

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6561445号
(P6561445)

(45) 発行日 令和1年8月21日(2019.8.21)

(24) 登録日 令和1年8月2日(2019.8.2)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 4 B	10/294	(2013.01)	HO 4 B 10/294
HO 4 J	14/02	(2006.01)	HO 4 J 14/02
HO 1 S	3/067	(2006.01)	HO 1 S 3/067
HO 1 S	3/10	(2006.01)	HO 1 S 3/10 D

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-202176 (P2014-202176)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成26年9月30日 (2014.9.30)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2016-72886 (P2016-72886A)	(74) 代理人	100092978 弁理士 真田 有
(43) 公開日	平成28年5月9日 (2016.5.9)	(72) 発明者	岡野 悟 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29年6月5日 (2017.6.5)	(72) 発明者	歩行田 祥人 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	鴨川 学

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光増幅装置、光伝送装置、及び、光伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の波長の光を含む波長多重光が入力され、前記波長多重光を増幅する光増幅装置において、

励起光を出力する励起光部と、

前記励起光のパワーレベルに応じて、前記波長多重光を増幅する光増幅部と、を有し、前記光増幅装置に入力される波長多重光の波長数は、前記光増幅装置に入力される可能性のある最大の波長数として設定された最大波長数以下の波長数であり、

前記励起光のパワーレベルを前記最大波長数に基づいて決定することで前記波長多重光の一波長あたりの増幅利得を増加させることを特徴とする光増幅装置。

10

【請求項 2】

前記励起光のパワーレベルを制御する制御部を備え、

前記制御部は、設定された前記最大波長数に基づいて、前記励起光のパワーレベルを制御する、請求項 1 に記載の光増幅装置。

【請求項 3】

前記最大波長数の設定は、前記光増幅装置を含む光ネットワークのマネージメントを行なうネットワークマネージメントシステムから前記制御部に対して行なわれる、請求項 2 に記載の光増幅装置。

【請求項 4】

前記最大波長数の設定は、前記光増幅装置に対して設定された、波長数の装置設定情報

20

に基づいて行なわれる、請求項 2 に記載の光増幅装置。

【請求項 5】

前記励起光のパワーレベルを制御する制御部と、
前記波長多重光の波長数をモニタするモニタと、を備え、
前記制御部は、前記モニタによってモニタされた波長数を基に、前記最大波長数の設定を行なう、請求項 1 に記載の光増幅装置。

【請求項 6】

前記制御部は、
前記モニタによってモニタされた波長数が前記設定した最大波長数を超えると、アラームを出力する、請求項 5 に記載の光増幅装置。

10

【請求項 7】

前記制御部は、
前記設定された最大波長数以下の波長数に応じて、前記波長多重光の波長間隔を拡大制御する、請求項 2 に記載の光増幅装置。

【請求項 8】

複数の波長の光を含む波長多重光が入力され、前記波長多重光を増幅する光増幅装置において、

励起光を出力する励起光部と、
前記励起光のパワーレベルに応じて、前記波長多重光を増幅する光増幅部と、を有し、
前記光増幅装置に入力される波長多重光の波長数は、前記光増幅装置に入力される可能性のある最大の波長数として設定された最大波長数以下の波長数であり、
前記光増幅部の出力光パワーレベルの設定値は、前記最大波長数に基づいて決定されることを特徴とする光増幅装置。

20

【請求項 9】

前記励起光のパワーレベルは、前記光増幅部の出力光パワーレベルの設定値に基づいて決定される、請求項 8 に記載の光増幅装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の光増幅装置を備えた光伝送装置。

【請求項 11】

複数の光伝送装置を備えた光伝送システムであって、
前記光伝送装置のいずれかが、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の光増幅装置を備えた光伝送装置である、光伝送システム。

30

【請求項 12】

前記光増幅装置を備えた光伝送装置は、光伝送損失が他の伝送区間よりも大きい伝送区間の送信側に配置された、請求項 11 に記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光増幅装置、光伝送装置、及び、光伝送システムに関する。

【背景技術】

40

【0002】

光通信技術分野においては、通信容量や伝送距離の拡大化が図られている。通信容量の拡大化には、例示的に、波長多重(WDM)伝送技術が用いられる。伝送距離の拡大化には、例示的に、エルビウム添加光ファイバ増幅器(EDFA)等の光増幅器が用いられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2001 - 86071 号公報

【特許文献 2】国際公開第 2010 / 107061 号

50

【特許文献3】特開2010-124266号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

光増幅器は、ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光等の雑音光が発生し易いため、信号光が光増幅器で増幅されると、信号光のOSNR (Optical Signal Noise Ratio) が劣化し易い。

【0005】

そのため、光伝送システムに、例えば、複数の光増幅器を適用して、信号光を多段増幅中継すると、信号光のOSNRが累積的に劣化し、光伝送システムの途中の伝送区間(「スパン」と称してもよい。)で許容値を下回ってしまうことがある。

10

【0006】

OSNRが許容値を下回ると、信号光の光そのものは受信できても、光受信器において、正しく復調、識別することができない。したがって、光増幅器を用いた伝送距離の拡大には限界がある。

【0007】

更なる伝送距離の拡大のために、光伝送システムに再生中継器を用いることがある。再生中継器は、受信した信号光をいったん電気信号に変換し、電気信号にて信号波形の整形等の信号再生処理を行ってから、再度、信号光に変換して送信(中継)する。これにより、信号光のOSNRを改善することができ、信号光の伝送距離拡大を図ることができる。

20

【0008】

しかし、再生中継器を光伝送システムに適用すると、光伝送システムのコストアップにつながる。例えば、100Gbps以上の信号光を再生中継可能な再生中継器は高価であり、光伝送システムへの導入はコストインパクトが大きい。

【0009】

一方、信号光のOSNRは、光増幅器の利得を高めて信号光の送信光パワーを高めることでも改善できる。しかし、WDM光伝送システムでは、波長多重数が増加するにつれて、1波長あたりの信号光の送信光パワーが低下する傾向にある。

【0010】

そのため、WDM光の伝送距離を、再生中継器を用いずに光増幅器の利得増加によって拡大するためには、WDM光の波長多重数に応じて光増幅器の励起光パワーを増加できればよい。

30

【0011】

励起光パワーの増加は、励起光源(例えば、半導体レーザーダイオード、LD)の数を増やしたり、高性能な高出力励起光源を適用したりすることで実現できるが、光増幅器のコストアップ、ひいては、光伝送システムのコストアップにつながる。

【0012】

1つの側面において、本発明の目的の1つは、波長多重光の伝送距離拡大を安価に実現できるようにすることにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0013】

1つの側面において、光増幅装置は、複数の波長の光を含む波長多重光が入力され、前記波長多重光を増幅する光増幅装置であって、励起光を出力する励起光部と、前記励起光のパワーレベルに応じて、前記波長多重光を増幅する光増幅部と、を備える。ここで、前記光増幅装置に入力される波長多重光の波長数は、前記光増幅装置に入力される可能性のある最大の波長数として設定された最大波長数以下の波長数であり、前記励起光のパワーレベルを前記最大波長数に基づいて決定することで前記波長多重光の一波長あたりの増幅利得を増加させる。

【0014】

50

また、1つの側面において、上記の光増幅装置は、光伝送装置に備えられてよい。更に、1つの側面において、上記の光増幅装置を備えた光伝送装置は、光伝送システムにおける複数の光伝送装置のいずれかであってよい。

【発明の効果】

【0015】

1つの側面として、波長多重光の伝送距離拡大を安価に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】一実施形態に係る光伝送システムの構成例を示すブロック図である。

【図2】図1に例示する光伝送装置の第1構成例(OADM)を示すブロック図である。

【図3】図1に例示する光伝送システムにおける、波長多重数に対する1波長あたりの出力光パワーの変化の一例を示す図である。

【図4】図1に例示する光伝送装置の第2構成例(ILA)を示すブロック図である。

【図5】図1に例示する光伝送装置の第3構成例(OADM)を示すブロック図である。

【図6】図1に例示する光伝送装置の第4構成例(OADM)を示すブロック図である。

【図7】図1に例示する光伝送装置の第5構成例(OADM)を示すブロック図である。

【図8】図1に例示する光伝送装置の第6構成例(OADM)を示すブロック図である。

【図9】図6に例示する光伝送装置における運用波長数監視処理の一例を示すフローチャートである。

【図10】図1に例示した複数ノードを経由する光経路に着目した光伝送システムの構成例を示すブロック図である。

【図11】図1に例示する光伝送システムにおける、波長数制限前後の伝送距離に応じた光パワーの変化(レベルダイヤグラム)の一例を示す図である。

【図12】図1に例示する光伝送システムにおける、波長数制限前後の伝送距離に応じたOSNRの変化の一例を示す図である。

【図13】図10において制限波長数に応じた送信光パワーの増加制御がノード単位で個別的实施されてよいことを説明するための図である。

【図14】図13に例示する制限波長数に応じた送信光パワーの増加制御の一例を示すフローチャートである。

【図15】図13に例示した光伝送システムの変形例を示すブロック図である。

【図16】図13に例示した光伝送システムにおいて、波長数制限スパンでは、WDM光における波長間隔を、波長数制限前の波長間隔よりも広げてよいことを説明するための図である。

【図17】図16に例示する波長間隔制御の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。ただし、以下に説明する実施形態は、あくまでも例示であり、以下に明示しない種々の変形や技術の適用を排除する意図はない。また、以下に説明する各種の例示的態様は、適宜に組み合わせて実施しても構わない。なお、以下の実施形態で用いる図面において、同一符号を付した部分は、特に断らない限り、同一若しくは同様の部分を表す。

【0018】

図1は、一実施形態に係る光伝送システムの構成例を示すブロック図である。図1に示す光伝送システム(「光ネットワーク」と称してもよい。)1は、例示的に、複数の光伝送装置2-1~2-n(#1~#n)(nは自然数であり、図1の例ではn=7である。)を備える。「光伝送装置」は、「ノード」あるいは「局」と称してもよい。ノード2-1~2-nを区別しなくてよい場合は、単に「ノード2」と表記することがある。

【0019】

ノード2間は、例示的に、光伝送路3によって光通信可能に接続されてよい。図1に例示する光ネットワーク1は、複数のノード2がメッシュ状に接続された光メッシュネット

10

20

30

40

50

ワークの一例である。ただし、光ネットワーク 1 は、リングネットワーク等の他の形態（「トポロジー」と称してもよい。）のネットワークであってもよい。

【0020】

ノード 2 間を接続する光伝送路 3 には、光ファイバを用いてよい。光伝送路 3 に用いる光ファイバは、SSMF（Standard Single Mode Fiber）、NZ-DSF（Non Zero Dispersion Sifted Fiber）、DSF（Dispersion Sifted Fiber）等のシングルモードファイバであってもよい。

【0021】

ノード 2 間の光通信は、双方向の光通信であってもよい。双方向の光通信では、光伝送路 3 は、双方向のそれぞれに対応する光ファイバのペアを含んでよい。光伝送路 3 を伝送される光は、例示的に、複数の波長（「チャンネル」と称してもよい。）の光が波長多重された波長多重光（WDM 光）であってもよい。

10

【0022】

ノード 2 のそれぞれは、図 1 中に点線で例示するように、NMS（Network Management System）4 と通信可能に接続されてよい。NMS 4 は、例示的に、いずれかのノード 2 との間で保守、運用、管理（OAM：Operation Administration and Maintenance）に関わる通信を行なってよい。当該通信は、OAM 通信と称してよい。

【0023】

OAM 通信には、いずれかのノード 2 に対する、WDM 光に含まれる波長数（別言すると、波長多重数）の設定や制御に関わる通信が含まれてよい。

20

【0024】

ノード 2 の一部又は全部は、受信した WDM 光を増幅する光増幅器を備えてよい。光増幅器は、例示的に、EDFA 等の希土類添加光ファイバ増幅器であってもよい。

【0025】

光増幅器は、当該光増幅器に入力される励起光によって WDM 光を増幅する。励起光のパワーレベルに応じて光増幅器の増幅利得が変化し、WDM 光の送信光パワー（レベル）が変化する。

【0026】

励起光のパワーレベル（以下、単に「励起光パワー」と称する。）は、光増幅器に入力される WDM 信号の波長多重数に基づいて決定されてよい。決定した励起光パワーに応じた送信光パワーで WDM 光がノード 2 から光伝送路 3 へ送信される。

30

【0027】

ここで、WDM 光の波長多重数は、光増幅器に入力される可能性のある最大波長多重数以下に設定（「制限」と称してもよい。）されることがある。最大波長多重数以下に設定（制限）された波長多重数は、「設定波長数」あるいは「制限波長数」と称してもよい。

【0028】

したがって、励起光のパワーレベルは、制限波長数に基づいて決定されてよい。制限波長数では、最大波長多重数時と同じか少ない励起光パワーであっても、1 波長あたりの増幅利得を増やすことが可能である。

【0029】

したがって、ノード 2 の 1 波長あたりの送信光パワーを、最大波長多重数時の送信光パワーよりも高く設定することができ、WDM 光の受信 OSNR を改善することができる。

40

【0030】

受信 OSNR の改善によって、WDM 光の伝送距離を拡大することができ、光ネットワーク 1 に必要とされる再生中継器の数を減らすことができる。よって、光ネットワーク 1 の低コスト化を図ることができる。

【0031】

また、1 波長あたりの送信光パワーを最大波長多重数時の送信光パワーよりも高く設定できるので、ノード 2 が本来は対応できない大きな伝送路損失に対応することも可能になる。

50

【 0 0 3 2 】

(ノード 2 の第 1 構成例)

図 2 は、上述したノード 2 の第 1 構成例を示すブロック図である。図 2 に示すノード 2 は、例示的に、光挿入分岐装置 (O A D M : Optical Add-Drop Multiplexer) であり、光増幅部 2 1、励起光源 2 2、分岐部 (ドロップ部) 2 3、合波部 (アド部) 2 4、光増幅部 2 5、励起光源 2 6、及び、制御部 2 7 を備える。なお、「光増幅部」を備えたノード 2 は、「光増幅装置」に相当すると捉えてもよい (以下、同様。) 。

【 0 0 3 3 】

光増幅部 2 1 は、「受信アンプ 2 1」あるいは「プリアンプ 2 1」と称してよく、例示的に、E D F A 等の希土類光ファイバ増幅器が適用されてよい。受信アンプ 2 1 は、光伝送路 3 から受信される W D M 光を、励起光源 2 2 から入力される励起光によって増幅する。励起光パワーに応じて受信アンプ 2 1 の増幅利得が変化し、受信アンプ 2 1 の出力光パワーが変化する。なお、受信アンプ 2 1 は、光伝送路 3 から W D M 光を受信する受信部に相当すると捉えてもよい。

10

【 0 0 3 4 】

分岐部 2 3 は、光増幅部 2 1 で増幅された受信 W D M 光に含まれるいずれか 1 又は複数の波長の光を、光受信器 5 へ分岐し、また、残りの波長の光を合波部 2 4 へ通過させる。

【 0 0 3 5 】

光受信器 5 へ分岐される光は「ドロップ光」と称してよい。「ドロップ光」の波長は「ドロップ波長」又は「受信波長」と称してよい。また、合波部 2 4 を通過する光は「スルー光」と称してよい。分岐部 2 3 は、例示的に、波長選択スイッチ (W S S) や光分岐カプラ等を用いて構成してよい。

20

【 0 0 3 6 】

光受信器 5 は、ドロップ光である光を受信、復調する。光受信器 5 には、複数波長の光が入力されても、希望する波長 (チャネル) の光を選択的に受信、復調することが可能な「コヒーレント光受信器」を用いてよい。

【 0 0 3 7 】

光受信器 5 で受信、復調された信号は、例示的に、トリビュータリネットワークのエレメントである伝送装置や通信機器に送信される。トリビュータリネットワークの一例は、S D H 又は S O N E T に準拠した同期デジタルネットワークや、イーサネット (登録商標) 等である。「S D H」は、「Synchronous Digital Hierarchy」の略称であり、「S O N E T」は、「Synchronous Optical NETwork」の略称である。

30

【 0 0 3 8 】

光送信器 6 は、光伝送路 3 を伝送される W D M 光に挿入する波長 (「アド波長」間又は「送信波長」と称してよい。) の光を生成して出力する。アド波長の光は、例示的に、トリビュータリネットワークのエレメントから受信した信号によってアド波長の光を光変調器 (図示省略) にて変調することで生成できる。アド波長の光は、例示的に、L D を用いた送信光源によって生成できる。送信光源に用いる L D は、波長可変の L D (チューナブル L D) であってよい。

【 0 0 3 9 】

光送信器 6 及び光受信器 5 は、それぞれ、アド波長数及びドロップ波長数に応じて複数設けられてよい。また、光送信器 6 及び光受信器 5 は、それぞれ、1 つのトランスポンダのエレメントであってよい。トランスポンダは、ノード 2 のエレメントとして位置付けられて構わない。

40

【 0 0 4 0 】

合波部 2 4 は、分岐部 2 3 からのスルー光に、光送信器 6 から送信されたアド波長の光を合波して、光増幅部 2 5 へ出力する。アド波長の光は、「アド光」と称してよい。合波部 2 4 は、例示的に、W S S や光合波カプラ等を用いて構成してよい。

【 0 0 4 1 】

光増幅部 2 5 は、「送信アンプ 2 5」あるいは「ポストアンプ 2 5」と称してよく、例

50

示的に、EDFA等の希土類光ファイバ増幅器が適用されてよい。送信アンプ25は、合波部24から入力されるWDM光を、励起光源26から入力される励起光によって増幅する。励起光パワーに応じて送信アンプ25の増幅利得が変化し、送信アンプ25の出力光パワー、別言すると、光伝送路3へのWDM光の送信光パワーが変化する。なお、送信アンプ25は、光伝送路3へWDM光を送信する送信部に相当すると捉えてもよい。

【0042】

励起光を出力する励起光部の一例である励起光源22及び26には、それぞれ例示的に、半導体レーザダイオード(LD)を用いてよい。そのため、「励起光源」は、「励起LD」と称してもよい。

【0043】

制御部27は、例示的に、励起LD22及び26の出力光パワー、すなわち、励起光パワーを、WDM光の波長多重数(例えば、制限波長数)に応じたパワーに設定、制御する。制御部27は、図2に例示するように、励起LD22及び26に対して共用であってもよいし個別であってもよい。

【0044】

励起LD22及び26の励起光パワーは、例示的に、WDM光の受信光パワー、送信光パワー、及び、受信波長数等に基づいて決定され、最大波長多重数での運用時にも所定の送信光パワーが得られるように設計される。

【0045】

ここで、図3に例示するように、光増幅部21及び25(別言すると、ノード2)の1波長あたりの出力可能な送信光パワーは、励起光パワーが同じであれば、WDM光の波長多重数が減少するにつれて増加する傾向にある。

【0046】

例えば、WDM光の波長多重数が40波長の場合と80波長の場合とを比較すると、同じ励起光パワーでは、40波長多重時の方が80波長多重時に比べて送信光パワーを3dB程度増加することができる。

【0047】

別言すると、WDM光の波長多重数が80波長よりも少ない40波長に設定(制限)されている状況では、80波長多重時と同じかあるいは少ない励起光パワーであっても、1波長あたりの送信光パワーを増加できる。

【0048】

したがって、制御部27は、ノード2に入力されるWDM光に対して設定されている波長多重数の情報を基に、励起光パワーを決定、制御することで、1波長あたりの送信光パワーを増加できる。

【0049】

別言すると、ノード2に入力されるWDM光の最大波長多重数は、ノード2の単位、別言すると、ノード2間の伝送区間(スパン)の単位で設定を変えてよい。ノード2単位で設定された最大波長多重の情報を、「最大波長数情報」あるいは「設定波長数情報」と称してよい。

【0050】

最大波長数情報に基づく励起光パワーの決定、制御によって、1波長あたりの送信光パワーを増加できるから、励起LD数を増やしたり高性能な高出力励起LDを用いたりしなくても、WDM光のOSNRを改善することができる。結果として、既存の励起光パワーを効率的に利用でき、安価にOSNRの改善を図ることができる。

【0051】

OSNRの改善によって、WDM光の伝送距離の拡大が可能になるので、光ネットワーク1への再生中継器の導入数を削減でき、長距離伝送可能な光ネットワーク1を安価に実現できる。

【0052】

(第1構成例の変形例)

10

20

30

40

50

なお、図 2 において、励起光パワーの制御対象は、励起 LD 2 2 及び 2 6 の双方又は一方でもよい。ノード 2 において、光伝送路 3 へ送信される WDM 光の 1 波長あたりの送信光パワーが増加できれば、送信光パワーの制御手法や制御対象は特に問わない（以下、同様。）。

【 0 0 5 3 】

また、WDM 光の設定波長数情報は、例示的に、NMS 4 から OAM 通信によってノード 2 の制御部 2 7 に与えられてよい。制御部 2 7 は、設定波長数情報の受信に応じて、上述した励起光パワーの設定、制御が実施可能である。

【 0 0 5 4 】

制御部 2 7 に与えられる情報は、「設定波長数情報」に代えて、例えば NMS 4 が設定波長数情報を基に求めた、対象ノード 2 の「送信光パワーの設定情報」や「励起光パワーの設定情報」であってもよい。「設定情報」は、「制御情報」と称してもよい。

10

【 0 0 5 5 】

別言すると、制御部 2 7 に与えられる情報は、ノード 2 が、光伝送路 3 へ送信する WDM 光の 1 波長あたりの送信光パワーを制御可能な情報であれば足りる。

【 0 0 5 6 】

また、制御部 2 7 に与えられる情報は、OAM 通信に限らず、SV (Supervisory) 光や OSC (Optical Supervisory Channel) 光等と称される光によってノード 2 間を伝達されてよい。したがって、NMS 4 による OAM 通信の対象は、光ネットワーク 1 における全てのノード 2 でなくても構わない。

20

【 0 0 5 7 】

上述した「第 1 構成例の変形例」は、以下に例示するノード 2 の第 2 ~ 第 6 構成例に対しても適用可能である。

【 0 0 5 8 】

(ノード 2 の第 2 構成例)

なお、図 2 に例示したノード 2 は、受信アンプ 2 1 及び送信アンプ 2 5 の双方を備えるが、いずれか一方が備えられない構成であってもよい。別言すると、上述した設定波長数情報に応じた励起光パワーの設定、制御は、受信アンプ 2 1 及び送信アンプ 2 5 の一方しか備えられないノード 2 にも適用可能である。

【 0 0 5 9 】

30

また、例えば図 4 に示すように、上述した設定波長数情報に応じた励起光パワーの設定、制御は、図 2 に例示したアドドロップ機能を具備しない中継ノード 2 に適用してもよい。中継ノード 2 は、インラインアンプ (ILA) ノード 2 と称してもよい。

【 0 0 6 0 】

ILA ノード 2 は、例示的に、光増幅部 2 1 a と、励起光源 (励起 LD) 2 2 a と、制御部 2 7 a と、を備える。

【 0 0 6 1 】

光増幅部 2 1 a は、入力側の光伝送路 3 から受信した WDM 光を、励起 LD 2 2 a から入力される励起光によって増幅する。

【 0 0 6 2 】

40

制御部 2 7 a は、既述の設定波長数情報を基に、励起 LD 2 2 a の出力光パワーを、光増幅部 2 1 a で増幅される WDM 光の設定波長数に応じたパワーに設定、制御する。

【 0 0 6 3 】

これにより、WDM 光の 1 波長あたりの送信光パワーを最大波長多重数での運用時よりも増加できる。したがって、WDM 光の OSNR を改善でき、安価に WDM 光の伝送距離拡大を図ることができる。

【 0 0 6 4 】

(ノード 2 の第 3 構成例)

図 2 の第 1 構成例において、設定波長数情報は、例えば図 5 に示すように、光増幅部 2 1 及び 2 5 の一方又は双方に与えられてもよい。光増幅部 2 1 及び 2 5 は、それぞれ、設

50

定波長数情報を基に、励起LD22及び26の励起光パワーを設定波長数に応じたパワーに設定、制御することが可能である。

【0065】

別言すると、図5の第3構成例は、図1に例示した制御部27としての機能が、光増幅部21及び25の一方又は双方に備えられた構成に相当する、と捉えてよい。

【0066】

(ノード2の第4構成例)

図2に例示した合波部24には、波長のクロスコネクト(XC)情報が設定されることがある。クロスコネクト情報には、WDM光に含まれ得る波長のうち、どの波長のアド光をWDM光にアドするかを識別可能な情報が含まれてよい。

10

【0067】

合波部24は、設定されたクロスコネクト情報を基に、設定に応じたアド波長の光をWDM光に対して適切にアドすることができる。クロスコネクト情報は、例示的に、合波部24に備えられたメモリ等の記憶装置や記憶媒体に記憶されてよい。

【0068】

ここで、クロスコネクト情報には、増幅対象のWDM光に含まれ得る波長の情報が示されるから、当該クロスコネクト情報から、WDM光の設定波長数情報を識別することが可能である。

【0069】

したがって、図6に例示する制御部27bは、合波部24に設定されているクロスコネクト情報を取得することで、取得した設定波長数情報を基に、励起光パワーを設定波長数に応じたパワーに設定、制御することが可能である。

20

【0070】

なお、クロスコネクト情報は、WDM光の設定波長数情報を識別可能な情報の一例であり、ノード2の装置設定情報(「プロビジョニング情報」と称してもよい。)の1つに相当すると捉えてよい。別言すると、制御部27bは、クロスコネクト情報に限らず、装置設定情報からWDM光の設定波長数情報を識別してもよい。

【0071】

(ノード2の第5構成例)

図2に例示した合波部24の後段には、例えば図7に示すように、光チャネルモニタ(OCM)28が備えられることがある。OCM28は、WDM光に含まれる波長毎に光パワーレベル等をモニタすることが可能である。なお、OCM28は、合波部24に内蔵されていてもよい。

30

【0072】

OCM28によってモニタされた情報(「モニタ情報」と称してもよい。)は、例えば、合波部24での各波長の光パワーレベルを波長単位で制御するための情報として用いられてよい。

【0073】

例えば、合波部24に、波長単位に光減衰量を可変できるVOA(Variable Optical Attenuation)機能付きのWSSが適用されることがある。この場合、OCM28のモニタ情報を基に、WSSの光減衰量(「VOAロス」と称してもよい。)を波長単位に制御することで、WDM光の波長単位に光パワーレベルを調整することが可能である。

40

【0074】

VOA機能付きのWSSの一例は、LCOs(Liquid Crystal on Silicon)技術やMEMS(Micro Electro Mechanical System)技術を用いた空間光変調素子である。空間光変調素子は、入力された光(ビーム)の反射方向を空間的に可変して内部的な光経路を変えることで、波長選択(光スイッチ)機能と、VOA機能と、を実現できる。

【0075】

ノード2に、OCM28が備えられている場合、OCM28のモニタ情報から、光増幅部25で増幅されるWDM光の設定波長数情報を識別することができる。したがって、図

50

7に例示する制御部27cは、識別した設定波長数情報を基に、励起光パワーを設定波長数に応じたパワーに設定、制御することが可能である。

【0076】

(ノード2の第6構成例)

図7に例示したOCM28は、例えば図8に示すように、光増幅部25の後段(あるいは内部でもよい。)に備えられることもある。ただし、OCM28は、合波部24の後段(あるいは内部)と、光増幅部25の後段(あるいは内部)と、のそれぞれに備えられても構わない。

【0077】

図8に例示するOCM28は、光増幅部25の出力光パワーレベル、別言すると、光伝送路3への送信光パワーレベルを、WDM光の波長単位でモニタすることが可能である。当該OCM28のモニタ情報は、光増幅部25の増幅利得をフィードバック制御するための情報として用いられてよい。

【0078】

図8に例示する制御部27dは、当該OCM28のモニタ情報から、光増幅部25で増幅されるWDM光の設定波長数情報を識別することができる。したがって、制御部27dは、識別した設定波長数情報を基に、励起光パワーを設定波長数に応じたパワーに設定、制御することが可能である。

【0079】

なお、図7及び図8に示した構成例では、WDM光の設定波長数情報を取得あるいは識別可能なモニタ28の一例としてOCMを例示したが、モニタ28は、光スペクトラムアナライザ等の他の測定機器であってもよい。

【0080】

(運用波長数監視)

図6～図8に示した構成例では、クロスコネクト情報やモニタ情報から取得あるいは識別した波長数(以下、便宜的に「運用波長数」と称することがある。)が、所期の設定波長数以下になっているか否かを監視することができる。「所期の設定波長数」は、例示的に、運用可能な最大波長数としてノード2に設定(制限)された波長数を意味する。

【0081】

監視の結果、運用波長数が所期の設定波長数を超過している場合、ノード2は、アラームを例えばNMS4や外部機器宛に発出してよい。当該監視及びアラーム発出の機能は、既述の制御部27b、27c又は27dに備えられてもよいし、合波部24に備えられてもよい。

【0082】

図9に、図6の構成例での運用波長数監視処理の一例を示す。図9に例示するように、WDM光の波長多重数を増やす際には、合波部24に対して波長増設に応じた接続設定が行なわれる(処理P11)。当該接続設定は、例えば既述のクロスコネクト情報に反映される。

【0083】

制御部27bは、当該クロスコネクト情報から、合波部24において実際に接続設定されている運用波長数を識別できる(処理P12)。制御部27bは、識別した運用波長数が所期の設定波長数以下であるか否かをチェックする(処理P13)。

【0084】

チェックの結果、運用波長数が所期の設定波長数以下であれば(処理P13でYesの場合)、制御部27bは、処理P11での接続設定を許容して処理を終える。

【0085】

一方、運用波長数が所期の設定波長数を超過していれば(処理P13でNoの場合)、制御部27bは、処理P11での接続設定を拒否し、アラームを例えばNMS4や外部機器宛に発出する(処理P14)。

【0086】

10

20

30

40

50

このように、制御部 27b は、ノード 2（例えば、合波部 24）に対して運用波長数が適切に設定されているか否かをチェックすることができるので、所期の設定波長数を超過してしまうような誤設定を防止することができる。したがって、誤設定によって WDM 光の伝送性能が劣化することを防止できる。

【0087】

なお、図 7 及び図 8 に示した構成例では、OCM 28 のモニタ情報から運用波長数を識別可能である。したがって、例えば、制御部 27c 又は 27d が、識別した運用波長数を基に、上述した監視処理（接続設定拒否やアラーム発出）を実施可能である。

【0088】

（光伝送システム 1 への第 1 適用例）

図 10 は、図 1 に例示したノード 2 - 1 ~ 2 - 5 をそれぞれ経由する光経路に着目した光伝送システム 1 の構成例を示すブロック図である。ノード 2 - 1 ~ 2 - 5 は、それぞれ、OADM ノード、ILA ノード、及び、HUB ノードのいずれであっても構わない。

【0089】

図 10 の例において、ノード 2 - 1 からノード 2 - 5 に向けて伝送される WDM 光の運用波長数が 80 波長から 40 波長に制限されると仮定する。

【0090】

図 11 に、波長数制限前後の伝送距離に応じた光パワーの変化（レベルダイヤグラム）の一例を示し、図 12 に、波長数制限前後の伝送距離に応じた OSNR の変化の一例を示す。なお、図 11 及び図 12 において、点線で示す変化（特性）が波長数制限前の変化を示し、実線で示す変化（特性）が波長数制限後の変化を示す。

【0091】

図 10 及び図 11 に例示するように、各ノード 2 は、それぞれ、既述のとおり励起光パワーを制限波長数（40 波長）に応じたパワーに設定、制御するので、各ノード 2 の 1 波長あたりの送信光パワーが 80 波長の場合よりも増加する。

【0092】

したがって、図 12 に例示するように、WDM 光の OSNR も 80 波長の場合よりも改善され、受信 OSNR が所定の許容レンジの下限値を下回らずに到達可能なノード数を増やすことができる。なお、「下限値」は、受信した信号光を例えばシンボル単位で正しく復調、識別することが可能な「識別基準（あるは判定基準）」と称してもよい。

【0093】

例えば図 12 において、80 波長多重時には、ノード 2 - 1 からノード 2 - 3 までは受信 OSNR が識別基準を下回らないため、受信した信号光を正しく復調、識別できる。しかし、ノード 2 - 3 よりも下流のノード 2 - 4 及び 2 - 5 では、受信 OSNR が識別基準を下回ってしまうため、受信した信号光を正しく復調、識別できない。そのため、例えばノード 2 - 3 を、再生中継機能を搭載した再生中継ノードとする必要がある。

【0094】

これに対し、40 波長多重時には、受信 OSNR が改善されているため、例えば、ノード 2 - 4 及び 2 - 5 でも、受信 OSNR が識別基準を下回らなくなり、受信した信号光を正しく復調、識別できる。

【0095】

したがって、ノード 2 - 1 からノード 2 - 5 まで、再生中継無しに、WDM 光を伝送できる。よって、安価に長距離伝送が可能な光ネットワーク 1 を構築できる。

【0096】

なお、上述した制限波長数に応じた送信光パワーの増加制御は、ノード 2 単位で個別的实施してもよい。図 13 に、その一例を示す。図 13 には、ノード 2 - 1 ~ 2 - 5 のうち、ノード 2 - 2 とノード 2 - 3 との間（スパン # 2）の伝送路損失が、他のスパン # 1、# 3 及び # 4 に比べて大きい場合を例示している。

【0097】

伝送路損失が他のスパン # 1、# 3 及び # 4 よりも大きいスパン # 2 では、OSNR が

10

20

30

40

50

他のスパン # 1、# 3 及び # 4 よりも劣化し易い。受信端ノード（例えば、ノード 2 - 5）での受信 O S N R の劣化量は、伝送路損失が大きなスパンでの劣化量が支配的となる。

【 0 0 9 8 】

そこで、例えば、伝送路損失が他よりも大きなスパン # 2 の送信ノードに相当するノード 2 - 2 に限って、既述の制限波長数（例えば、40 波長）に応じた送信光パワーの増加制御を実施してよい。これにより、スパン # 2 に再生中継ノードを設置しなくても済むか、あるいは、設置が必要でも、その設置数を削減できる。

【 0 0 9 9 】

一方、ノード # 2 - ノード # 3 間のスパン # 2 以外のスパン # 1、# 3 及び # 4 では、伝送路損失がスパン # 2 よりも小さいため、波長数制限無し（例えば、最大 80 波長）での W D M 光伝送をサポート可能である。

10

【 0 1 0 0 】

例えば、ノード # 1 からノード # 5 の間の各スパン # 1 ~ # 4 では、最大 40 波長の W D M 光伝送を行ない、スパン # 2 を除いたスパン # 1、# 3 及び # 4 では、更に最大 40 波長（合計で最大 80 波長）の W D M 光伝送を行なうことが可能となる。

【 0 1 0 1 】

（送信光パワー設定例）

N M S 4 によって各ノード 2 が集中的に監視されている光ネットワーク 1 では、N M S 4 において、相対的に他のスパンよりも伝送路損失が大きい（例えば、最大の）スパンを識別可能である。スパンの O S N R の劣化量は、当該スパンの伝送路損失が支配的であると捉えてよい。

20

【 0 1 0 2 】

光ネットワーク 1 の伝送路損失情報には、光ネットワーク 1 のスパン毎の伝送路損失情報（「スパン損失情報」と称してよい。）が含まれてよい。伝送路損失情報は、光ネットワーク 1 の伝送性能を示す指標（パラメータ）の一例である。

【 0 1 0 3 】

当該指標（パラメータ）は、「ネットワークパラメータ」と称してよい。ネットワークパラメータには、例示的に、送信アンプ 2 5 の出力光パワーや増幅特性を示す情報、光伝送路 3 の種別情報（例えば、S S M F や N Z - D S F、D S F 等）が含まれてよい。受信アンプ 2 1 が備えられるノード 2 については、当該受信アンプ 2 1 の出力光パワーや増幅特性を示す情報が、ネットワークパラメータに含まれてよい。

30

【 0 1 0 4 】

N M S 4 は、例示的に、以上のようなネットワークパラメータを記憶、管理している。N M S 4 は、図 1 4 に例示するように、ネットワークパラメータを取得することで（処理 P 2 1）、伝送路損失が最大のスパン、別言すると、O S N R の劣化量が最大のスパンを識別する（処理 P 2 2）。当該スパンが、既述の波長数制限のターゲットスパンであり、「波長数制限スパン」と称してよい。波長数制限スパンは、図 1 3 に例示したスパン # 2 に相当する。

【 0 1 0 5 】

N M S 4 は、図 1 3 に例示したように、識別した波長数制限スパン # 2 の送信ノード 2 - 2 における送信アンプ 2 5 の出力光パワーを決定し（処理 P 2 3）、決定した出力光パワーに応じた励起光パワーの設定情報を送信ノード 2 - 2 宛に送信する（処理 P 2 4）。

40

【 0 1 0 6 】

波長数制限スパン # 2 の送信ノード 2 - 2 は、N M S 4 から受信した設定情報に従って、励起 L D 2 6 の励起光パワーを設定、制御することで、送信アンプ 2 5 の出力光パワーを制御する（処理 P 2 5）。

【 0 1 0 7 】

以上のようにして、O S N R の劣化量が最大の波長数制限スパンに対する、制限波長数に応じた送信光パワー制御を、光ネットワーク 1 において自動化することができる。

【 0 1 0 8 】

50

なお、かかる自動設定によっても、光パスの受信端に相当する受信ノード 2 - 5 において、所要の受信 OSNR が達成できないことがある。この場合、NMS 4 は、例えば、所要 OSNR が達成されるまで、2 番目、3 番目、・・・というように OSNR の劣化量が大きいスパンを順次に識別して出力光パワー設定情報を送信ノード 2 宛に送信すればよい。

【 0 1 0 9 】

このようにして、必要最低限の設定で受信ノード 2 において所要 OSNR を達成することが可能となる。OSNR の劣化量が他よりも相対的に大きいスパンは、スパン損失情報を基に識別可能であるが、既述の他のネットワークパラメータを加味することで、より高精度な識別が可能になる。したがって、波長数制限スパンの選定、送信光パワー制御の最適化精度を向上できる。

10

【 0 1 1 0 】

(光伝送システム 1 への第 2 適用例)

図 1 5 は、図 1 3 に例示した光ネットワーク 1 の変形例を示すブロック図である。図 1 5 に示す光ネットワーク 1 は、図 1 3 の構成例に比して、例示的に、ノード 2 - 1 とノード 2 - 4 との間に、ノード 2 - 2 - 1、ノード 2 - 2 - 2、ノード 2 - 3 - 1、及び、ノード 2 - 3 - 2 を備える点が異なる。

【 0 1 1 1 】

ノード 2 - 2 - 1 (# 2 - 1) は、図 1 3 に例示したノード 2 - 2 (# 2) に相当し、ノード 2 - 3 - 1 (# 3 - 1) は、図 1 3 に例示したノード 2 - 3 (# 3) に相当すると捉えてよい。

20

【 0 1 1 2 】

ノード 2 - 2 - 2 (# 2 - 2) は、ノード # 1 からノード # 5 への方向の光通信に着目すると、例示的に、ノード 2 - 2 - 1 (# 2 - 1) の分岐部 2 3 (例えば図 2 及び図 5 ~ 図 8 参照) に、例えば光ファイバにて接続 (「 HUB 接続 」 と称してよい。) される。ノード # 1 からノード # 5 への方向は便宜的に「ダウンストリーム」と称してよい。

【 0 1 1 3 】

なお、ノード # 5 からノード # 1 への逆方向の光通信に着目すれば、ノード # 2 - 2 は、例示的に、ノード # 2 - 1 の合波部 2 4 に HUB 接続されてよい。「ダウンストリーム」の逆方向は、便宜的に、「アップストリーム」と称してよい。

30

【 0 1 1 4 】

一方、ノード 2 - 3 - 2 (# 3 - 2) は、ダウンストリームの光通信に着目すると、例示的に、ノード 2 - 3 - 1 の合波部 2 4 (例えば図 2 及び図 5 ~ 図 8 参照) に HUB 接続される。なお、アップストリームの光通信に着目すれば、ノード # 3 - 2 は、例示的に、ノード # 3 - 1 の分岐部 2 3 に HUB 接続されてよい。

【 0 1 1 5 】

HUB 接続されたノード # 2 - 2 及びノード # 3 - 2 は、それぞれ、便宜的に「HUB ノード # 2 - 2 及び # 3 - 2」と称してよい。

【 0 1 1 6 】

また、HUB ノード # 2 - 2 及び # 3 - 2 の間 (スパン # 5) は、例示的に、光伝送路 3 にて接続されている。当該光伝送路 3 の伝送路損失は、例示的に、ノード # 2 - 1 とノード # 3 - 2 との間 (スパン # 2) の伝送路損失と同様に、他のスパン # 1、# 3 及び # 4 よりも大きいと仮定してよい。スパン # 2 の伝送路損失と、スパン # 5 の伝送路損失とは、同じでもよいし、異なってもよい。

40

【 0 1 1 7 】

なお、ノード # 2 - 1 とノード # 2 - 2 とは、個別のノード 2 に相当すると捉えてもよいし、1 つのノード 2 を成すと捉えてもよい。同様に、ノード # 3 - 1 とノード # 3 - 2 とは、個別のノード 2 に相当すると捉えてもよいし、1 つのノード 2 を成すと捉えてもよい。

【 0 1 1 8 】

50

ダウンストリームに着目すると、ノード# 2 - 1は、分岐部 2 3にて、ノード# 1から受信したWDM光(例示的に、80波長)の一部の波長(例示的に、40波長)の光を、HUB接続を介して、HUBノード# 2 - 2へドロップすることが可能である。なお、残りの光は、ノード# 3 - 1へスルーされる。

【0119】

HUBノード# 2 - 2は、ノード# 2 - 1でドロップされた光(例示的に、40波長のWDM光)を、HUB接続を介して受信可能であり、受信した光をHUBノード# 3 - 2へ光伝送路3を介して送信可能である。

【0120】

また、HUBノード# 3 - 2は、HUBノード# 2 - 2から受信した光を、HUB接続を介して、ノード# 3 - 1の合波部24へ送信可能である。

10

【0121】

ノード# 3 - 1は、ノード# 2 - 1をスルーしてきた光と、HUBノード# 3 - 2から受信される光と、を合波部24にて合波して下流のノード# 4へ送信することが可能である。

【0122】

アップストリームについては、ノード# 3 - 1でWDM光の一部がノード# 3 - 2へドロップされ、ノード# 2 - 2を介してノード# 2 - 1へ送信される。そして、ノード# 2 - 1において、ノード# 3 - 1をスルーしてきた光と、ノード# 2 - 2から受信される光と、が合波されてノード# 1へ送信される。

20

【0123】

図15に例示するネットワーク構成において、波長数制限スパンは、他よりも伝送路損失が大きいスパン# 2及び# 5となる。

【0124】

したがって、ダウンストリームについては、スパン# 2の送信ノード# 2 - 1と、スパン# 5の送信ノード# 2 - 2とが、制限波長数に応じた送信光パワー制御のターゲットノードに該当する。

【0125】

アップストリームについては、スパン# 2の送信ノード2はノード# 3 - 1であり、スパン# 5の送信ノード2はHUBノード# 3 - 2である。

30

【0126】

波長数制限スパンの識別、及び、ターゲットノード2への励起光パワーの設定情報の送信は、図14に例示したフローチャートと同様の処理によって実現可能である。

【0127】

以上により、図15のネットワーク構成例では、スパン# 2及び# 5について、既述の制限波長数(例えば、最大40波長)に応じた送信光パワーの増加制御が実施される。これにより、スパン# 2及び# 5に再生中継ノードを設置しなくても済むか、あるいは、設置が必要でも、その設置数を削減できる。

【0128】

一方、スパン# 2及び# 5を除いたスパン# 1、# 3及び# 4では、伝送路損失がスパン# 2及び# 5よりも小さいため、波長数制限無し(例えば、最大80波長)でのWDM光伝送をサポート可能である。

40

【0129】

例えば、各スパン# 1~# 5では、最大40波長のWDM光伝送を行ない、スパン# 2及び# 5を除いたスパン# 1、# 3及び# 4では、更に最大40波長(合計で最大80波長)のWDM光伝送を行なうことが可能となる。

【0130】

これにより、全ノード(# 1~# 5)間で、最大波長多重数(例えば、80波長)によるWDM光伝送が可能になる。

【0131】

50

(波長間隔変更)

既述の波長数制限スパンでは、WDM光における波長間隔(「波長グリッド」と称してもよい。)を、波長数制限前の波長間隔よりも広げることが可能である。

【0132】

例えば図16に示すように、スパン#1~#4のうち、波長数制限スパン#2を除いたスパン#1、#3及び#4では、50GHzの波長間隔で配置された最大80波長のWDM光を伝送する。

【0133】

一方、波長数制限スパン#2では、例示的に、50GHzよりも広い100GHzの波長間隔で配置された最大40波長のWDM光を伝送することが可能である。

10

【0134】

このように波長数制限スパン#2を伝送されるWDM光の波長間隔を広げることで、既述のOSNRの改善効果に加えて、XPMやFWM等の非線形ペナルティの低減が可能となる。したがって、光伝送性能を更に改善することができる。なお、「XPM」は、相互位相変調(cross-phase modulation)の略称であり、「FWM」は、四光波混合(four-wave mixing)の略称である。

【0135】

(波長間隔監視制御)

図17に、図16により上述した波長間隔制御の一例を示す。なお、図17に例示するフローチャートの処理は、例示的に、波長数制限スパン#2の送信ノード#2において実施されてよい。

20

【0136】

例えば、既述の制御部27及び制御部27b~27dのいずれかによって、図17のフローチャートが実施されてよい。以下、制御部27及び制御部27b~27dは、便宜的に「制御部27」と総称する。

【0137】

図17に例示するように、WDM光の波長多重数を増やす際には、合波部24に対して波長増設に応じた接続設定が行なわれる(処理P31)。当該接続設定は、例えば既述のクロスコネクタ情報に反映される。

【0138】

制御部27は、当該クロスコネクタ情報、あるいは、モニタ28のモニタ情報から、運用波長数及び波長間隔を識別できる(処理P32)。制御部27は、識別した運用波長数が所期の設定波長数以下であるか否かをチェックする(処理P33)。

30

【0139】

チェックの結果、識別した運用波長数が所期の設定波長数以下であれば(処理P33でYesの場合)、制御部27は、更に、識別した波長間隔が所定の間隔(図16の例では、100GHz間隔)になっているか否かをチェックする(処理P34)。

【0140】

チェックの結果、波長間隔が所定間隔になっていなければ(処理P34でNoの場合)、制御部27は、例えば光送信器6に対して所定間隔を示す波長設定情報を通知する(処理P35)。

40

【0141】

光送信器6は、制御部27から通知された波長設定情報によって識別される波長間隔となるように送信波長を制御する(処理P36)。送信波長の制御は、例示的に、既述のチューナブルLDの発光波長の制御によって実現できる。なお、光送信器6に通知する情報は、波長設定情報に代えて、波長設定情報によって識別される波長間隔に応じた送信波長の制御情報であってもよい。

【0142】

このようにして、波長数制限スパン#2の送信ノード#2において、制限波長数での波長間隔の監視及び制御が可能となる。したがって、既述のとおり、OSNRの改善と非線

50

形ペナルティの低減とによる光伝送性能の改善が可能になる。

【0143】

なお、図17の処理P33において、運用波長数が所期の設定波長数を超えていれば（処理P33でNoの場合）、制御部27は、処理P33での接続設定を拒否してよい。例示的に、制御部27は、増設波長に対応する送信光源をシャットダウン制御して、アラームを例えばNMS4や外部機器宛に発出してよい（処理P37）。

【0144】

なお、上述した波長間隔監視制御は、NMS4によって実施されてもよい。NMS4が波長間隔監視制御を実施することで、波長数制限スパン#2の送信ノード#2に限らず、いずれのノード2の送信波長間隔も制御対象にできる。

10

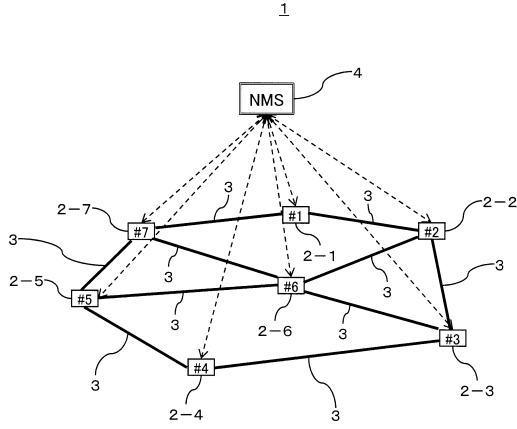
【符号の説明】

【0145】

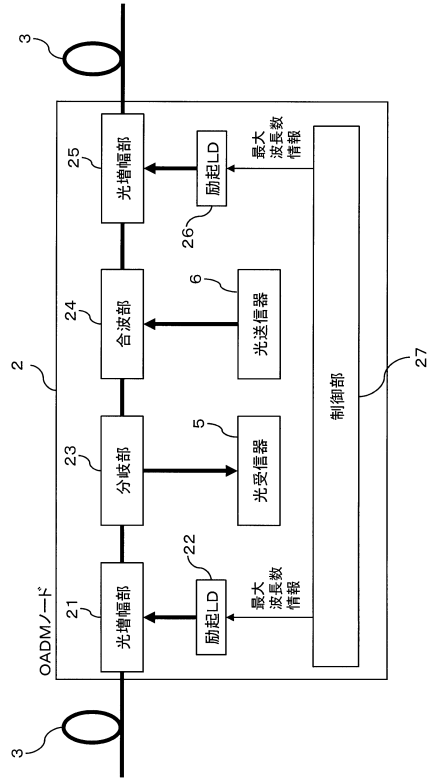
- 1 光伝送システム（光ネットワーク）
- 2 - 1 ~ 2 - n（#1 ~ #n） 光伝送装置（ノード）
- 2 - 2 - 1, 2 - 2 - 2, 2 - 3 - 1, 2 - 3 - 2 光伝送装置（ノード）
- 3 光伝送路
- 4 NMS
- 5 光受信器
- 6 光送信器
- 21 光増幅部（受信アンプ、プリアンプ）
- 21a 光増幅部
- 22, 22a, 26 励起光源
- 23 分岐（ドロップ）部
- 24 合波（アド）部
- 25 光増幅部（送信アンプ、ポストアンプ）
- 27, 27a, 27b, 27c, 27d 制御部
- 28 モニタ（OCM）

20

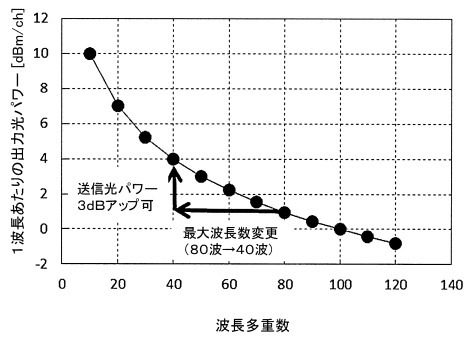
【図1】



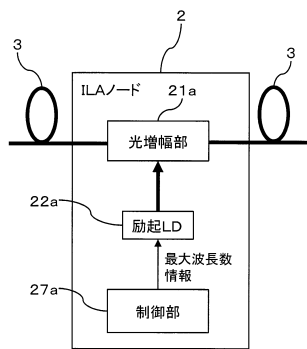
【図2】



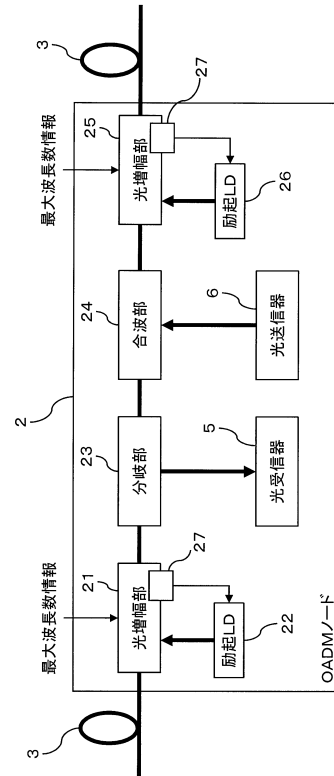
【図3】



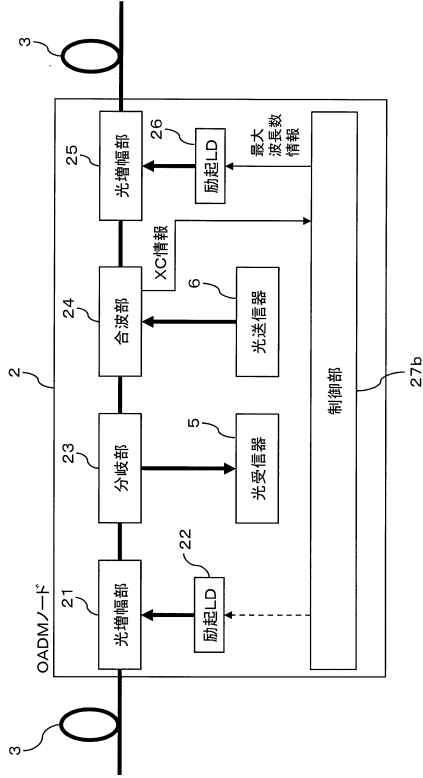
【図4】



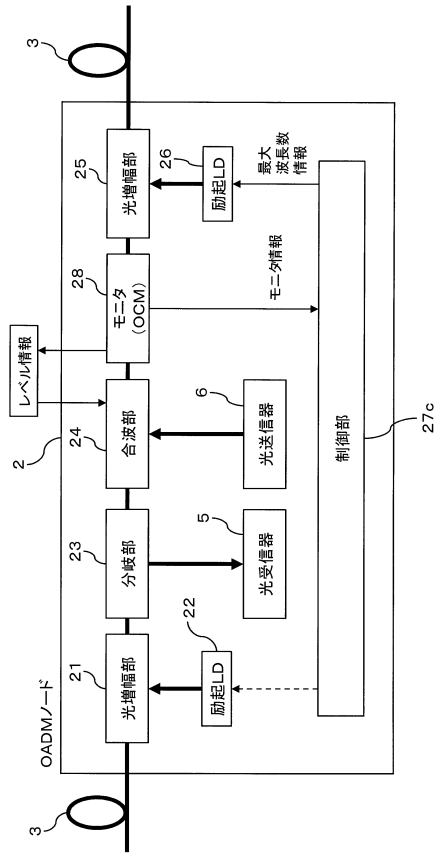
【図5】



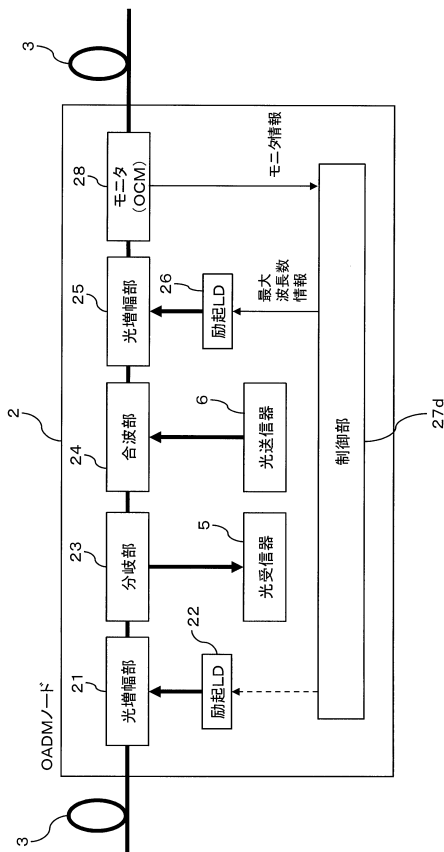
【図6】



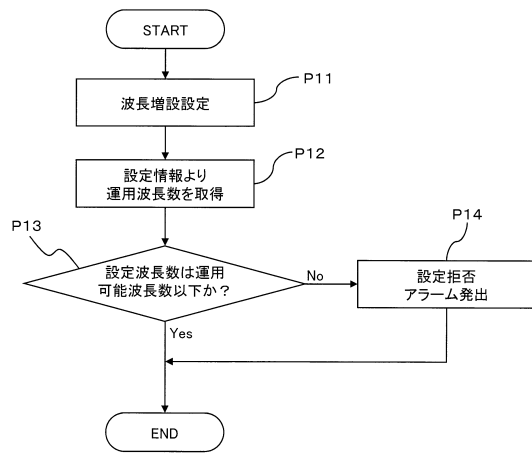
【図7】



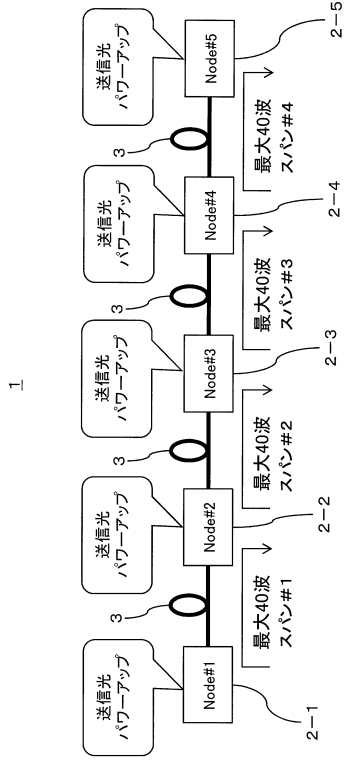
【図8】



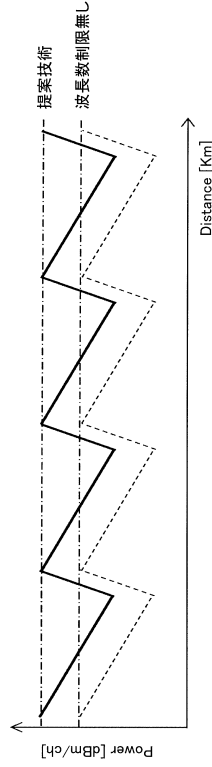
【図9】



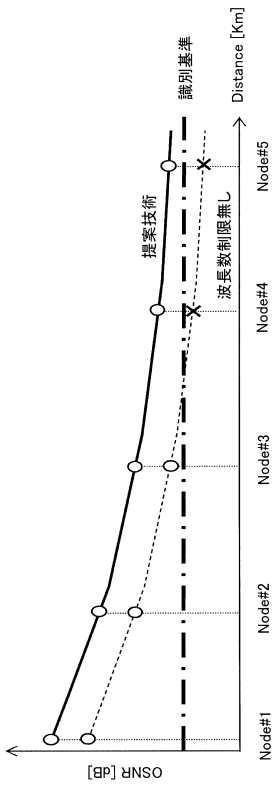
【図10】



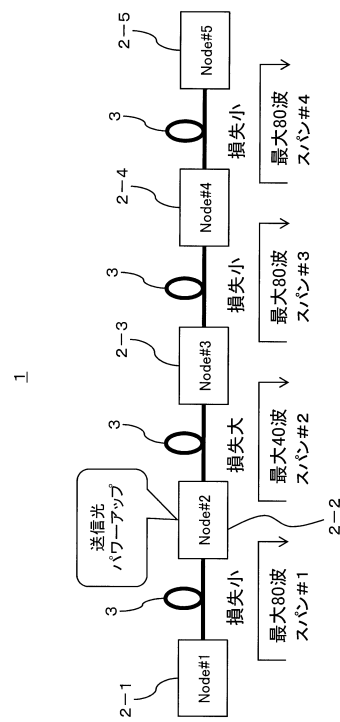
【図11】



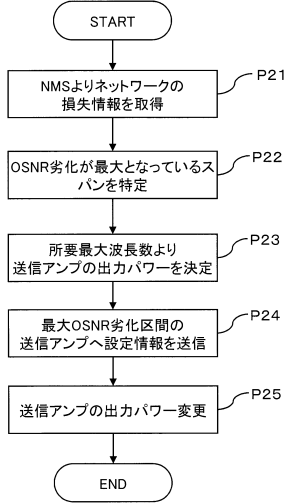
【図12】



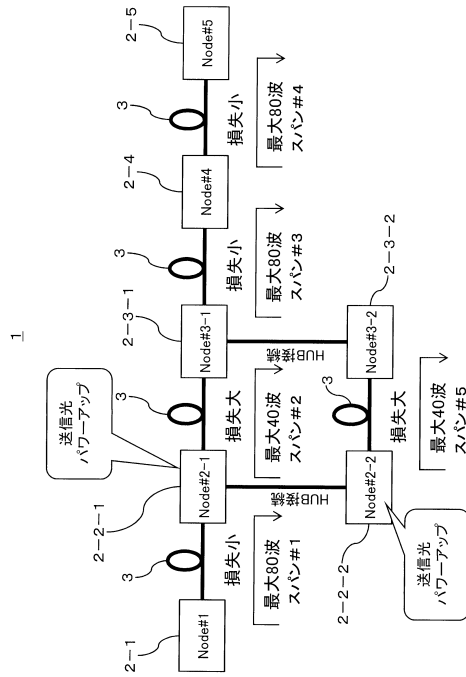
【図13】



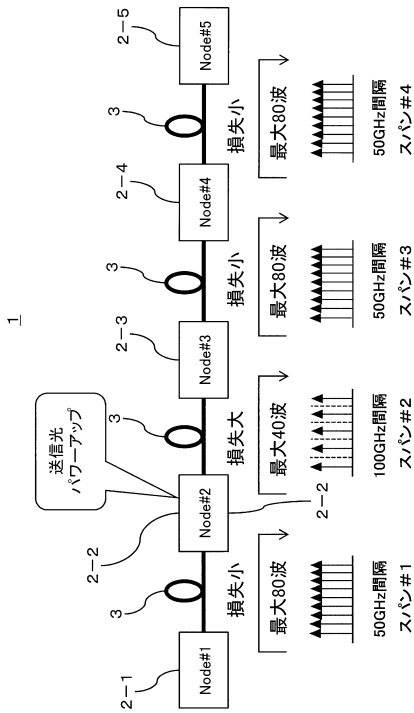
【図14】



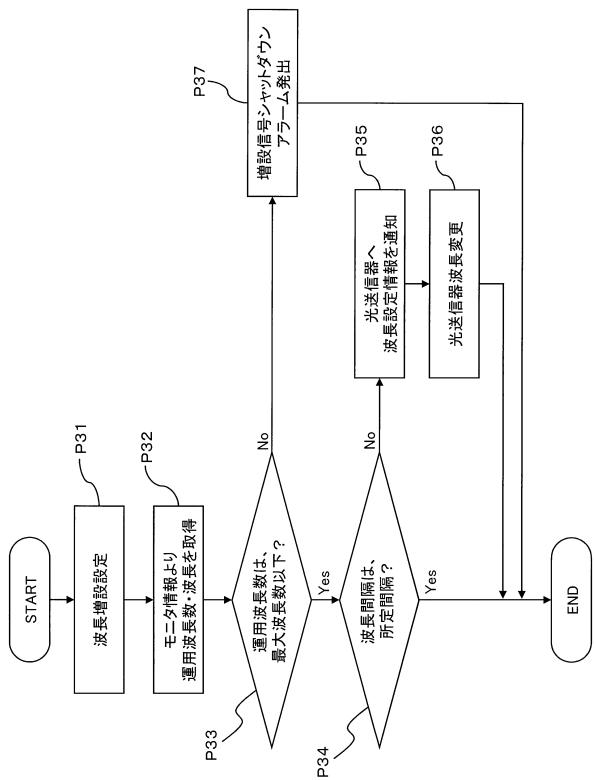
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-353939(JP,A)
特開2003-318831(JP,A)
特開2001-086071(JP,A)
特開平10-303823(JP,A)
米国特許出願公開第2003/0030894(US,A1)
特開2010-124266(JP,A)
特開2008-252645(JP,A)
特開平10-229386(JP,A)
国際公開第2010/107061(WO,A1)
特開平09-064819(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 10/294
H01S 3/067
H01S 3/10
H04J 14/02