

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-158125
(P2016-158125A)

(43) 公開日 平成28年9月1日(2016.9.1)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)
HO4B 10/075 (2013.01)		HO4B 9/00	175		5K102
HO4J 14/00 (2006.01)		HO4B 9/00		E	
HO4J 14/02 (2006.01)		HO4B 9/00	177		
HO4B 10/077 (2013.01)					

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2015-34935 (P2015-34935)
(22) 出願日 平成27年2月25日 (2015.2.25)

(71) 出願人 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
(74) 代理人 100072718
弁理士 古谷 史旺
(74) 代理人 100116001
弁理士 森 俊秀
(72) 発明者 近藤 信彦
神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目17番3号 富士通テレコムネットワークス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 伝送システムおよび伝送装置

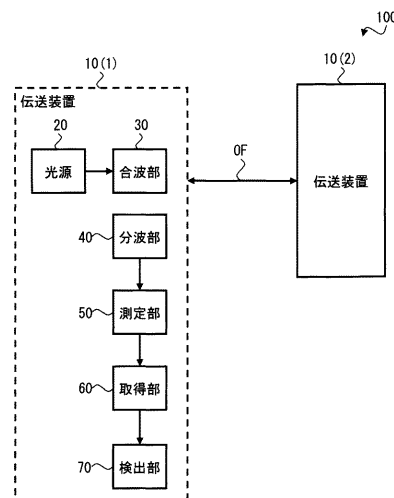
(57) 【要約】

【課題】 チューナブルフィルタを用いることなく光源の異常を検出することで、伝送装置のコスト上昇を抑制することを目的とする。

【解決手段】 複数の波長の光信号を多重化した波長分割多重信号を送信元の伝送装置から受信する伝送装置を含む伝送システムであって、伝送装置は、外部の装置から受信したデータを光信号で射出する光源と、光源から射出された光信号を含む複数の波長の光信号を多重化する合波部と、受信した波長分割多重信号を複数の波長の光信号に分波する分波部と、分波された複数の波長の光信号の強度を測定する測定部と、測定部により測定された光信号が送信元の伝送装置の光源から射出される時の状態を示す状態情報を送信元の伝送装置から取得する取得部と、測定された光信号の強度および取得した状態情報に基づいて、送信元の伝送装置における光源の異常を検出する検出部とを有する。

【選択図】 図1

伝送システムおよび伝送装置の一実施形態を示す図



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の波長の光信号を多重化した波長分割多重信号を送信元の伝送装置から受信する伝送装置を含む伝送システムであって、

前記伝送装置は、

外部の装置から受信したデータを光信号で射出する光源と、

前記光源から射出された光信号を含む複数の波長の光信号を多重化する合波部と、

受信した波長分割多重信号を前記複数の波長の光信号に分波する分波部と、

分波された前記複数の波長の光信号の強度を測定する測定部と、

前記測定部により測定された光信号が前記送信元の伝送装置の光源から射出される時の状態を示す状態情報を前記送信元の伝送装置から取得する取得部と、

測定された前記光信号の強度および取得した前記状態情報に基づいて、前記送信元の伝送装置における光源の異常を検出する検出部とを備える

ことを特徴とする伝送システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の伝送システムにおいて、

前記送信元の伝送装置は、光源から射出される光信号の強度を調整する調整部を備え、

前記状態情報は、前記光源から射出される光信号の強度と前記調整部に設定される調整量とを含み、

前記検出部は、前記測定部により測定された光信号を除く光信号の強度が第 1 閾値以上であり、前記調整量が第 2 閾値より小さく、測定された前記光信号の射出時の強度が第 3 閾値以上である場合に、前記測定部により測定された光信号の強度に基づいて前記送信元の伝送装置における光源の異常を検出する

ことを特徴とする制御システム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の伝送システムにおいて、

前記伝送装置は、前記送信元の伝送装置の光源の異常を検出した場合、異常を検出した光源を停止させる指示を前記送信元の伝送装置に出力する制御部を備えることを特徴とする伝送システム。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の伝送システムにおいて、

前記伝送装置は、前記送信元の伝送装置の光源の異常を検出した場合、前記送信元の伝送装置の前記調整部に測定した光信号を遮断させる指示を前記送信元の伝送装置に出力する制御部を備えることを特徴とする伝送システム。

【請求項 5】

外部の装置から受信したデータを光信号で射出する光源と、

前記光源から射出された光信号を含む複数の波長の光信号を多重化する合波部と、

受信した波長分割多重信号を前記複数の波長の光信号に分波する分波部と、

分波された前記複数の波長の光信号の強度を測定する測定部と、

前記測定部により測定された光信号が前記送信元の伝送装置の光源から射出される時の状態を示す状態情報を前記送信元の伝送装置から取得する取得部と、

測定された前記光信号の強度および取得した前記状態情報に基づいて、前記送信元の伝送装置における光源の異常を検出する検出部と

を備えることを特徴とする伝送装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、伝送システムおよび伝送装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

10

20

30

40

50

例えば、光信号を利用してデータを伝送する伝送装置には、複数の波長の光信号を波長分割多重してデータを伝送する波長分割多重伝送装置がある。以下、波長分割多重伝送装置は、WDM (Wavelength Division Multiplexing) 伝送装置とも称される。WDM伝送装置は、コンピュータ等の複数の外部装置からそれぞれ受信するデータの各々を複数の波長のいずれかの光信号に変換し、変換した光信号を多重化して伝送する。例えば、データは、互いに異なる波長の光信号を射出するように設定された複数のレーザ光源を用いて複数の波長の光信号に変換される。変換された複数の波長の光信号は、WSS (Wavelength Selective Switch) 等の合波器により多重化される。

【0003】

例えば、合波器は、各波長の光信号を透過するフィルタを有する。このため、レーザ光源から射出される光信号の波長が、レーザ光源の故障等により所定の波長からずれる場合、波長がずれた光信号の強度は、合波器のフィルタで減衰され、データの伝送が困難となることがある。

【0004】

そこで、透過する光信号の波長を制御するチューナブルフィルタを含む光チャンネルモニタを搭載し、各レーザ光源から射出される光信号の強度を監視することで、各レーザ光源の異常を検出するWDM伝送装置が提案されている(特許文献1参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-197804号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、チューナブルフィルタを搭載するWDM伝送装置の場合、WDM伝送装置のコストは上昇する。

【0007】

本件開示の伝送システムおよび伝送装置は、チューナブルフィルタを用いることなく光源の異常を検出することで、伝送装置のコスト上昇を抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

一つの観点の伝送システムは、複数の波長の光信号を多重化した波長分割多重信号を送信元の伝送装置から受信する伝送装置を含む伝送システムであって、伝送装置は、外部の装置から受信したデータを光信号で射出する光源と、光源から射出された光信号を含む複数の波長の光信号を多重化する合波部と、受信した波長分割多重信号を複数の波長の光信号に分波する分波部と、分波された複数の波長の光信号の強度を測定する測定部と、測定部により測定された光信号が送信元の伝送装置の光源から射出される時の状態を示す状態情報を送信元の伝送装置から取得する取得部と、測定された光信号の強度および取得した状態情報に基づいて、送信元の伝送装置における光源の異常を検出する検出部とを有する。

【0009】

別の観点の伝送装置は、外部の装置から受信したデータを光信号で射出する光源と、光源から射出された光信号を含む複数の波長の光信号を多重化する合波部と、受信した波長分割多重信号を複数の波長の光信号に分波する分波部と、分波された複数の波長の光信号の強度を測定する測定部と、測定部により測定された光信号が送信元の伝送装置の光源から射出される時の状態を示す状態情報を送信元の伝送装置から取得する取得部と、測定された光信号の強度および取得した状態情報に基づいて、送信元の伝送装置における光源の異常を検出する検出部とを有する。

【発明の効果】

【0010】

10

20

30

40

50

本件開示の伝送システムおよび伝送装置は、チューナブルフィルタを用いることなく光源の異常を検出することで、伝送装置のコスト上昇を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】伝送システムおよび伝送装置の一実施形態を示す図である。

【図2】伝送システムおよび伝送装置の別の実施形態を示す図である。

【図3】図2に示した制御部による増幅器に対する自動レベル制御の一例を示す図である。

【図4】図2に示した伝送システムにおける故障の検出処理の一例を示す図である。

【図5】図4に示した検出処理の続きを示す図である。

【図6】伝送システムおよび伝送装置の別の実施形態を示す図である。

【図7】図6に示した伝送装置の一例を示す図である。

【図8】図6に示した伝送システムにおける故障の検出処理の一例を示す図である。

【図9】図8に示した検出処理の続きを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を用いて実施形態について説明する。

【0013】

図1は、伝送システムおよび伝送装置の一実施形態を示す。

【0014】

図1に示す伝送システム100は、光ファイバ等の伝送路OFを介して互いに接続される2つの伝送装置10(10(1)、10(2))を有する。伝送装置10(1)、10(2)は、互いに同等の機能を有する。なお、伝送システム100は、互いに接続された3以上の伝送装置10を有してもよい。

【0015】

伝送装置10(1)は、光源20、合波部30、分波部40、測定部50、取得部60および検出部70を有する。なお、伝送装置10(1)と伝送装置10(2)とは、互いに同等の機能を有するため、図1では、伝送装置10(2)の各要素を省略する。また、取得部60および検出部70の機能は、伝送装置10に含まれるCPU(Central Processing Unit)等の演算処理装置が実行するプログラムにより実現されてもよく、ハードウェアにより実現されてもよい。

【0016】

光源20は、予め設定された波長の光信号を射出するレーザ光源等である。光源20は、伝送装置10に接続されたコンピュータ等の外部の装置から受信したデータを光信号で射出する。

【0017】

合波部30は、光源20からの光信号とともに、伝送装置10(1)に接続されたインターネット等のネットワークから受信する各波長の光信号を多重化し、多重化した波長分割多重信号(以下、WDM信号)を伝送路OFに出力する。

【0018】

分波部40は、WSS等の分波器である。分波部40は、対向する別の伝送装置10から受信したWDM信号を複数の波長の光信号それぞれに分波する。分波部40は、分波した各波長の光信号を、伝送装置10に接続される外部の装置およびネットワークに出力する。

【0019】

測定部50は、光信号の強度の一部を取り出すスプリッタ等の分離装置と、取り出した光信号の強度を測定するフォトダイオード等の検出器とを有する。測定部50は、分波部40により分波された複数の波長の光信号の強度を測定する。なお、測定部50は、光源20から光信号が射出された時の強度を測定してもよい。

【0020】

10

20

30

40

50

取得部 60 は、測定された光信号が送信元の伝送装置 10 から射出された時の状態を示す状態情報を送信元の伝送装置 10 から取得する。例えば、状態情報は、送信元の伝送装置 10 の光源 20 から光信号が射出された時の強度を含む。なお、取得部 60 は、伝送路 OF を介して、状態情報を送信元の伝送装置 10 から取得してもよい。あるいは、取得部 60 は、伝送路 OF とは別に送信元の伝送装置 10 と接続された信号線を介して、状態情報を送信元の伝送装置 10 から取得してもよい。

【0021】

検出部 70 は、測定された光信号の強度および取得された状態情報に基づいて、送信元の伝送装置 10 における光源 20 の異常を検出する。

【0022】

以上、図 1 に示した実施形態では、伝送路 OF を介して受信する光信号の強度を測定するとともに、測定された光信号の状態情報を送信元の伝送装置 10 から取得することで、送信元の伝送装置 10 における光源 20 の異常を検出する。これにより、伝送装置 10 は、チューナブルフィルタを用いることなく光源 20 の異常を検出することができ、チューナブルフィルタを含む光チャンネルモニタを用いないためコスト削減を図ることができる。

【0023】

図 2 は、伝送システムおよび伝送装置の別の実施形態を示す。図 2 に示した伝送システム 100 a は、光ファイバ等の伝送路 OF 1、OF 2 を介して互いに接続される 2 つの伝送装置 10 a (10 a (1)、10 a (2)) を有する。伝送装置 10 a (1)、10 a (2) は、互いに同等の機能を有する。伝送装置 10 a (1) は、N 個の端末装置 200 a (200 a (1) - 200 a (N)) に接続される。伝送装置 10 a (1) は、端末装置 200 a から受信したデータを伝送装置 10 a (2) に伝送し、伝送装置 10 a (2) から受信したデータを端末装置 200 a に送信する。伝送装置 10 a (2) は、N 個の端末装置 200 b (200 b (1) - 200 b (N)) に接続される。伝送装置 10 a (2) は、端末装置 200 b から受信したデータを伝送装置 10 a (1) に伝送し、伝送装置 10 a (1) から受信したデータを端末装置 200 b に送信する。なお、端末装置 200 a、200 b は、例えば、CPU 等の演算処理装置と、ハードディスク装置等の記憶装置とを有するコンピュータ装置である。

【0024】

監視装置 90 は、CPU 等の演算処理装置と、ハードディスク装置等の記憶装置とを有するコンピュータ装置である。監視装置 90 は、有線あるいは無線で伝送装置 10 a のそれぞれに接続され、各伝送装置 10 a の動作を監視する。なお、監視装置 90 は、ネットワーク等に接続され、ネットワークを介して各伝送装置 10 a を監視してもよい。

【0025】

伝送装置 10 a (1) は、N 個のトランスポンダ 25 (25 (1) - 25 (N)) および N 個の VOA (Variable Optical Attenuator) 45 (45 (1) - 45 (N)) を有する。伝送装置 10 a (1) は、N 個の PD (Photo Detector) 50 a (50 a (1) - 50 a (N))、N 個の PD 50 b (50 b (1) - 50 b (N))、合波部 30 a、分波部 40 a、制御部 120、および増幅器 80 a、80 b を有する。

【0026】

トランスポンダ 25 は、端末装置 200 a から受信した電気信号を予め設定された波長の光信号に変換するレーザ光源等を有する。トランスポンダ 25 は、レーザ光源から射出された光信号を VOA 45 に出力する。また、トランスポンダ 25 は、分波部 40 a により分波された光信号のうち、予め設定された波長の光信号を PD 50 b を介して受信し、受信した光信号を電気信号に変換する変換装置を有する。そして、トランスポンダ 25 は、変換した電気信号を端末装置 200 a に出力する。トランスポンダ 25 は、光源の一例である。

【0027】

VOA 45 は、各トランスポンダ 25 から出力された光信号の強度が互いに等しくなる

10

20

30

40

50

ように調整する。VOA 45は、強度を調整した光信号をPD 50 aに出力する。VOA 45が調整する調整量(以下、“減衰量”とも称する)は、制御部120による制御に基づいて設定される。VOA 45は、調整部の一例である。

【0028】

PD 50 a、50 bは、受信した光信号の強度の一部を取り出すスプリッタ等の分離器と、取り出した光信号の強度を測定するフォトダイオード等の検出器とを有する。PD 50 aは、VOA 45を介してトランスポンダ25から受信した光信号を合波部30 aに出力するとともに、受信した光信号の強度を検出器で測定する。PD 50 aは、測定した光信号の強度を示す情報を制御部120に出力する。PD 50 bは、分波部40 aで分波された各波長の光信号をトランスポンダ25に出力するとともに、各波長の光信号の強度を検出器で測定する。PD 50 bは、測定した光信号の強度を示す情報を制御部120に出力する。

10

【0029】

合波部30 aは、WSS等である。合波部30 aは、各PD 50 aから受信した光信号を多重化し、多重化したWDM信号を増幅器80 aに出力する。なお、合波部30 aは、複数の光信号を受信する入力側に、各光信号を透過するフィルタを有する。フィルタが透過する光信号の波長は、制御部120による制御に基づいて設定される。

【0030】

増幅器80 a、80 bは、LD(Laser Diode)等を有する。増幅器80 a、80 bは、LDから射出されるレーザー光をWDM信号が伝達する光ファイバに注入することで、伝達するWDM信号の強度を増幅させる。増幅器80 aは、合波部30 aにより多重化されたWDM信号を増幅し、増幅したWDM信号を送送装置10 a(2)に出力する。増幅器80 bは、送送装置10 a(2)から受信したWDM信号の強度を増幅し、増幅したWDM信号を分波部40 aに出力する。なお、増幅器80 aの利得は、合波部30 aで多重化される光信号の数に応じて制御部120がLDから出力されるレーザー光の強度を調整することで設定される。増幅器80 aの動作については、図3で説明する。また、増幅器80 bの利得は、制御部120がLDから出力されるレーザー光の強度を調整することで設定される。

20

【0031】

例えば、制御部120は、CPU等の演算処理装置である。制御部120は、送送装置10 a(1)に含まれるメモリ等の記憶装置に格納されたプログラムを実行することで、送送装置10 a(1)の各要素の動作を制御する。また、制御部120は、送送装置10 a(1)の記憶装置に格納されるプログラムを実行することで、取得部60 aおよび検出部70 aとして機能する。図2の点線の矢印は、制御部120と各要素とを繋ぐ信号線を示す。

30

【0032】

取得部60 aは、送送装置10 a(2)のトランスポンダ25により射出された各波長の光信号の射出時の状態を示す情報を、伝送路OF 2を介して送送装置10 a(2)の制御部120から取得する。

【0033】

また、取得部60 aは、送送装置10 a(1)のVOA 45あるいは増幅器80 a、80 bに設定された減衰量あるいは利得等の設定値を取得する。

40

【0034】

また、取得部60 aは、PD 50 a、50 bの各々で測定された光信号の強度を取得する。制御部120は、送送装置10 a(1)が送信元の場合に、取得部60 aにより取得された各VOA 45の減衰量および各PD 50 aで測定された光信号の強度を、トランスポンダ25から射出された時の光信号の状態を示す状態情報として生成する。そして、制御部120は、伝送路OF 1を介して、生成した送送装置10 a(1)の状態情報を送信先の送送装置10 a(2)に送信する。

【0035】

50

検出部 70 a は、伝送装置 10 a (2) から取得された各波長の光信号の射出時の状態を示す情報および PD 50 b で測定された各波長の光信号の強度に基づき、送信元の伝送装置 10 a (2) の各トランスポンダ 25 の異常を検出する。なお、検出部 70 a は、送信元の伝送装置 10 a (2) の各トランスポンダ 25 のレーザ光源の異常を検出するために、次の 3 つの条件を満たすか否かを予め判定する。すなわち、検出部 70 a は、伝送路 OF 2 において断線等の障害がないことを示す第 1 の条件を満たすか否かを判定する。また、検出部 70 a は、伝送装置 10 a (2) の VOA 45 に設定された減衰量が閾値 より小さいことを示す第 2 の条件を満たすか否かを判定する。さらに、検出部 70 a は、伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 から射出された時の各波長の光信号の強度が閾値 以上を示す第 3 の条件を満たすか否かを判定する。

10

【 0036 】

例えば、検出部 70 a は、PD 50 b で測定された光信号の強度のうち、伝送装置 10 a (2) における検出対象のトランスポンダ 25 以外のトランスポンダ 25 からの光信号の強度が 0 より大きい場合、伝送路 OF 2 に断線等の障害がないと判定する。すなわち、検出部 70 a は、第 1 の条件を満たすと判定する。一方、検出部 70 a は、伝送装置 10 a (2) において検出対象のトランスポンダ 25 以外の全てのトランスポンダ 25 からの光信号の強度が 0 の場合、伝送路 OF 2 に断線等の障害が発生し、第 1 の条件を満たしていないと判定する。強度 0 は第 1 閾値の一例である。

【 0037 】

また、検出部 70 a は、伝送装置 10 a (2) から取得された各波長の光信号の射出時の状態を示す情報に含まれる各 VOA 45 に設定された減衰量が閾値 より小さい場合、第 2 の条件を満たすと判定する。すなわち、検出部 70 a は、伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 から射出された光信号が VOA 45 で遮断されず、合波部 30 a に入力されたと判定する。一方、検出部 70 b は、伝送装置 10 a (2) から取得された情報における VOA 45 のいずれかの減衰量が閾値 以上の場合、第 2 の条件を満たしていないと判定する。すなわち、検出部 70 a は、減衰量が閾値 以上に設定された伝送装置 10 a (2) の VOA 45 によりトランスポンダ 25 から射出された光信号が遮断され、合波部 30 a に入力されていないと判定する。閾値 は第 2 閾値の一例である。

20

【 0038 】

また、検出部 70 a は、伝送装置 10 a (2) から取得された各波長の光信号の射出時の状態を示す情報に含まれる各波長の光信号の射出時の強度が閾値 以上の場合、第 3 の条件を満たすと判定する。すなわち、検出部 70 a は、伝送装置 10 a (2) の各トランスポンダ 25 からの光信号が合波部 30 a に入力されていると判定する。一方、検出部 70 a は、伝送装置 10 a (2) から取得された情報におけるいずれかの波長の光信号の射出時の強度が閾値 より小さい場合、第 3 の条件を満たしていないと判定する。すなわち、検出部 70 a は、強度が閾値 より小さいと判定された伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 からの光信号が合波部 30 a に入力されていないと判定する。閾値 は第 3 閾値の一例である。なお、強度 0、閾値 および閾値 は、伝送装置 10 a (1) の記憶装置に予め格納される。

30

【 0039 】

検出部 70 a は、第 1 の条件から第 3 の条件を満たす場合に、PD 50 b で測定された各波長の光信号の強度に基づいて、送信元の伝送装置 10 a (2) の各トランスポンダ 25 における動作の状態を検査する。検出部 70 a が、検査により伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 の異常を検出した場合、制御部 120 は、伝送路 OF 1 を介し異常が検出されたトランスポンダ 25 を示す情報を伝送装置 10 a (2) に通知する。伝送装置 10 a (2) の制御部 120 は、伝送装置 10 a (1) から受信した通知に基づいて、異常が検出されたトランスポンダ 25 を停止させる。

40

【 0040 】

また、制御部 120 は、例えば、増幅器 80 a による増幅後の WDM 信号に含まれる各波長の光信号の強度を PW 1 に予め設定する。制御部 120 は、設定された強度 PW 1 と

50

、WDM信号に含まれる光信号の数とを乗算した値を、増幅器80aによる増幅後のWDM信号の強度となるように、増幅器80aの利得を制御する。すなわち、制御部120は、増幅器80aに対して自動レベル制御(ALC: Automatic Level Control)を実行する。なお、予め設定される強度PW1は、伝送装置10a(1)の記憶装置に格納される。

【0041】

図3は、図2に示した制御部120による増幅器80aに対する自動レベル制御の一例を示す。図3は、増幅器80aの入力側におけるWDM信号が3つの状態の場合に、制御部120の自動レベル制御により増幅されたWDM信号の増幅器80aの出力側における状態を示す。状態1は、強度が互いに等しい3つの波長1、2、3の光信号が合波部30aで多重化されたWDM信号が、増幅器80aに入力される場合を示す。なお、波長1、2、3の光信号は、伝送装置10a(1)のトランスポンダ25により射出された光信号(すなわちN=3)とする。

10

【0042】

図3に示した状態2は、トランスポンダ25(2)におけるレーザ光源の故障等により、波長2の光信号が射出されず、2つの波長1、3の光信号が多重化されたWDM信号が増幅器80aに入力される場合を示す。図3に示した状態3は、トランスポンダ25(2)のレーザ光源が故障等により波長2からずれた波長の光信号を射出し、波長1、3の光信号と波長2からずれた波長の光信号とが多重化されたWDM信号が増幅器80aに入力される場合を示す。

20

【0043】

なお、図3に示した各グラフの縦軸は、WDM信号に含まれる各波長の光信号の強度を示し、各グラフの横軸は、WDM信号に含まれる光信号の波長を示す。また、閾値は、第3の条件の閾値に対応する値で、合波部30aの出力側(すなわち増幅器80aの入力側)の値を示す。制御部120は、PD50aの測定に基づいて、トランスポンダ25から射出された波長の光信号が閾値以上の強度を示す場合、トランスポンダ25の光信号が増幅器80aに入力されていると判定する。一方、制御部120は、PD50aの測定に基づいて、トランスポンダ25から射出された波長の光信号が閾値より小さい強度を示す場合、トランスポンダ25の光信号が増幅器80aに入力されていないと判定する。

30

【0044】

例えば、図3に示した状態1のWDM信号の場合、制御部120は、トランスポンダ25から射出された光信号の数を、PD50aにより測定された光信号の強度が閾値以上を示す光信号の数(=3)として求める。制御部120は、光信号の合計数3と設定された強度PW1とを乗算した乗算値を求め、求めた乗算値が増幅器80aによる増幅後のWDM信号の強度となるように増幅器80aの利得を設定する。増幅器80aは、図3に示すように、増幅器80aの出力側においてWDM信号の強度が3倍の強度PW1(すなわち各波長の光信号の強度を強度PW1)となるように増幅する。増幅器80aは、増幅したWDM信号を伝送路OF1に出力する。

【0045】

例えば、図3に示した状態2のように、トランスポンダ25(2)が故障等により波長2の光信号を射出しない場合、PD50a(2)は、波長2の光信号の強度を0と測定する。制御部120は、PD50aの測定に基づいて、トランスポンダ25から射出され閾値以上を示す光信号の数として、波長1、3の光信号の合計数2を得る。制御部120は、合波部30aで多重化される光信号の合計数が2のため、増幅器80aによる増幅後のWDM信号の強度が2倍の強度PW1となるように、増幅器80aの利得を設定する。そして、増幅器80aは、図3に示すように、増幅器80aの出力側においてWDM信号の強度が2倍の強度PW1(すなわち波長1、3の光信号の強度を強度PW1)となるように増幅する。増幅器80aは、増幅したWDM信号を伝送路OF1に出力する。すなわち、伝送装置10aは、増幅器80aを自動レベル制御することで、WDM

40

50

信号に含まれる各波長の光信号の強度を所定の範囲内で一定に制御することができる。

【 0 0 4 6 】

一方、例えば、図 3 に示した状態 3 のように、トランスポンダ 2 5 (2) が故障等により波長 2 からずれた波長の光信号を射出する場合、PD 5 0 a (2) は、波長 2 の光信号として閾値以上の強度を測定する。制御部 1 2 0 は、PD 5 0 a の測定に基づいて、トランスポンダ 2 5 から射出され閾値以上を示す光信号の合計数 3 を得る。そして、制御部 1 2 0 は、増幅器 8 0 a による増幅後の WDM 信号の強度が 3 倍の強度 PW 1 となるように、増幅器 8 0 b の利得を設定する。

【 0 0 4 7 】

しかしながら、波長 2 からずれた波長の光信号は、図 3 に示すように、合波部 3 0 a に搭載されたフィルタにより遮断される、あるいは閾値より小さい強度まで減衰される。これにより、増幅器 8 0 a は、WDM 信号の強度を 3 倍の強度 PW 1 となるように、波長 1、3 の光信号の強度を強度 PW 1 以上の強度 PW 2 まで増幅する。そして、伝送装置 1 0 a (2) が、強度 PW 1 以上の強度 PW 2 に増幅された WDM 信号を受信する場合、伝送装置 1 0 a (2) の増幅器 8 0 b あるいはトランスポンダ 2 5 等の要素が誤作動する虞がある。そこで、制御部 1 2 0 は、伝送装置 1 0 a (2) より取得された情報および PD 5 0 b の測定に基づいて、設定された波長からずれた波長の光信号を射出する伝送装置 1 0 a (2) のトランスポンダ 2 5 を検出部 7 0 a に検出させる。制御部 1 2 0 は、正常に動作していないと判定されたトランスポンダ 2 5 を、伝送路 OF 1 を介し伝送装置 1 0 a (2) に通知する。伝送装置 1 0 a (2) の制御部 1 2 0 は、伝送装置 1 0 a (1) から受信した通知に基づいて、正常に動作していないと判定されたトランスポンダ 2 5 を停止させる。

【 0 0 4 8 】

図 4 および図 5 は、図 2 に示した伝送システム 1 0 0 a における故障の検出処理の一例を示す。図 4 および図 5 に示したステップ S 1 0 0 からステップ S 1 7 0 の処理は、伝送装置 1 0 a (1) の制御部 1 2 0 がプログラムを実行することにより実現される。また、図 4 および図 5 に示したステップ S 2 0 0 からステップ S 2 4 0 の処理は、伝送装置 1 0 a (2) の制御部 1 2 0 がプログラムを実行することにより実現される。なお、図 4 および図 5 に示した処理は、伝送装置 1 0 a に搭載されるハードウェアにより実行されてもよい。この場合、図 2 に示した取得部 6 0 a および検出部 7 0 a は、伝送装置 1 0 a 内に配置される回路により実現される。

【 0 0 4 9 】

図 4 および図 5 に示した処理は、伝送装置 1 0 a (2) から伝送装置 1 0 a (1) に WDM 信号を伝送する場合を示す。伝送装置 1 0 a (1) から伝送装置 1 0 a (2) に WDM 信号を伝送する場合の処理は、図 4 および図 5 の符号 1 0 a (1)、1 0 a (2) を入れ替えることで実現される。

【 0 0 5 0 】

ステップ S 2 0 0 では、伝送装置 1 0 a (2) の PD 5 0 a は、各トランスポンダ 2 5 から射出された光信号の強度を測定する。PD 5 0 a は、測定した光信号の強度を制御部 1 2 0 に出力する。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 2 1 0 では、取得部 6 0 a は、VOA 4 5 のそれぞれに設定された減衰量を取得する。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 2 2 0 では、制御部 1 2 0 は、伝送装置 1 0 a (1) へ伝送される各波長の光信号の射出時の状態を示す情報を、伝送路 OF 2 を介して伝送装置 1 0 a (1) に送信する。送信する各波長の光信号の射出時の状態を示す情報には、ステップ S 2 0 0 で測定されたトランスポンダ 2 5 から射出された光信号の強度およびステップ S 2 1 0 で取得された VOA 4 5 の減衰量が少なくとも含まれる。

【 0 0 5 3 】

10

20

30

40

50

一方、ステップS 1 0 0では、PD 5 0 bは、伝送装置1 0 a (2) から受信したWDM信号に多重化された各波長の光信号の強度を測定する。PD 5 0 bは、測定した光信号の強度を制御部1 2 0に出力する。

【 0 0 5 4 】

ステップS 1 1 0では、取得部6 0 aは、ステップS 2 2 0で伝送装置1 0 a (2) から送信された各波長の光信号の射出時の状態を示す情報を、伝送路OF 2を介して取得する。

【 0 0 5 5 】

ステップS 1 2 0では、検出部7 0 aは、伝送路OF 2において断線等の障害がないことを示す第1の条件を満たすか否かを判定する。例えば、検出部7 0 aは、ステップS 1 0 0で測定された各波長の光信号の強度のうち、伝送装置1 0 a (2) における検出対象のトランスポンダ2 5以外のトランスポンダ2 5からの光信号の強度が0より大きいかが否かを判定する。検出部7 0 aは、検出対象のトランスポンダ2 5以外の少なくとも1つのトランスポンダ2 5からの光信号の強度が0より大きい場合、伝送路OF 2に断線等の障害がなく、第1の条件を満たすと判定する。この場合、伝送装置1 0 a (1) の処理は、ステップS 1 3 0に移る。一方、検出部7 0 aは、検出対象のトランスポンダ2 5以外のトランスポンダ2 5からの光信号の強度が0の場合、伝送路OF 2に断線等の障害が発生し、第1の条件を満たしていないと判定する。この場合、伝送装置1 0 a (1) の処理は終了する。なお、制御部1 2 0は、例えば、検出部7 0 aによる判定の結果に基づいて、監視装置9 0に伝送路OF 2に障害が発生した旨を通知してもよい。そして、伝送システム1 0 0 aの管理者等は、監視装置9 0に表示された通知に基づいて、伝送路OF 2の復旧を行うのがよい。

【 0 0 5 6 】

ステップS 1 3 0では、検出部7 0 aは、ステップS 1 1 0で取得された情報に基づいて、伝送装置1 0 a (2) のVOA 4 5に設定された減衰量が閾値より小さいことを示す第2の条件を満たすか否かを判定する。検出部7 0 aは、ステップS 1 1 0で取得された各波長の光信号の射出時の状態を示す情報に含まれる各VOA 4 5に設定された減衰量が閾値より小さい場合、第2の条件を満たすと判定する。すなわち、検出部7 0 aは、伝送装置1 0 a (2) のトランスポンダ2 5から射出された光信号がVOA 4 5で遮断されず、合波部3 0 aに入力されると判定する。この場合、伝送装置1 0 a (1) の処理はステップS 1 4 0に移る。

【 0 0 5 7 】

一方、検出部7 0 aは、伝送装置1 0 a (2) から取得された情報におけるVOA 4 5のいずれかの減衰量が閾値以上の場合、第2の条件を満たしていないと判定する。すなわち、検出部7 0 aは、減衰量が閾値以上に設定された伝送装置1 0 a (2) のVOA 4 5によりトランスポンダ2 5から射出された光信号が遮断され、合波部3 0 aに入力されていないと判定する。この場合、伝送装置1 0 a (1) の処理は終了する。なお、制御部1 2 0は、例えば、減衰量が閾値以上と検出部7 0 aにより判定された伝送装置1 0 a (2) のVOA 4 5の減衰量が適切でない旨を監視装置9 0に通知してもよい。そして、伝送システム1 0 0 aの管理者等は、監視装置9 0に表示された通知に基づいて、伝送装置1 0 a (2) におけるVOA 4 5の減衰量を再設定してもよい。

【 0 0 5 8 】

ステップS 1 4 0では、検出部7 0 aは、ステップS 1 1 0で取得された情報に基づいて、伝送装置1 0 a (2) のトランスポンダ2 5から射出された時の各波長の光信号の強度が閾値以上を示す第3の条件を満たすか否かを判定する。検出部7 0 aは、ステップS 1 1 0で取得された情報における各波長の光信号の射出時の強度が閾値以上の場合、伝送装置1 0 a (2) の各トランスポンダ2 5からの光信号が合波部3 0 aに入力され、第3の条件を満たすと判定する。この場合、伝送装置1 0 a (1) の処理は、ステップS 1 5 0に移る。

【 0 0 5 9 】

10

20

30

40

50

一方、検出部 70 a は、ステップ S 110 で取得された情報におけるいずれかの波長の光信号の射出時の強度が閾値 より小さい場合、第 3 の条件を満たしていないと判定する。この場合、伝送装置 10 a (1) の処理は、終了する。なお、検出部 70 a は、ステップ S 130 で伝送装置 10 a (2) の V O A 45 の減衰量が閾値 より小さい (すなわち、第 2 の条件を満たしている) と判定している。すなわち、射出時の強度が閾値 より小さい伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 は、正常に動作していないことを示す。そこで、制御部 120 は、例えば、強度が閾値 より小さい光信号を射出する伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 が故障した旨を監視装置 90 に通知してもよい。そして、伝送システム 100 a の管理者等は、監視装置 90 に表示された通知に基づいて、伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 を交換等により復旧してもよい。

10

【 0060 】

図 5 に示したステップ S 150 では、検出部 70 a は、ステップ S 100 で測定された受信時の各波長の光信号の強度に基づいて、送信元の伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 の異常を検出する。例えば、検出部 70 a は、ステップ S 100 で測定された強度が予め設定された所定の強度以上の場合、伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 に波長ずれ等の異常がない (すなわち正常に動作している) と判定する。この場合、伝送装置 10 a (1) の処理は終了する。

【 0061 】

一方、検出部 70 a は、ステップ S 100 で測定された強度が所定の強度より小さい場合、所定の強度より小さい強度の光信号を射出した伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 に、波長ずれ等の異常が発生 (すなわち正常に動作していない) と判定する。この場合、伝送装置 10 a (1) の処理は、ステップ S 160 に移る。

20

【 0062 】

ステップ S 160 では、制御部 120 は、ステップ S 150 で異常が発生と判定された伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 を示す情報を通知する信号を、伝送路 O F 1 を介して伝送装置 10 a (2) に送信する。

【 0063 】

ステップ S 170 では、制御部 120 は、監視装置 90 に伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 に異常が発生した旨を通知する。そして、伝送システム 100 a の管理者等は、監視装置 90 に表示された異常の発生を示す情報に基づいて、異常が発生と判定された伝送装置 10 a (2) のトランスポンダ 25 の交換等を行い、伝送装置 10 a (2) を故障から復旧させる。

30

【 0064 】

一方、ステップ S 230 では、伝送装置 10 a (2) の制御部 120 は、異常が発生したトランスポンダ 25 を通知する信号を伝送装置 10 a (1) から受信したか否かを判定する。制御部 120 が異常を通知する信号を伝送装置 10 a (1) から受信したと判定した場合、伝送装置 10 a (2) の処理は、ステップ S 240 に移る。一方、伝送装置 10 a (2) の制御部 120 が異常を通知する信号を伝送装置 10 a (1) から受信しないと判定した場合、伝送装置 10 a (2) の処理は終了する。

【 0065 】

ステップ S 240 では、制御部 120 は、ステップ S 230 で受信した通知に基づいて、レーザ光源に故障等の異常が発生したと判定されたトランスポンダ 25 の動作を停止させる。制御部 120 は、異常が発生したと判定されたトランスポンダ 25 の動作を停止させることで、図 3 に示した状態 3 のように、強度 P W 1 以上の強度に増幅された波長の光信号を含む W D M 信号の伝送を回避し、伝送装置 10 a (1) の誤作動を回避できる。

40

【 0066 】

なお、制御部 120 は、異常が発生したと判定されたトランスポンダ 25 の動作を停止させる代わりに、トランスポンダ 25 に接続される V O A 45 の減衰量を最大値に設定し、異常が発生したと判定されたトランスポンダ 25 からの光信号を遮断してもよい。この場合、伝送システム 100 a の管理者等は、トランスポンダ 25 の交換と V O A 45 の減

50

衰量の再設定とを行い、伝送装置 10 a (2) を復旧させる。

【 0067 】

そして、伝送システム 100 a は、処理を終了する。なお、図 4 および図 5 に示した処理は、所定の時間間隔で繰り返し実行されることが好ましい。

【 0068 】

以上、図 2 から図 5 に示した実施形態では、伝送路 OF 1、OF 2 を介して受信する光信号の強度を測定するとともに、測定された光信号の状態情報を送信元の伝送装置 10 a から取得することで、送信元の伝送装置 10 a のトランスポンダ 25 の異常を検出する。これにより、伝送装置 10 a は、チューナブルフィルタを用いることなくトランスポンダ 25 の異常を検出することができ、チューナブルフィルタを含む光チャンネルモニタを用いないためコスト削減を図ることができる。

10

【 0069 】

また、送信元の伝送装置 10 a の制御部 120 は、異常の通知を受けた場合、通知されたトランスポンダ 25 を停止させるため、図 3 に示した状態 3 のように、強度 PW 1 以上の強度 PW 2 に増幅された波長の光信号を含む WDM 信号の伝送を回避できる。そして、受信側の伝送装置 10 a は、強度 PW 2 に増幅された光信号を含む WDM 信号を受信することで生じる誤作動を回避することができる。

【 0070 】

図 6 は、伝送システムおよび伝送装置の別の実施形態を示す。図 6 に示した伝送システム 100 b は、N 台の伝送装置 10 b (10 b (1) - 10 b (N)) を有する。各伝送装置 10 b は、光ファイバ等の伝送路 OF d (OF d (1) - OF d (N - 1))、OF u (OF u (1) - OF u (N - 1)) を介して直列に接続される。なお、伝送装置 10 b は、リング状に接続されてもよい。

20

【 0071 】

また、伝送システム 100 b の一端に位置する伝送装置 10 b (1) は、光ファイバ等の伝送路 OF N 1 (OF N 1 (1)、OF N 1 (2)) を介してネットワーク 300 a に接続される。また、伝送システム 100 b の他端に位置する伝送装置 10 b (N) は、光ファイバ等の伝送路 OF N 2 (OF N 2 (1)、OF N 2 (2)) を介してネットワーク 300 b に接続される。これにより、伝送システム 100 は、ネットワーク 300 a、300 b 間で互いにデータを伝送可能である。

30

【 0072 】

例えば、監視装置 190 は、CPU 等の演算処理装置と、ハードディスク装置等の記憶装置とを有するコンピュータ装置である。監視装置 190 は、有線あるいは無線で伝送装置 10 b のそれぞれに接続され、各伝送装置 10 b の動作を監視する。なお、監視装置 190 は、ネットワーク 300 a あるいはネットワーク 300 b に接続され、ネットワーク 300 a あるいはネットワーク 300 b を介して伝送システム 100 の外部から各伝送装置 10 b を監視してもよい。

【 0073 】

図 7 は、図 6 に示した伝送装置 10 b (1) の一例を示す。伝送装置 10 b (1) は、M 個の PD (Photo Detector) 110 a (110 a (1) - 110 a (M)) および M 個の PD 110 b (110 b (1) - 110 b (M)) を有する。伝送装置 10 b (1) は、K 個の PD 110 c (110 c (1) - 110 c (K)) および M 個の PD 110 d (110 d (1) - 110 d (M)) を有する。伝送装置 10 b (1) は、M 個の PD 110 e (110 e (1) - 110 e (K)) および K 個の PD 110 f (110 f (1) - 110 f (K)) を有する。伝送装置 10 b (1) は、制御部 120 a、M 個の VOA (Variable Optical Attenuator) 150 a (150 a (1) - 150 a (M)) および M 個の VOA 150 b (150 b (1) - 150 b (M)) を有する。伝送装置 10 b (1) は、M 個のトランスポンダ TP 1 (TP 1 (1) - TP 1 (M))、M 個のトランスポンダ TP 2 (TP 2 (1) - TP 2 (M))、合波器 MUX 1、MUX 2 および分波器 DEMUX 1、DEMUX 2 を有する。伝送装置 10 b (1) は、増幅器 AMP 1 - AMP

40

50

4を有する。なお、伝送装置10b(2) - 10b(N)は、図7に示した伝送装置10b(1)と同一または同様の要素を有する。なお、個数Mは、伝送するデータを入出力し、各伝送装置10bに接続されるコンピュータ等の外部装置の数であり、伝送装置10bごとに異なってもよい。また、個数Kは、伝送装置10bを通過する光信号の数であり、伝送装置10bごとに異なってもよい。

【0074】

増幅器AMP1 - AMP4は、LD(Laser Diode)等を有する。増幅器AMP1 - AMP4は、LDから射出されるレーザー光をWDM信号が伝達する光ファイバに注入することで、伝達するWDM信号の強度を増幅させる。増幅器AMP1は、ネットワーク300aから受信したWDM信号の強度を増幅し、増幅したWDM信号を分波器DEMUX1に出力する。増幅器AMP2は、合波器MUX1により多重化されたWDM信号の強度を増幅し、増幅したWDM信号を伝送装置10b(2)に出力する。一方、増幅器AMP3は、伝送装置10b(2)から受信したWDM信号の強度を増幅し、増幅したWDM信号を分波器DEMUX2に出力する。増幅器AMP4は、合波器MUX2により多重化されたWDM信号の強度を増幅し、増幅したWDM信号をネットワーク300aに出力する。

10

【0075】

なお、増幅器AMP1、AMP3の利得は、制御部120aがLDから出力されるレーザー光の強度を調整することで設定される。また、増幅器AMP2、AMP4の利得は、図2で示した増幅器80aと同様に、合波器MUX1、MUX2で多重化される光信号の数に応じて制御部120aがLDから出力されるレーザー光の強度を調整することで設定される。すなわち、制御部120aは、図2に示した制御部120と同様に、増幅器AMP2、AMP4に対して自動レベル制御(ALC: Automatic Level Control)を実行する。

20

【0076】

分波器DEMUX1、DEMUX2は、WSS等である。分波器DEMUX1は、増幅器AMP1で増幅されたWDM信号を複数の光信号に分波する。分波器DEMUX1は、分波した複数の光信号のうち、トランスポンダTP1ごとに設定されたM個の波長の光信号を、PD110aを介して対応するトランスポンダTP1にそれぞれ出力する。また、分波器DEMUX1は、K個の波長の光信号をPD110cを介して合波器MUX1に出力する。一方、分波器DEMUX2は、分波した複数の光信号のうち、トランスポンダTP2ごとに設定されたM個の波長の光信号を、PD110cを介して対応するトランスポンダTP2にそれぞれ出力する。また、分波器DEMUX2は、K個の波長の光信号をPD110fを介して合波器MUX2に出力する。

30

【0077】

PD110a、110b、110c、110d、110e、110fは、受信した光信号の強度の一部を取り出すスプリッタ等の分離器と、取り出した光信号の強度を測定するフォトダイオード等の検出器とを有する。PD110aは、分波器DEMUX1で分波された光信号のうち、M個の波長の光信号を受信する。PD110aは、受信した各波長の光信号をトランスポンダTP1に出力するとともに、受信した各波長の光信号の強度を検出器で測定する。PD110bは、VOA150aを介してトランスポンダTP1から受信した各波長の光信号を合波器MUX1に出力するとともに、受信した各波長の光信号の強度を検出器で測定する。また、PD110cは、分波器DEMUX1から受信したK個の波長の光信号を合波器MUX1に出力するとともに、受信した光信号の強度を検出器で測定する。

40

【0078】

PD110dは、分波器DEMUX2で分波された光信号のうち、M個の波長の光信号を受信する。PD110dは、受信した各波長の光信号をトランスポンダTP2に出力するとともに、受信した各波長の光信号の強度を検出器で測定する。PD110eは、VOA150bを介してトランスポンダTP2から受信した各波長の光信号を合波器MUX2に出力するとともに、受信した各波長の光信号の強度を検出器で測定する。また、PD110fは、分波器DEMUX2から受信したK個の波長の光信号を合波器MUX2に出力

50

するとともに、受信した各波長の光信号の強度を検出器で測定する。

【0079】

合波器M U X 1、M U X 2は、W S S等である。合波器M U X 1は、P D 1 1 0 bを介してトランスポンダT P 1から受信した光信号と、P D 1 1 0 cを介して分波器D E M U X 1から受信した光信号とを多重化する。合波器M U X 1は、多重化したW D M信号を増幅器A M P 2に出力する。一方、合波器M U X 2は、P D 1 1 0 eを介してトランスポンダT P 2から受信した光信号と、P D 1 1 0 fを介して分波器D E M U X 2から受信した光信号とを多重化する。合波器M U X 2は、多重化したW D M信号を増幅器A M P 4に出力する。なお、合波器M U X 1、M U X 2は、複数の光信号を受信する入力側に、各光信号を透過するフィルタを有する。フィルタが透過する光信号の波長は、制御部1 2 0 aによる制御に基づいて設定される。

10

【0080】

トランスポンダT P 1は、伝送装置1 0 bに接続されたコンピュータ等の外部の装置からデータを含む電気信号を受信し、受信した電気信号を予め設定された波長の光信号に変換するレーザ光源等を有する。トランスポンダT P 1は、レーザ光源から射出された光信号をV O A 1 5 0 aに出力する。また、トランスポンダT P 1は、分波器D E M U X 1により分波された光信号のうち、予め設定された波長の光信号をP D 1 1 0 aを介して受信し、受信した光信号を電気信号に変換する変換装置を有する。そして、トランスポンダT P 1は、変換した電気信号を接続された外部の装置に出力する。

【0081】

トランスポンダT P 2は、伝送装置1 0 bに接続されたコンピュータ等の外部の装置からデータを含む電気信号を受信し、受信した電気信号を予め設定された波長の光信号に変換するレーザ光源等を有する。トランスポンダT P 2は、レーザ光源から射出された光信号をV O A 1 5 0 bに出力する。また、トランスポンダT P 2は、分波器D E M U X 2により分波された光信号のうち、予め設定された波長の光信号をP D 1 1 0 dを介して受信し、受信した光信号を電気信号に変換する変換装置を有する。そして、トランスポンダT P 2は、変換した電気信号を接続された外部の装置に出力する。トランスポンダT P 1、T P 2は、光源の一例である

20

V O A 1 5 0 aは、各トランスポンダT P 1から出力された光信号の強度が互いに等しくなるように調整する。V O A 1 5 0 aは、強度を調整した光信号をP D 1 1 0 bに出力する。また、V O A 1 5 0 bは、各トランスポンダT P 2から出力された光信号の強度が互いに等しくなるように調整する。V O A 1 5 0 bは、強度を調整した光信号をP D 1 1 0 eに出力する。V O A 1 5 0 a、1 5 0 bにおける減衰量は、制御部1 2 0 aの制御に基づいて設定される。V O A 1 5 0 a、1 5 0 bは、調整部の一例である。

30

【0082】

例えば、制御部1 2 0 aは、C P U等の演算処理装置である。制御部1 2 0 aは、伝送装置1 0 b (1)に含まれるメモリ等の記憶装置に格納されたプログラムを実行することで、伝送装置1 0 b (1)の各要素の動作を制御する。また、制御部1 2 0 aは、伝送装置1 0 b (1)の記憶装置に格納されるプログラムを実行することで、取得部6 0 bおよび検出部7 0 bとして機能する。図7の点線の矢印は、制御部1 2 0と各要素とを繋ぐ信号線を示す。

40

【0083】

取得部6 0 bは、伝送装置1 0 b (2)のトランスポンダT P 2により射出された各波長の光信号の射出時の状態を示す情報を、伝送路O F u (1)を介して伝送装置1 0 b (2)の制御部1 2 0 aから取得する。なお、制御部1 2 0 aは、隣接する伝送装置1 0 bから取得した各波長の光信号の射出時の情報を、伝送路O F d、O F uを介して別の隣接する伝送装置1 0 bに転送してもよい。

【0084】

また、取得部6 0 bは、伝送装置1 0 b (1)の増幅器A M P 1 - A M P 4あるいはV O A 1 5 0 a、1 5 0 bに設定された利得あるいは減衰量等の設定値を取得する。

50

【 0 0 8 5 】

また、取得部 6 0 b は、P D 1 1 0 a、1 1 0 c、1 1 0 d、1 1 0 f の各々で測定された光信号の強度を取得する。また、取得部 6 0 b は、P D 1 1 0 b、1 1 0 e の各々で測定された各トランスポンダ T P 1、T P 2 から射出された光信号の強度を取得する。制御部 1 2 0 a は、伝送装置 1 0 b (1) が送信元の場合に、取得部 6 0 b により取得された各 P D 1 1 0 b で測定された光信号の強度および各 V O A 1 5 0 a の減衰量を、トランスポンダ T P 1 から射出された時の光信号の状態を示す状態情報として生成する。そして、制御部 1 2 0 a は、伝送路 O F d (1) を介して、生成した伝送装置 1 0 b (1) の状態情報を送信先の伝送装置 1 0 b (2) に送信する。

【 0 0 8 6 】

なお、伝送装置 1 0 b (2) - 1 0 b (N - 1) の各々の制御部 1 2 0 a は、送信元の場合、2 つの状態情報を生成する。すなわち、各 P D 1 1 0 b で測定された光信号の強度および各 V O A 1 5 0 a の減衰量を含む状態情報と、各 P D 1 1 0 e で測定された光信号の強度および各 V O A 1 5 0 b の減衰量を含む状態情報とが生成される。伝送装置 1 0 b (2) - 1 0 b (N - 1) の各々の制御部 1 2 0 a は、図 6 に示すように、左側あるいは右側で対向する伝送装置 1 0 b に応じて 2 つの状態情報のいずれかを送信する。

【 0 0 8 7 】

検出部 7 0 b は、伝送装置 1 0 b (2) から取得された各波長の光信号の射出時の状態を示す情報および P D 1 1 0 d で測定された各波長の光信号の強度に基づき、送信元の伝送装置 1 0 b (2) の各トランスポンダ T P 2 の異常を検出する。そのために、検出部 7 0 b は、図 2 に示した検出部 7 0 a と同様に、第 1 の条件、第 2 の条件および第 3 の条件を満たすか否かを判定する。すなわち、検出部 7 0 b は、伝送路 O F u (1) において断線等の障害がないことを示す第 1 の条件を満たすか否かを判定する。また、検出部 7 0 b は、伝送装置 1 0 b (2) の V O A 1 5 0 b に設定された減衰量が閾値 より小さいことを示す第 2 の条件を満たすか否かを判定する。さらに、検出部 7 0 b は、伝送装置 1 0 b (2) のトランスポンダ T P 2 から射出された時の各波長の光信号の強度が閾値 以上を示す第 3 の条件を満たすか否かを判定する。

【 0 0 8 8 】

そして、検出部 7 0 b は、第 1 の条件から第 3 の条件を満たす場合、図 2 に示した検出部 7 0 a と同様に、P D 1 1 0 d で測定された各波長の光信号の強度に基づいて、送信元の伝送装置 1 0 b (2) の各トランスポンダ T P 2 における動作の状態を検査する。検出部 7 0 b が、検査により伝送装置 1 0 b (2) のトランスポンダ T P 2 の異常を検出した場合、制御部 1 2 0 a は、伝送路 O F d (1) を介し異常が検出されたトランスポンダ T P 2 を示す情報を伝送装置 1 0 b (2) に通知する。伝送装置 1 0 b (2) の制御部 1 2 0 a は、伝送装置 1 0 b (1) から受信した通知に基づいて、異常が検出されたトランスポンダ T P 2 を停止させる。

【 0 0 8 9 】

図 8 および図 9 は、図 6 に示した伝送システム 1 0 0 b における故障の検出処理の一例を示す。図 8 および図 9 に示したステップ S 3 0 0 からステップ S 3 7 0 の処理は、伝送装置 1 0 b (1) の制御部 1 2 0 a がプログラムを実行することにより実現される。また、図 8 および図 9 に示したステップ S 4 0 0 からステップ S 4 4 0 の処理は、伝送装置 1 0 b (2) の制御部 1 2 0 a がプログラムを実行することにより実現される。なお、図 8 および図 9 に示した処理は、伝送装置 1 0 b に搭載されるハードウェアにより実行されてもよい。この場合、図 7 に示した取得部 6 0 b および検出部 7 0 b は、伝送装置 1 0 b 内に配置される回路により実現される。

【 0 0 9 0 】

図 8 および図 9 に示した処理は、伝送装置 1 0 b (2) から伝送装置 1 0 b (1) に W D M 信号を伝送する場合を示す。伝送装置 1 0 b (1) から伝送装置 1 0 b (2) に W D M 信号を伝送する場合の処理は、図 8 および図 9 の符号 1 0 b (1)、1 0 b (2) を入れ替えることで実現される。また、図 8 および図 9 に示した処理は、伝送装置 1 0 b (3

10

20

30

40

50

) - 10b (N)のうち、互いに隣接する2つの伝送装置10bとの間の処理に適用できる。

【0091】

また、伝送装置10bは、少なくとも1つの伝送装置10bを経由して、他の伝送装置10bにWDM信号を伝送してもよい。この場合、WDM信号を中継する伝送装置10bの制御部120aは、隣接する伝送装置10bから取得した各波長の光信号の射出時の情報を別の隣接する伝送装置10bに転送する機能を有する。

【0092】

ステップS400では、伝送装置10b(2)のPD110eは、各トランスポンダTP2から射出された光信号の強度を測定する。PD110eは、測定した光信号の強度を制御部120aに出力する。

10

【0093】

ステップS410では、取得部60bは、VOA150bのそれぞれに設定された減衰量を取得する。

【0094】

ステップS420では、制御部120aは、伝送装置10b(1)へ伝送される各波長の光信号の射出時の状態を示す情報を、伝送路OFU(1)を介して伝送装置10b(1)に送信する。送信する各波長の光信号の射出時の状態を示す情報には、ステップS400で測定されたトランスポンダTP2から射出された光信号の強度およびステップS410で取得されたVOA150bの減衰量が少なくとも含まれる。

20

【0095】

一方、ステップS300では、PD110d、110fは、伝送装置10b(2)から受信したWDM信号に多重化された各波長の光信号の強度を測定する。PD110d、110fは、測定した光信号の強度を制御部120aに出力する。

【0096】

ステップS310では、取得部60bは、ステップS420で伝送装置10b(2)から送信された各波長の光信号の射出時の状態を示す情報を、伝送路OFU(1)を介して取得する。

【0097】

ステップS320では、検出部70bは、伝送路OFU(1)において断線等の障害がないことを示す第1の条件を満たすか否かを判定する。例えば、検出部70bは、ステップS300で測定された各波長の光信号の強度のうち、伝送装置10b(2)における検出対象のトランスポンダTP2以外のトランスポンダTP2からの光信号の強度が0より大きいか否かを判定する。検出部70bは、検出対象のトランスポンダTP2以外の少なくとも1つのトランスポンダTP2からの光信号の強度が0より大きい場合、伝送路OFU(1)に断線等の障害がなく、第1の条件を満たすと判定する。この場合、伝送装置10b(1)の処理は、ステップS330に移る。一方、検出部70bは、検出対象のトランスポンダTP2以外のトランスポンダTP2からの光信号の強度が0の場合、伝送路OFU(1)に断線等の障害が発生し、第1の条件を満たしていないと判定する。この場合、伝送装置10b(1)の処理は終了する。なお、制御部120aは、例えば、検出部70bによる判定の結果に基づいて、監視装置190に伝送路OFU(1)に障害が発生した旨を通知してもよい。そして、伝送システム100bの管理者等は、監視装置190に表示された通知に基づいて、伝送路OFU(1)の復旧を行うのがよい。

30

40

【0098】

ステップS330では、検出部70bは、ステップS310で取得された情報に基づいて、伝送装置10b(2)のVOA150bに設定された減衰量が閾値より小さいことを示す第2の条件を満たすか否かを判定する。検出部70bは、ステップS310で取得された各波長の光信号の射出時の状態を示す情報に含まれる各VOA150bに設定された減衰量が閾値より小さい場合、第2の条件を満たすと判定する。すなわち、検出部70bは、伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2から射出された光信号がVOA1

50

50bで遮断されず、合波器MUX2に入力されると判定する。この場合、伝送装置10b(1)の処理はステップS340に移る。

【0099】

一方、検出部70bは、伝送装置10b(2)から取得された情報におけるVOA150bのいずれかの減衰量が閾値 以上の場合、第2の条件を満たしていないと判定する。すなわち、検出部70bは、減衰量が閾値 以上に設定された伝送装置10b(2)のVOA150bによりトランスポンダTP2から射出された光信号が遮断され、合波器MUX2に入力されていないと判定する。この場合、伝送装置10b(1)の処理は終了する。なお、制御部120aは、例えば、減衰量が閾値 以上と検出部70bにより判定された伝送装置10b(2)のVOA150bの減衰量が適切でない旨を監視装置190に通知してもよい。そして、伝送システム100bの管理者等は、監視装置190に表示された通知に基づいて、伝送装置10b(2)におけるVOA150bの減衰量を再設定してもよい。

10

【0100】

ステップS340では、検出部70bは、ステップS310で取得された情報に基づいて、伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2から射出された時の各波長の光信号の強度が閾値 以上を示す第3の条件を満たすか否かを判定する。検出部70bは、ステップS310で取得された情報における各波長の光信号の射出時の強度が閾値 以上の場合、伝送装置10b(2)の各トランスポンダTP2からの光信号が合波器MUX2に入力され、第3の条件を満たすと判定する。この場合、伝送装置10b(1)の処理は、ステップS350に移る。

20

【0101】

一方、検出部70bは、ステップS310で取得された情報におけるいずれかの波長の光信号の射出時の強度が閾値 より小さい場合、第3の条件を満たしていないと判定する。この場合、伝送装置10b(1)の処理は、終了する。なお、検出部70bは、ステップS330で伝送装置10b(2)のVOA150bの減衰量が閾値 より小さい(すなわち、第2の条件を満たしている)と判定している。すなわち、射出時の強度が閾値 より小さい伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2は、正常に動作していないことを示す。そこで、制御部120aは、例えば、強度が閾値 より小さい光信号を射出する伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2が故障した旨を監視装置190に通知してもよい。そして、伝送システム100bの管理者等は、監視装置190に表示された通知に基づいて、伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2を交換等により復旧してもよい。

30

【0102】

図9に示したステップS350では、検出部70bは、ステップS300で測定された受信時の各波長の光信号の強度に基づいて、送信元の伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2の異常を検出する。例えば、検出部70bは、ステップS300で測定された強度が予め設定された所定の強度以上の場合、伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2に波長ずれ等の異常がない(すなわち正常に動作している)と判定する。この場合、伝送装置10b(1)の処理は終了する。

40

【0103】

一方、検出部70bは、ステップS300で測定された強度が所定の強度より小さい場合、所定の強度より小さい強度の光信号を射出した伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2に、波長ずれ等の異常が発生(すなわち正常に動作していない)と判定する。この場合、伝送装置10b(1)の処理は、ステップS360に移る。

【0104】

ステップS360では、制御部120aは、ステップS350で障害が発生と判定された伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2を示す情報を通知する信号を、伝送路OFD(1)を介して伝送装置10b(2)に送信する。

【0105】

50

ステップS370では、制御部120aは、監視装置190に伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2に異常が発生した旨を通知する。そして、伝送システム100bの管理者等は、監視装置190に表示された異常の発生を示す情報に基づいて、異常が発生と判定された伝送装置10b(2)のトランスポンダTP2の交換等を行い、伝送装置10b(2)を故障から復旧させる。

【0106】

一方、ステップS430では、伝送装置10b(2)の制御部120aは、異常が発生したトランスポンダTP2を通知する信号を伝送装置10b(1)から受信したか否かを判定する。制御部120aが異常を通知する信号を伝送装置10b(1)から受信したと判定した場合、伝送装置10b(2)の処理は、ステップS440に移る。一方、伝送装置10b(2)の制御部120aが異常を通知する信号を伝送装置10b(1)から受信しないと判定した場合、伝送装置10b(2)の処理は終了する。

【0107】

ステップS440では、制御部120aは、ステップS430で受信した通知に基づいて、レーザ光源に故障等の異常が発生したと判定されたトランスポンダTP2の動作を停止させる。制御部120aは、異常が発生したと判定されたトランスポンダTP2の動作を停止させることで、図3に示した状態3のように、強度PW1以上の強度に増幅された波長の光信号を含むWDM信号の伝送を回避し、伝送装置10b(1)の誤作動を回避できる。

【0108】

なお、制御部120aは、異常が発生したと判定されたトランスポンダTP2の動作を停止させる代わりに、トランスポンダTP2に接続されるVOA150bの減衰量を最大値に設定してもよい。これにより、VOA150bは、異常が発生したと判定されたトランスポンダTP2からの光信号を遮断する。この場合、伝送システム100bの管理者等は、トランスポンダTP2の交換とVOA150bの減衰量の再設定とを行い、伝送装置10b(2)を復旧させる。

【0109】

そして、伝送システム100bは、処理を終了する。なお、図8および図9に示した処理は、所定の時間間隔で繰り返し実行されることが好ましい。

【0110】

以上、図6から図9に示した実施形態では、伝送装置10bは、伝送路OFD、OFUを介して受信する光信号の強度を測定するとともに、測定された光信号の状態情報を送信元の伝送装置10bから取得する。伝送装置10bは、取得した状態情報に基づいて、送信元の伝送装置10bのトランスポンダTP1、TP2の異常を検出する。これにより、伝送装置10bは、チューナブルフィルタを用いることなくトランスポンダTP1、TP2の異常を検出することができ、チューナブルフィルタを含む光チャンネルモニタを用いないためコスト削減を図ることができる。

【0111】

また、送信元の伝送装置10bの制御部120aは、異常の通知を受けた場合、通知されたトランスポンダTP1、TP2を停止させる。これにより、図3に示した状態3のように、強度PW1以上の強度PW2に増幅された波長の光信号を含むWDM信号の伝送が回避できる。そして、受信側の伝送装置10bは、強度PW2に増幅された光信号を含むWDM信号を受信することで生じる誤作動を回避することができる。

【0112】

以上の詳細な説明により、実施形態の特徴点および利点は明らかになるであろう。これは、特許請求の範囲がその精神および権利範囲を逸脱しない範囲で前述のような実施形態の特徴点および利点にまで及ぶことを意図するものである。また、当該技術分野において通常の知識を有する者であれば、あらゆる改良および変更に容易に想到できるはずである。したがって、発明性を有する実施形態の範囲を前述したものに限定する意図はなく、実施形態に開示された範囲に含まれる適当な改良物および均等物に拠ることも可能である。

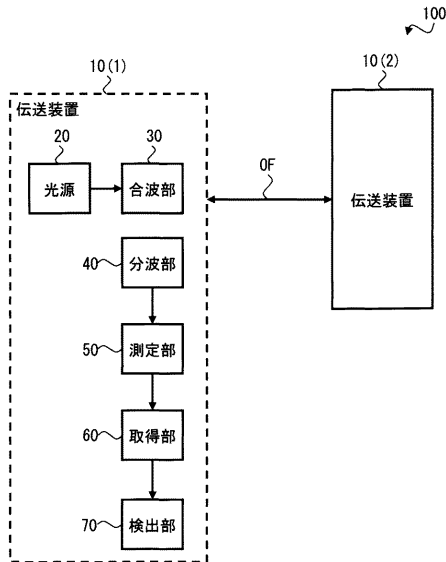
【符号の説明】

【0113】

10(1) - 10(2), 10a(1) - 10a(2), 10b(1) - 10b(N) ... 伝送装置; 20 ... 光源; 25(1) - 25(N), TP1(1) - TP1(M), TP2(1) - TP2(M) ... トランスポンダ; 30, 30a ... 合波部; 40, 40a ... 分波部; 45(1) - 45(N), 150a(1) - 150a(M), 150b(1) - 150b(M) ... VOA; 50 ... 測定部; 50a(1) - 50a(N), 50b(1) - 50b(N), 110a(1) - 110a(M), 110b(1) - 110b(M), 110c(1) - 110c(K), 110d(1) - 110d(M), 110e(1) - 110e(M), 110f(1) - 110f(K) ... PD; 60, 60a, 60b ... 取得部; 70, 70a, 70b ... 検出部; 80a, 80b, AMP1 - AMP4 ... 増幅器; 90, 190 ... 監視装置; 100, 100a, 100b ... 伝送システム; 120, 120a ... 制御部; 300a, 300b ... ネットワーク; MUX1, MUX2 ... 合波器; DEMUX1, DEMUX2 ... 分波器; OF, OF1, OF2, OFN1(1) - OFN1(2), OFN2(1) - OFN2(2), OFd(1) - OFd(N-1), OFu(1) - OFu(N-1) ... 伝送路

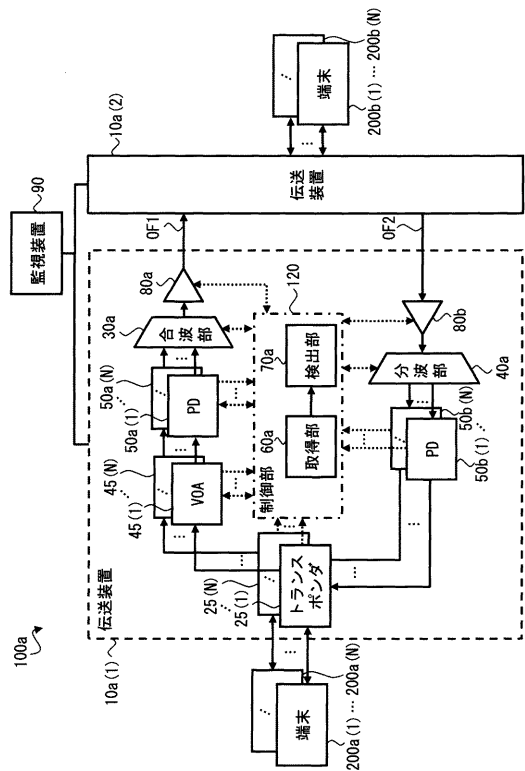
【図1】

伝送システムおよび伝送装置の一実施形態を示す図



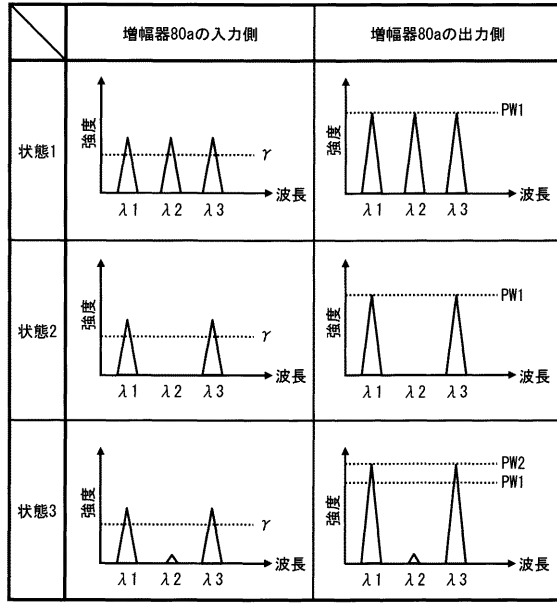
【図2】

伝送システムおよび伝送装置の別の実施形態を示す図



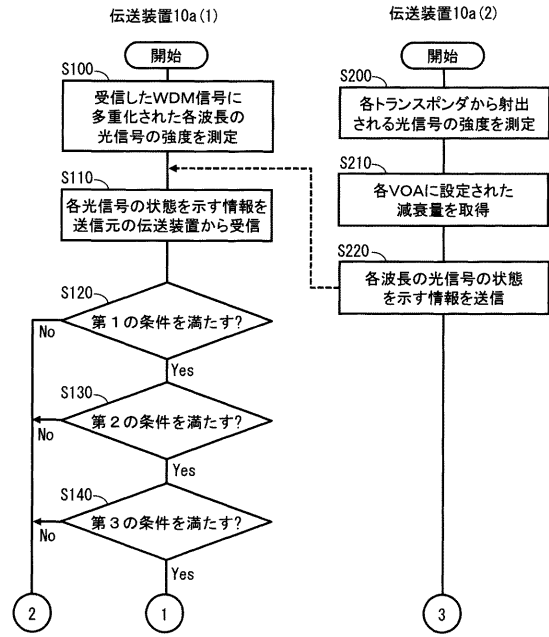
【 図 3 】

図3に示した制御部による増幅器に対する自動レベル制御の一例を示す図



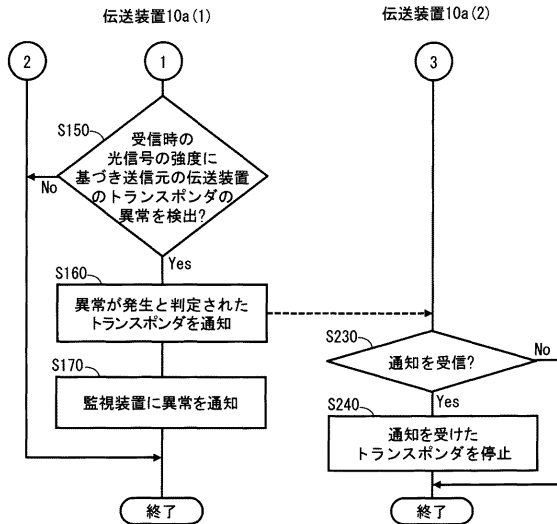
【 図 4 】

図2に示した伝送システムにおける故障の検出処理の一例を示す図



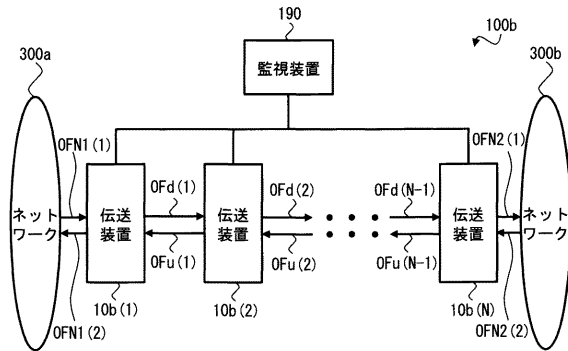
【 図 5 】

図2に示した伝送システムにおける故障の検出処理の一例を示す図 (図4の続き)



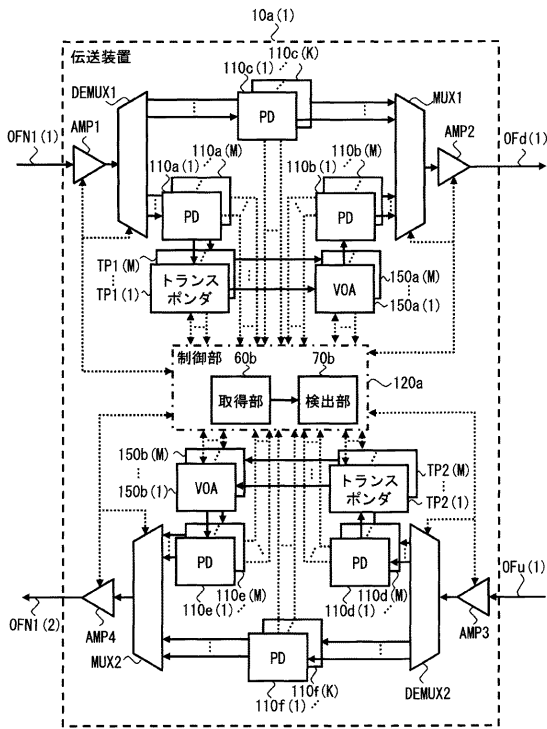
【 図 6 】

伝送システムおよび伝送装置の別の実施形態を示す図



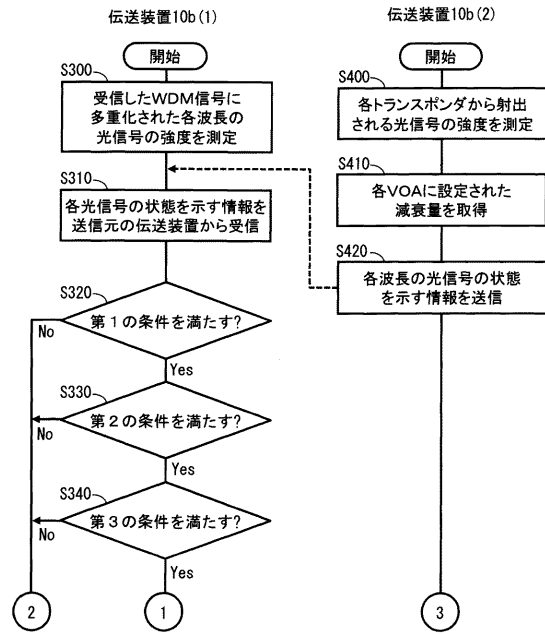
【 図 7 】

図6に示した伝送装置の一例を示す図



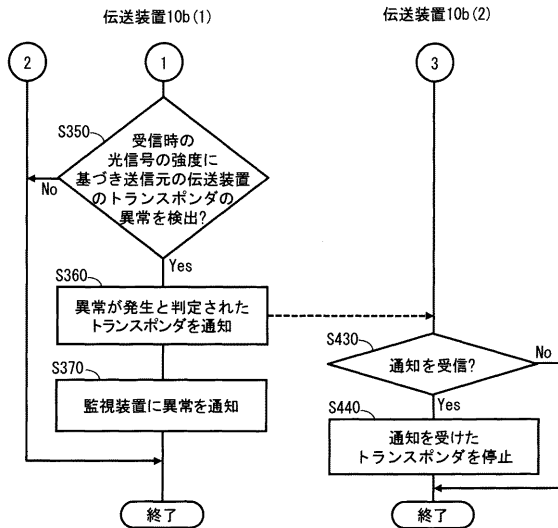
【 図 8 】

図6に示した伝送システムにおける故障の検出処理の一例を示す図



【 図 9 】

図6に示した伝送システムにおける故障の検出処理の一例を示す図 (図8の続き)



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 智之

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目17番3号 富士通テレコムネットワークス株式会社内

(72)発明者 田之中 康次

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目17番3号 富士通テレコムネットワークス株式会社内

(72)発明者 村上 翔一

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目17番3号 富士通テレコムネットワークス株式会社内

(72)発明者 黒岩 玲子

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目17番3号 富士通テレコムネットワークス株式会社内

(72)発明者 加瀬澤 彰秀

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目17番3号 富士通テレコムネットワークス株式会社内

(72)発明者 川口 明久

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目17番3号 富士通テレコムネットワークス株式会社内

(72)発明者 古閑 貴裕

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目17番3号 富士通テレコムネットワークス株式会社内

Fターム(参考) 5K102 AA11 AA42 AD01 LA04 LA14 LA21 LA38 MH02 MH13 MH22

PH11 PH47 PH48 RD28