーブルを示す。波長パス接続状態管理テーブルにより管理される波長パス接続情報は、図 2 9 に示すように、入力方路と入力波長との組合せに対して、「接続」「直近」を表す。「接続」は、光信号の出力方路および出力波長を表す。例えば、方路 degree-A からノード装置 N 3 に入力される波長 1 の光信号は、方路 degree-B へ出力される。このとき、出力される光信号の波長は 1 である。また、「直近」は、「接続」によって特定される光信号のドロップノードにとって、自ノードが直近ノードであるか否かを表す。例えば、方路 degree-B から出力される波長 1 の光信号は、ノード装置 N 2 においてドロップされる。そして、ノード装置 N 3 は、ノード装置 N 2 の直前に配置されている。したがって、この光信号に対して、「直近 = 1」が設定されている。 30

【 0 2 0 5 】

上記構成の WDM 伝送システムにおいて、ある波長の光信号の障害が検出されたときには、第 1 ~ 第 5 の実施形態と同様に、その光信号を指定する WCF 信号が生成される。そして、この WCF 信号は、障害を検出したノード装置からその光信号のドロップノードへ伝送される。 40

【 0 2 0 6 】

WCF 信号を受信したノード装置は、波長パス接続状態管理テーブルを参照し、自ノードが、WCF 信号で指定されている光信号のドロップノードの直前ノードであるか判定する。そして、ノード装置は、その判定結果に応じて、光信号をシャットオフするか否かを決定する。

【 0 2 0 7 】

例えば、ノード装置 N 4 からノード装置 N 2 へ向かうトラヒック 1 が断状態になったものとする。そして、ノード装置 N 4 がその障害を検出したものとする。この場合、ノード装置 N 2 は、1 を指定する WCF 信号をノード装置 N 3 へ送信する。

【 0 2 0 8 】

ノード装置 N 3 は、方路 degree-A から 1 を指定する WCF 信号を受信すると、図 2 9 50

に示す波長パス接続状態管理テーブルから「接続：DegB - 1」および「直近：1」を得る。この場合、ノード装置N3は、自ノードが、方路degree-Bへ出力する波長1の光出力のドロップノードに対して直近ノードであると判定する。したがって、ノード装置N3は、方路degree-Bへ出力する波長1の光出力をシャットオフする。

【0209】

別の例として、ノード装置N7からノード装置N5へ向かうトラヒック2が断状態になったものとする。そして、ノード装置N7がその障害を検出したものとする。この場合、ノード装置N7は、3を指定するWCF信号をノード装置N3へ送信する。

【0210】

ノード装置N3は、方路degree-Dから3を指定するWCF信号を受信すると、波長パス接続状態管理テーブルから「接続：DegC - 2」および「直近：0」を得る。この場合、ノード装置N3は、自ノードが、方路degree-Cへ出力する波長2の光出力のドロップノードに対して直近ノードでないと判定する。したがって、ノード装置N3は、方路degree-Cへ出力する波長2の光出力をシャットオフしない。

【0211】

なお、ネットワークポロジルーティングDB51は、図30および図31に示すように、方路ごとにトポロジ情報およびルーティング情報を管理してもよい。このようなポロジ情報およびルーティング情報からも、同様に、波長パス接続状態管理テーブルを作成することができる。

【0212】

以上記載した各実施例を含む実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

(付記1)

WDM信号を伝送する複数のノード装置を有し、第1のノード装置が前記WDM信号から第1の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムにおいて使用される雑音抑制方法であって、

前記第1の光信号を前記第1のノード装置へ伝送する第1の経路上に配置されている第2のノード装置が前記第1の光信号の障害を検出したときに、前記第2のノード装置から前記第1の経路を介して前記第1のノード装置へ、前記第1の光信号を指定する障害信号を送信し、

前記障害信号に応じて、前記第1のノード装置から、前記第1の経路を介して前記第2のノード装置へ向けて、前記第1の光信号を指定するシャットオフ信号を送信し、

前記障害信号を中継し、且つ前記シャットオフ信号を受信した、第3のノード装置において、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする雑音抑制方法。

(付記2)

前記第1のノード装置は、前記障害信号の受信に応じて、前記シャットオフ信号を前記第1の経路を介して前記第2のノード装置へ向けて送信する

ことを特徴とする付記1に記載の雑音抑制方法。

(付記3)

前記第1のノード装置は、前記障害信号に係わらず定期的または継続的に、前記シャットオフ信号を前記第1の経路を介して前記第2のノード装置へ向けて送信する

ことを特徴とする付記1に記載の雑音抑制方法。

(付記4)

前記第1のノード装置から最初に前記シャットオフ信号を受信するノード装置が、前記第3のノード装置として、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフすることを特徴とする付記1～3のいずれか1つに記載の雑音抑制方法。

(付記5)

前記複数のノード装置は、波長ごとにWDM信号を制御する分岐挿入ノード装置、およびWDM信号を一括して増幅する増幅ノード装置を含み、

前記増幅ノード装置は、前記シャットオフ信号を受信すると、前記シャットオフ信号を

10

20

30

40

50

前記第2のノード装置へ向けて転送し、

前記分岐挿入ノード装置は、前記シャットオフ信号を受信すると、前記第3のノード装置として、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする付記1～3のいずれか1つに記載の雑音抑制方法。

(付記6)

前記第3のノード装置は、前記WDM信号中の指定された波長の光信号を通過させるまたは遮断する波長選択デバイスを利用して、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする付記1～5のいずれか1つに記載の雑音抑制方法。

(付記7)

前記第3のノード装置は、前記障害信号および前記シャットオフ信号の状態を管理し、前記障害信号または前記シャットオフ信号の状態の変化に起因して前記波長選択デバイスの動作状態を変更するときのみ、前記波長選択デバイスに対して動作状態を変更するための指示を与える

ことを特徴とする付記6に記載の雑音抑制方法。

(付記8)

WDM信号を伝送する複数のノード装置を有し、第1のノード装置が前記WDM信号から第1の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムにおいて使用される雑音抑制方法であって、

前記第1の光信号を前記第1のノード装置へ伝送する第1の経路上に配置されている第2のノード装置が前記第1の光信号の障害を検出したときに、前記第2のノード装置から前記第1の経路を介して前記第1のノード装置へ、前記第1の光信号を指定する障害信号を送信し、

前記第1の経路上に配置されている1または複数のノード装置において、前記障害信号に応じて、前記第1の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする雑音抑制方法。

(付記9)

WDM信号を伝送する複数のノード装置を有し、第1のノード装置が前記WDM信号から第1の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムにおいて使用される雑音抑制方法であって、

前記第1の光信号を前記第1のノード装置へ伝送する第1の経路上に配置されている第2のノード装置が前記WDM信号の障害を検出したときに、前記第2のノード装置から前記第1の経路を介して前記第1のノード装置へ、前記WDM信号のすべての波長を指定する障害信号を送信し、

前記第1の経路上で前記障害信号を中継する1または複数のノード装置において、前記第1のノード装置へ向かうWDM信号をシャットオフする

ことを特徴とする雑音抑制方法。

(付記10)

前記第2のノード装置と前記第1のノード装置との間の前記第1の経路上には、前記WDM信号を一括して増幅する増幅ノード装置が配置されているが、波長ごとにWDM信号を制御する分岐挿入ノード装置は配置されておらず、

前記第1の経路上に配置されている各増幅ノード装置は、前記障害信号に応じて、前記第1のノード装置へ向かうWDM信号をシャットオフする

ことを特徴とする付記9に記載の雑音抑制方法。

(付記11)

WDM信号を伝送する複数のノード装置を有し、第1のノード装置が前記WDM信号から第1の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムにおいて使用される雑音抑制方法であって、

前記第1の光信号を前記第1のノード装置へ伝送する第1の経路上に配置されている第2のノード装置が前記第1の光信号の障害を検出したときに、前記第2のノード装置から

10

20

30

40

50

前記第 1 の経路を介して前記第 1 のノード装置へ、前記第 1 の光信号を指定する障害信号を送信し、

前記第 1 の経路上で前記第 1 のノード装置の隣りに配置されている第 3 のノード装置において、前記障害信号に応じて、前記第 1 の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする雑音抑制方法。

(付記 1 2)

各ノード装置は、自ノードを通過する波長チャネルにおいて、自ノードが前記第 1 の光信号の宛先ノードの直近に配置されているか否かを表す波長パス接続情報を有し、

各ノード装置は、前記障害情報を受信すると、前記波長パス接続情報に基づいて、前記障害信号により指定されている光信号に対応する波長の光出力をシャットオフするか否かを判定する

ことを特徴とする付記 1 1 に記載の雑音抑制方法。

(付記 1 3)

WDM 信号を伝送する複数のノード装置を有し、第 1 のノード装置が前記 WDM 信号から第 1 の光信号を分岐して通信装置へ導く光伝送システムであって、

前記第 1 の光信号を前記第 1 のノード装置へ伝送する第 1 の経路上に配置されている第 2 のノード装置は、前記第 1 の光信号の障害を検出したときに、前記第 1 の経路を介して前記第 1 のノード装置へ、前記第 1 の光信号を指定する障害信号を送信し、

前記第 1 のノード装置は、前記第 1 の経路を介して前記第 2 のノード装置へ向けて、前記第 1 の光信号を指定するシャットオフ信号を送信し、

前記障害信号を中継し且つ前記シャットオフ信号を受信した第 3 のノード装置は、前記第 1 の光信号に対応する波長の光出力をシャットオフする

ことを特徴とする光伝送システム。

【符号の説明】

【 0 2 1 3 】

1 ~ 6 WDM 伝送システム

1 1 W、1 1 E、1 4 W、1 4 E 光アンプ

1 3 W、1 3 E 波長選択スイッチ (WSS)

1 8 W、1 8 E OSC 制御部

2 0 CPU

3 0 クライアント装置

3 1 OUPSR 部

4 1 状態管理テーブル

5 1 ネットワークトポロジ/ルーティング DB

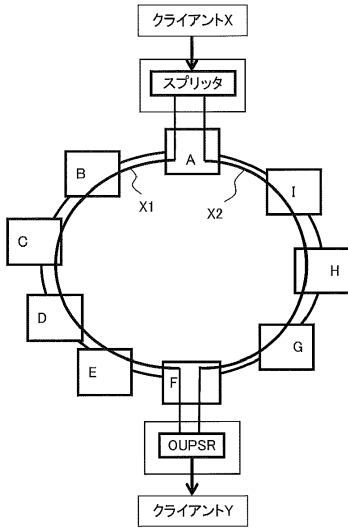
10

20

30

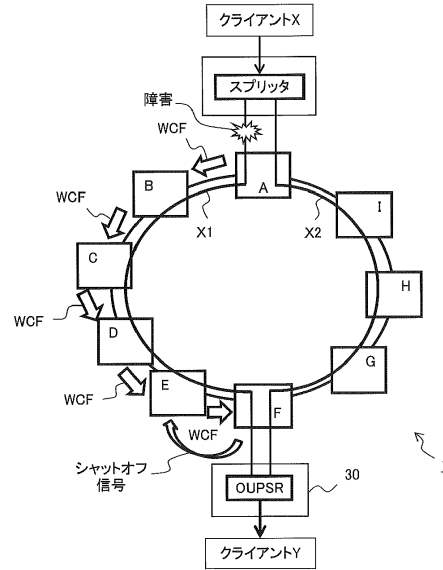
【図1】

OUPSRについて説明する図



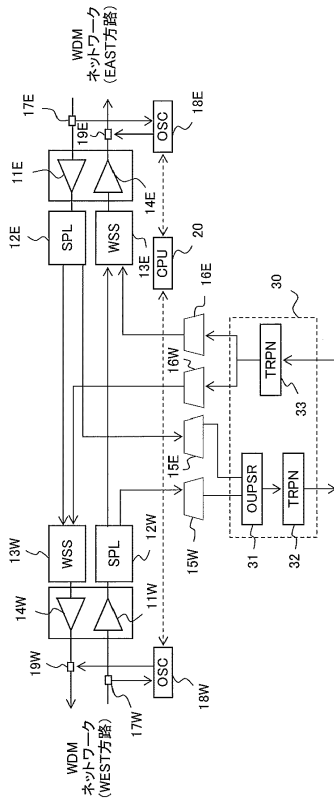
【図2】

第1の実施形態の概要を説明する図



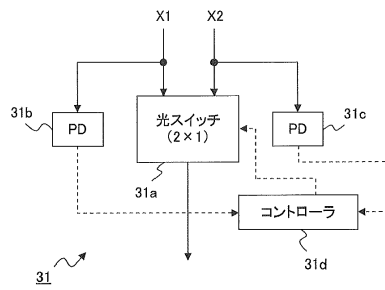
【図3】

ROADMの構成を示す図



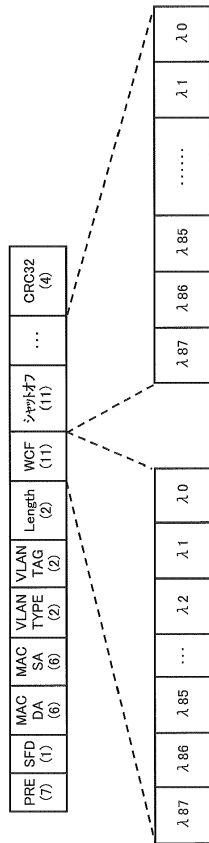
【図4】

OUPSR部の構成を示す図



【図5】

OSC信号により伝送されるOSCフレームの一例を示す図



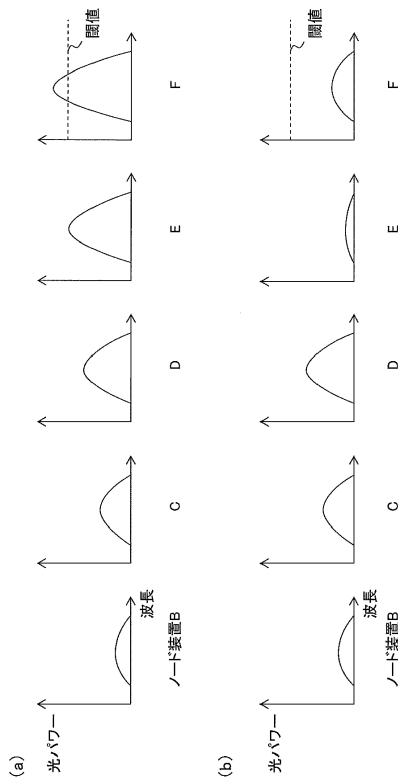
【図6】

シャットオフ制御の条件を示す図

		シャットオフ信号	
		1	0
WCF 信号	1	シャットオフ	シャットオフ解除
	0	シャットオフ解除	シャットオフ解除

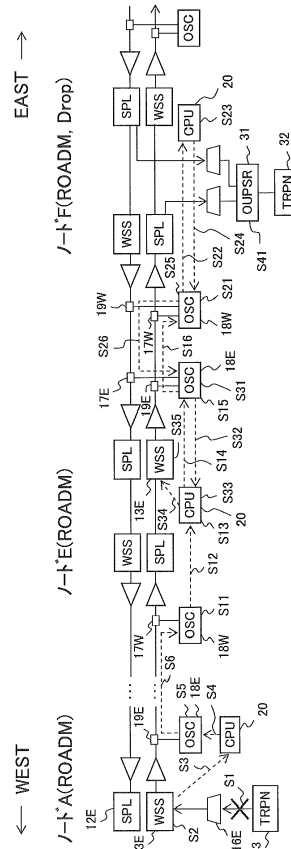
【図7】

シャットオフの効果を説明する図



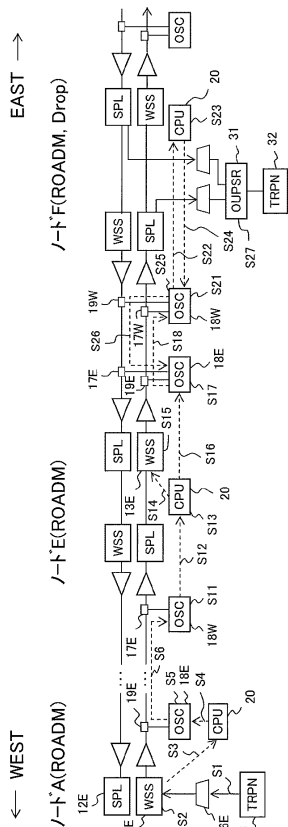
【図8】

第1の実施形態のシャットオフ手順を説明する図



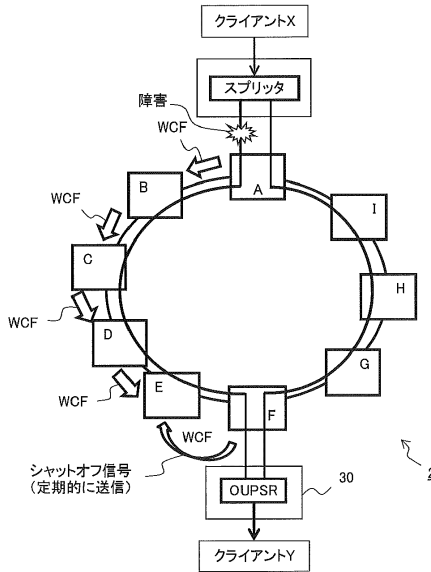
【図9】

第1の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図



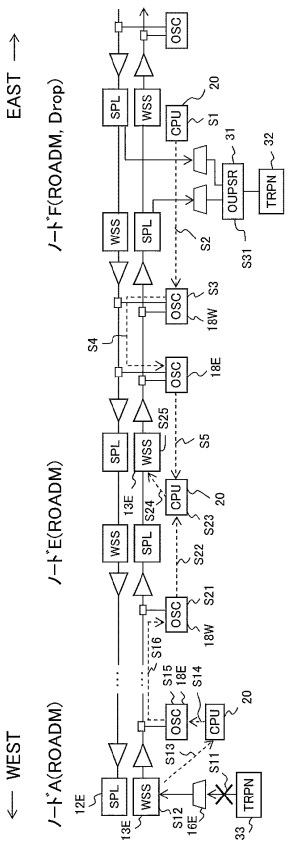
【図10】

第2の実施形態の概要を説明する図



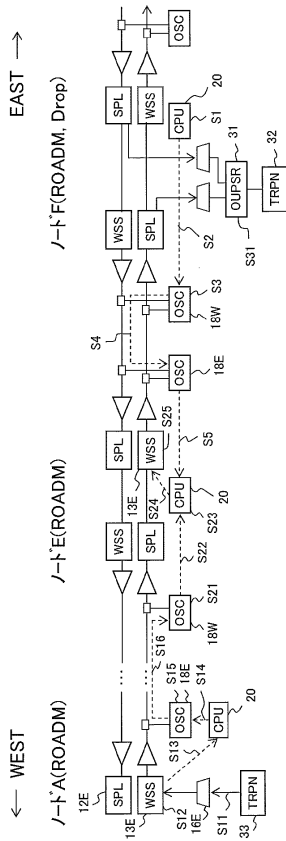
【図11】

第2の実施形態のシャットオフ手順を説明する図



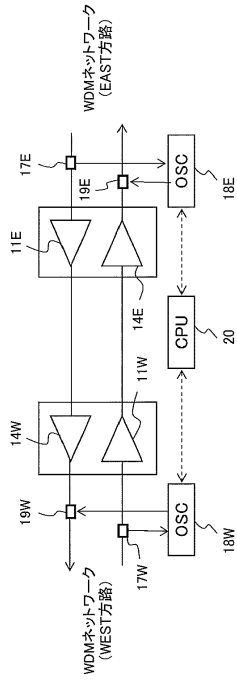
【図12】

第2の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図



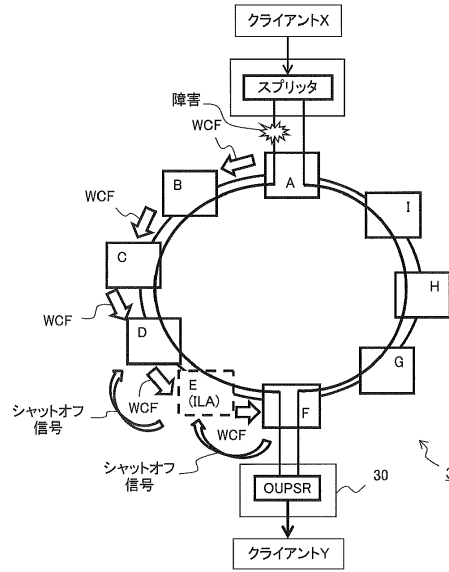
【 図 1 3 】

ILAの構成を示す図



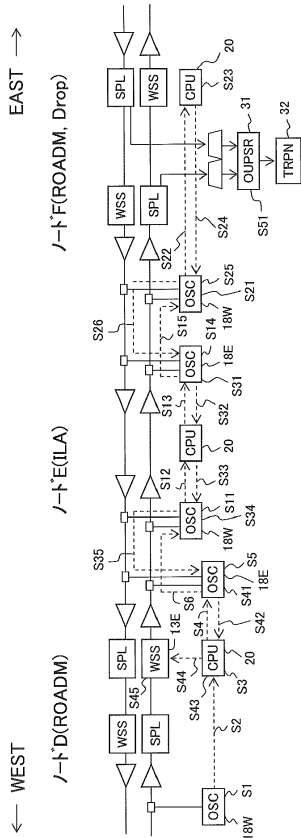
【 図 1 4 】

第3の実施形態の概要を説明する図



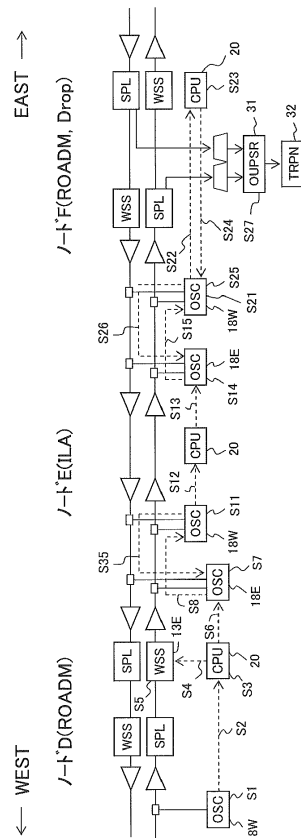
【 図 1 5 】

第3の実施形態のシャットオフ手順を説明する図



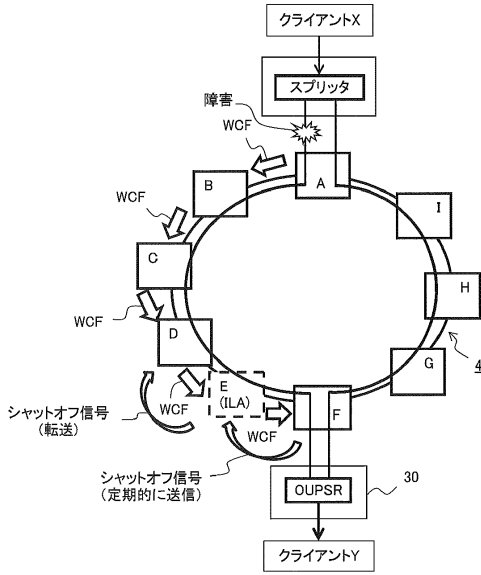
【 図 1 6 】

第3の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図



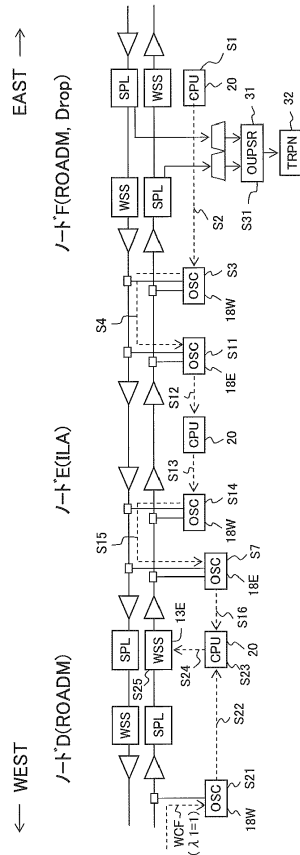
【図17】

第4の実施形態の概要を説明する図



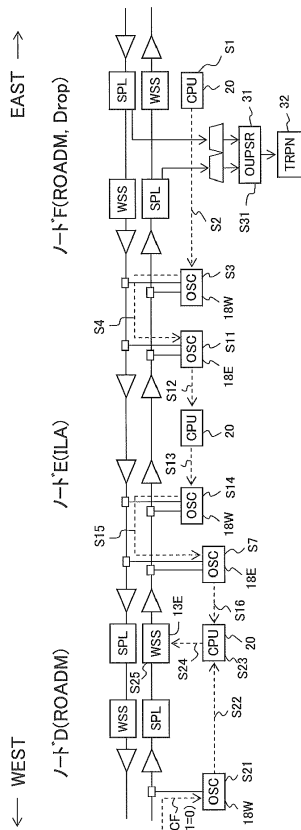
【図18】

第4の実施形態のシャットオフ手順を説明する図



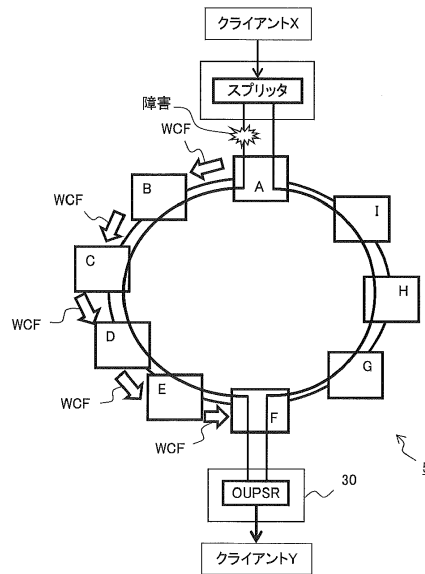
【図19】

第4の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図



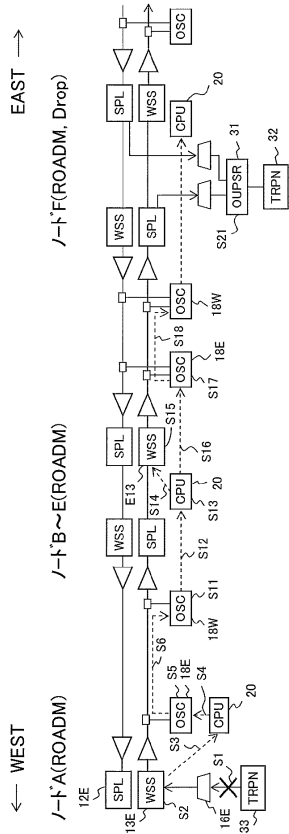
【図20】

第5の実施形態の概要を説明する図



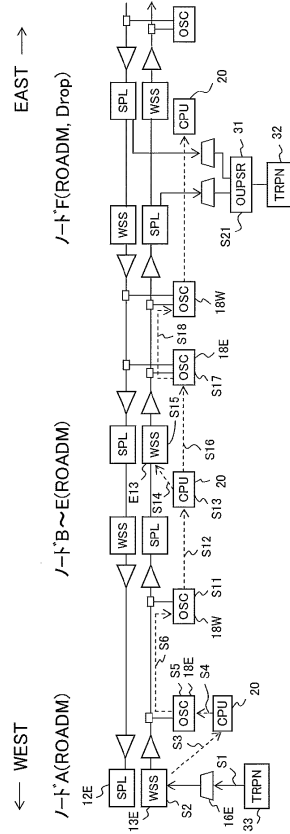
【図 2 1】

第5の実施形態のシャットオフ手順を説明する図



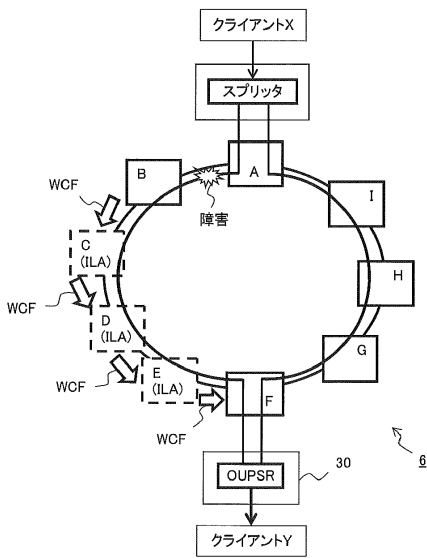
【図 2 2】

第5の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図



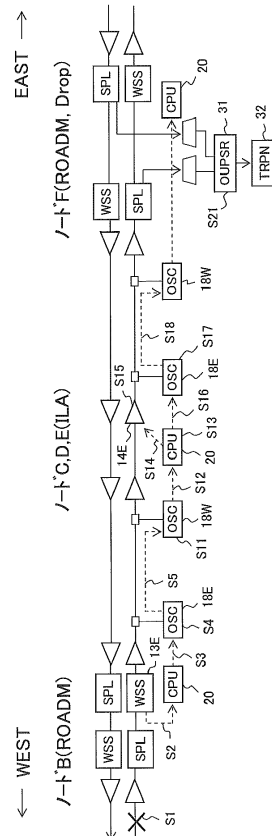
【図 2 3】

第6の実施形態の概要を説明する図



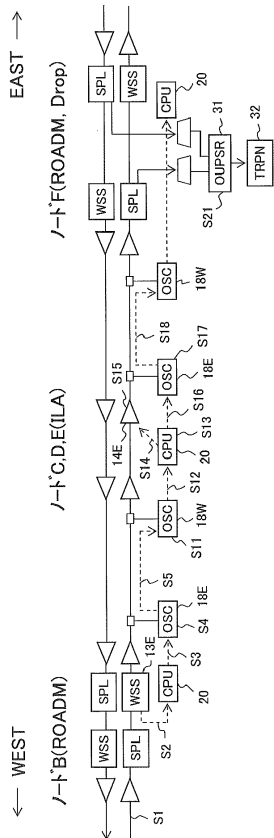
【図 2 4】

第6の実施形態のシャットオフ手順を説明する図



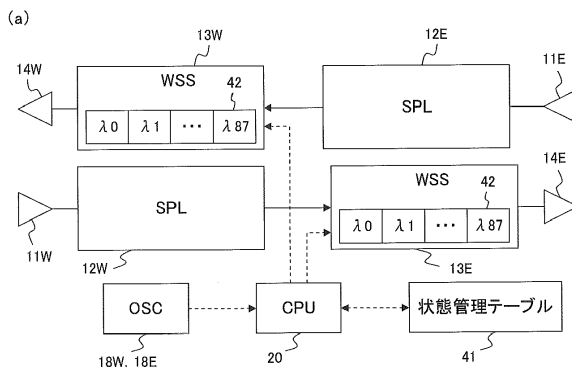
【図 25】

第6の実施形態のシャットオフ解除手順を説明する図



【図 26】

第7の実施形態のシャットオフ制御方法を説明する図

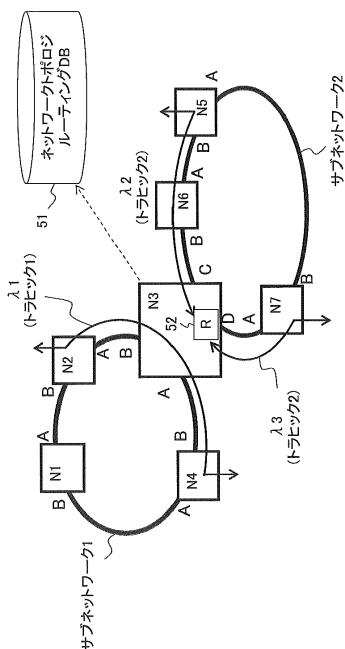


(b)

波長	WCF信号	シャットオフ信号
λ 0	1/0	1/0
λ 1	1/0	1/0
⋮	⋮	⋮

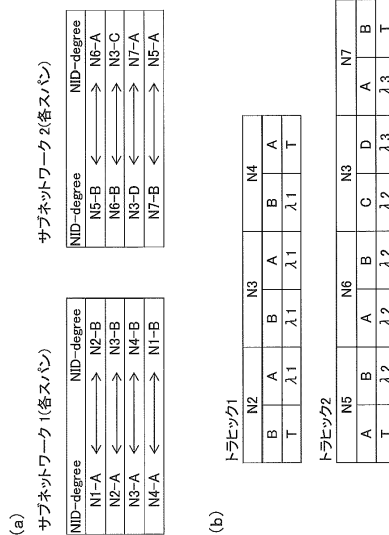
【図 27】

第8の実施形態に係る WDM伝送システムの一例の構成を示す図



【図 28】

ネットワークポロジ／ルーティングDBの実施例を示す図



(a)

サブネットワーク1 (各スパン)

NID-degree	NID-degree
N1-A	N2-B
N2-A	N3-B
N3-A	N4-B
N4-A	N1-B

サブネットワーク2 (各スパン)

NID-degree	NID-degree
N5-B	N6-A
N6-B	N3-C
N3-D	N7-A
N7-B	N5-A

(b)

トラヒック1

N2	N3	N4
B	A	A
T	λ 1	λ 1

トラヒック2

N5	N6	N3	N7
A	B	C	D
T	λ 2	λ 2	λ 3

【図 29】

波長パス接続状態管理テーブルの一例を示す図

λ	Deg A		Deg B		Deg C		Deg D	
	接続	直近	接続	直近	接続	直近	接続	直近
1	Deg B-1	1	Deg A-1	1				
2					Deg D-3	1		
3							Deg C-2	0

【図 30】

トポロジ情報の他の実施例を示す図

サブネットワーク 2

スパン	送信元ノード/ 方路	送信先ノード/ 方路
1-EAST	N5-B	N6-A
1-WEST	N6-A	N5-B
2-EAST	N6-B	N3-C
2-WEST	N3-C	N6-B
3-EAST	N3-D	N7-A
3-WEST	N7-A	N3-D
4-EAST	N7-B	N5-A
4-WEST	N5-A	N7-B

サブネットワーク 1

スパン	送信元ノード/ 方路	送信先ノード/ 方路
1-WEST	N1-A	N2-B
1-EAST	N2-B	N1-A
2-WEST	N2-A	N3-B
2-EAST	N3-B	N2-A
3-WEST	N3-A	N4-B
3-EAST	N4-B	N3-A
4-WEST	N4-A	N1-B
4-EAST	N1-B	N4-A

【図 31】

ルーティング情報の他の実施例を示す図

トラヒック1 EAST

N2		N3		N4	
B	A	B	A	B	A
Add	λ 1	λ 1	λ 1	λ 1	Drop

トラヒック1 WEST

N4		N3		N2	
A	B	A	B	A	B
Add	λ 1	λ 1	λ 1	λ 1	Drop

トラヒック2 EAST

N7		N3		N6		N5	
B	A	D	C	B	A	B	A
Add	λ 3	λ 3	λ 2	λ 2	λ 2	λ 2	Drop

トラヒック2 WEST

N5		N6		N3		N7	
A	B	A	B	C	D	A	B
Add	λ 2	λ 2	λ 2	λ 2	λ 3	λ 3	Drop

フロントページの続き

- (72)発明者 白井 克広
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
- (72)発明者 竹口 恒次
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
- (72)発明者 都甲 敏弘
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 前田 典之

- (56)参考文献 特許第3976771(JP, B2)
米国特許出願公開第2011/0116789(US, A1)
特開2009-130505(JP, A)
特開平11-098077(JP, A)
特開2003-158527(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 10/032
H04B 10/275
H04J 14/00
H04J 14/02