

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6244706号  
(P6244706)

(45) 発行日 平成29年12月13日(2017.12.13)

(24) 登録日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int. Cl.		F I	
HO4B 10/572	(2013.01)	HO4B 10/572	
HO4B 10/079	(2013.01)	HO4B 10/079	190
HO4J 14/02	(2006.01)	HO4J 14/02	

請求項の数 11 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-145830 (P2013-145830)	(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25年7月11日(2013.7.11)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(65) 公開番号	特開2015-19284 (P2015-19284A)	(72) 発明者	石川 英治 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
(43) 公開日	平成27年1月29日(2015.1.29)	審査官	後澤 瑞征
審査請求日	平成28年4月5日(2016.4.5)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多重光通信装置、多重光通信方法及び多重光通信プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

異なる波長帯域のチャンネルを多重化した多重光信号を、複数のチャンネルを含む複数のグループに分割する分割部と、

前記グループ毎に、当該グループ内の各チャンネルの内、任意のチャンネルを指定すると共に、当該指定された指定チャンネルと所定の周波数方向に隣接する隣接チャンネルを指定する指定部と、

前記指定チャンネルの中心波長の第1の光レベルと、当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとが干渉する波長の第2の光レベルとを収集する収集部と、

前記第1の光レベルに対する前記第2の光レベルの算出比と前記第1の光レベルに対する、当該多重光通信装置の所定通信環境下で基準の信号品質を保証した光レベルである第3の光レベルの基準比とを比較する比較部と、

この比較結果に基づき、前記第2の光レベルが前記第3の光レベルとなるように当該グループ内の当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する調整部とを有することを特徴とする多重光通信装置。

【請求項2】

前記第3の光レベルは、当該多重光通信装置の所定通信環境下でグループ内の隣接するチャンネル間で干渉する波長の基準の信号品質を保証した光レベルであることを特徴とする請求項1に記載の多重光通信装置。

【請求項3】

10

20

前記調整部は、

前記第 2 の光レベルが前記第 3 の光レベルとなるように前記隣接チャンネルの中心波長を移動調整することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の多重光通信装置。

【請求項 4】

前記調整部は、

前記算出比が前記基準比よりも小さい場合、前記第 2 の光レベルが前記第 3 の光レベルとなるように前記隣接チャンネルの中心波長を前記所定の周波数方向に移動調整すると共に

、前記算出比が前記基準比よりも大きい場合、前記第 2 の光レベルが前記第 3 の光レベルとなるように前記隣接チャンネルの中心波長を前記所定の周波数方向と反対方向に移動調整 10  
することを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか一つに記載の多重光通信装置。

【請求項 5】

前記調整部は、

前記第 2 の光レベルが前記第 3 の光レベルとなるように前記隣接チャンネルの中心波長に  
対応した周波数を抽出するフィルタ帯域のフィルタ周波数を調整することを特徴とする請  
求項 1 又は 2 に記載の多重光通信装置。

【請求項 6】

前記調整部は、

前記算出比が前記基準比よりも小さい場合、前記第 2 の光レベルが前記第 3 の光レベル  
となるように前記隣接チャンネルの中心波長を抽出するフィルタ帯域の周波数を前記所定の 20  
周波数方向に移動調整すると共に、

前記算出比が前記基準比よりも大きい場合、前記第 2 の光レベルが前記第 3 の光レベル  
となるように前記隣接チャンネルの中心波長を抽出するフィルタ帯域の周波数を前記所定の  
周波数方向と反対方向に移動調整することを特徴とする請求項 1 , 2 又は 5 に記載の多重  
光通信装置。

【請求項 7】

前記指定部は、

前記グループ内の前記算出比が前記基準比と同一となると、当該グループ内に、当該隣  
 接チャンネルとして、当該グループ内の末端から 2 番目のチャンネルが指定されるまで、当該  
 隣接チャンネルを指定チャンネルとして指定すると共に、当該指定チャンネルと前記所定の周波  
 数方向に隣接するチャンネルを隣接チャンネルとして指定することを特徴とする請求項 1 ~ 6 30  
 の何れか一つに記載の多重光通信装置。

【請求項 8】

前記調整部は、

前記多重光信号を送信した対向側の多重光通信装置に対して、送信する前記多重光信号  
 内の同一グループ内の前記指定チャンネルと当該隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する  
 ように通知することを特徴とする請求項 1 ~ 7 の何れか一つに記載の多重光通信装置。

【請求項 9】

前記グループ内の複数のチャンネルの内、前記所定の周波数方向の最終端にある最終チャ  
 ネルを無信号のチャンネルに設定することを特徴とする請求項 1 ~ 8 の何れか一つに記載の 40  
 多重光通信装置。

【請求項 10】

異なる波長帯域のチャンネルを多重化した多重光信号を受信する多重光通信装置の多重光  
 通信方法であって、

前記多重光通信装置は、

前記多重光信号を、複数のチャンネルを含む複数のグループに分割し、

前記グループ毎に、当該グループ内の各チャンネルの内、任意のチャンネルを指定すると共  
 に、当該指定された指定チャンネルと所定の周波数方向に隣接する隣接チャンネルを指定し、

前記指定チャンネルの中心波長の第 1 の光レベルと、当該指定チャンネルと前記隣接チャネ  
 ルとが干渉する波長の第 2 の光レベルとを収集し、

前記第 1 の光レベルに対する前記第 2 の光レベルの算出比と前記第 1 の光レベルに対する、当該多重光通信装置の所定通信環境下で基準の信号品質を保証した光レベルである第 3 の光レベルの基準比とを比較し、

この比較結果に基づき、前記第 2 の光レベルが前記第 3 の光レベルとなるように当該グループ内の当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する

処理を実行することを特徴とする多重光通信方法。

【請求項 1 1】

異なる波長帯域のチャンネルを多重化した多重光信号を受信する多重光通信装置に、前記多重光信号を、複数のチャンネルを含む複数のグループに分割し、

前記グループ毎に、当該グループ内の各チャンネルの内、任意のチャンネルを指定すると共に、当該指定された指定チャンネルと所定の周波数方向に隣接する隣接チャンネルを指定し、前記指定チャンネルの中心波長の第 1 の光レベルと、当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとが干渉する波長の第 2 の光レベルとを収集し、

前記第 1 の光レベルに対する前記第 2 の光レベルの算出比と前記第 1 の光レベルに対する、当該多重光通信装置の所定通信環境下で基準の信号品質を保証した光レベルである第 3 の光レベルの基準比とを比較し、

この比較結果に基づき、前記第 2 の光レベルが前記第 3 の光レベルとなるように当該グループ内の当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する

処理を実行させることを特徴とする多重光通信プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多重光通信装置、多重光通信方法及び多重光通信プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

100Gbps 等の高速な WDM (Wavelength Division Multiplexing) 信号等の多重光信号は、多重するチャンネル間の波長間隔に応じてスペクトラムが変動する。例えば、WDM 信号に多重するチャンネルを増設する場合、増設チャンネルと、増設チャンネルと隣接する運用中の隣接チャンネルとが干渉して信号品質が劣化する。このため、信号品質を高めるべく、WDM 信号内のチャンネル間の波長間隔を広げて干渉を小さくすることも考えられるが、波長間隔を広げ過ぎると、波長多重できるチャンネル数が減るため伝送容量が減少して波長利用効率が低下する。

【0003】

そこで、WDM 信号の信号品質及び波長利用効率を調整する技術としては、WDM 信号内のチャンネル間の波長間隔の品質を監視しながら、1 波長単位でチャンネル間隔を調整する方法が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2012 - 23607 号公報

【特許文献 2】特開 2002 - 44021 号公報

【特許文献 3】特開 2011 - 228819 号公報

【特許文献 4】特開 2010 - 098544 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記の方法では、FEC (Forward Error Correction) で波長間隔の品質を監視しながら、1 波長単位で WDM 信号内の全チャンネルの波長間隔を徐々に広げる。その結果、信号品質の監視時間や波長間隔の調整時間が長く、システムの立ち上げに時間を要する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

一つの側面では、多重光信号内の波長間隔を調整する時間を短縮化できる多重光通信装置等を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 7 】

一つの案では、異なる波長帯域のチャンネルを多重化した多重光信号を、複数のチャンネルを含む複数のグループに分割する分割部を有する。更に、案では、前記グループ毎に、当該グループ内の各チャンネルの内、任意のチャンネルを指定すると共に、当該指定された指定チャンネルと所定の周波数方向に隣接する隣接チャンネルを指定する指定部を有する。更に、案では、前記指定チャンネルの中心波長の第1の光レベルと、当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとが干渉する波長の第2の光レベルとを収集する収集部を有する。更に、案では、前記第1の光レベルに対する前記第2の光レベルの算出比と前記第1の光レベルに対する第3の光レベルの基準比とを比較する比較部を有する。更に、案では、この比較結果に基づき、当該グループ内の当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する調整部を有する。

10

## 【発明の効果】

## 【 0 0 0 8 】

多重光信号内の波長間隔を調整する時間を短縮化できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 0 9 】

20

【図1】図1は、実施例1のWDM伝送システムの一例を示す説明図である。

【図2】図2は、WDM信号内の波長帯域スペクトラムの一例を示す説明図である。

【図3】図3は、BERと基準比との対応特性の一例を示す説明図である。

【図4】図4は、波長間隔を広げる方向に調整する処理の一例を示す説明図である。

【図5】図5は、波長間隔を狭める方向に調整する処理の一例を示す説明図である。

【図6】図6は、波長間隔調整処理に関わる受信局側の処理動作の一例を示すフローチャートである。

【図7】図7は、波長間隔調整処理実行前及び波長間隔調整処理実行後のWDM信号の波長帯域スペクトラムの一例を示す説明図である。

【図8】図8は、実施例2のWDM伝送システムの一例を示す説明図である。

30

【図9】図9は、多重光通信プログラムを実行する光伝送装置を示す説明図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 0 】

以下、図面に基づいて、本願の開示する多重光通信装置、多重光通信方法及び多重光通信プログラムの実施例を詳細に説明する。尚、本実施例により、開示技術が限定されるものではない。

## 【実施例1】

## 【 0 0 1 1 】

図1は、実施例1のWDM伝送システムの一例を示す説明図である。図1に示すWDM伝送システム1は、送信局2と、受信局3と、送信局2と受信局3との間を接続する光ファイバ4とを有する。WDM伝送システム1は、送信局2及び受信局3にデジタルコヒーレント方式を採用した光フィルタレスのシステムである。送信局2は、複数の光送信器11と、光合波器12と、光増幅器13と、送信側調整部14とを有する。各光送信器11は、例えば、デジタルコヒーレント送信器に相当し、例えば、ITUグリッドで規定した相互に異なる波長帯域は勿論のこと、グリッドレスな波長帯域のチャンネルの光信号を送信する。光合波器12は、各光送信器11からの光信号を合波してWDM信号を出力する。尚、光合波器12は、例えば、スターカプラ等の波長選択性のないデバイスである。光増幅器13は、光合波器12から出力したWDM信号を増幅し、増幅されたWDM信号を光ファイバ4に出力する。

40

## 【 0 0 1 2 】

50

図2は、WDM信号内の波長帯域毎のスペクトラムの一例を示す説明図である。図2に示すWDM信号は、例えば、1～96の96本の波長帯域のスペクトラムを有する。更に、WDM信号は、例えば、ITUグリッドで規定した12波長帯域単位でグループ化する。例えば、1～12の波長帯域は第1グループ、13～24の波長帯域は第2グループ、25～36の波長帯域は第3グループ、37～48の波長帯域は第4グループとして設定する。また、49～60の波長帯域は第5グループ、61～72の波長帯域は第6グループ、73～84の波長帯域は第7グループ、85～96の波長帯域は第8グループとして設定する。

【0013】

また、各グループ内の波長帯域の内、最長波長である最大周波数の波長帯域は、未使用チャンネルとして無信号帯域とする。例えば、第1グループの最大周波数の波長帯域は12、第2グループの最大周波数の波長帯域は24、第3グループの最大周波数の波長帯域は36の波長帯域、第4グループの最大周波数の波長帯域は48である。また、第5グループの最大周波数の波長帯域は60、第6グループの最大周波数の波長帯域は72、第7グループの最大周波数の波長帯域は84、第8グループの最大周波数の波長帯域は96である。また、各グループ内の波長帯域の内、最短波長である最小周波数の波長帯域は、後述する調整対象とはならない固定チャンネルとする。例えば、第1グループの最小周波数の波長帯域は1、第2グループの最小周波数の波長帯域は13、第3グループの最小周波数の波長帯域は25、第4グループの最小周波数の波長帯域は37、第5グループの最小周波数の波長帯域は49である。また、第6グループの最小周波数の波長帯域は61、第7グループの最小周波数の波長帯域は73、第8グループの最小周波数の波長帯域は85である。

【0014】

受信局3は、光増幅器21と、光分波器22と、複数の光受信器23と、情報収集部24と、受信側調整部25とを有する。光増幅器21は、光ファイバ4から受信したWDM信号の伝送損失を補償すべく、WDM信号を増幅する。光分波器22は、光増幅器21で増幅されたWDM信号を分波する。尚、光分波器22は、例えば、スターカプラ等の波長選択性のないデバイスである。

【0015】

各光受信器23は、例えば、ディジタルコヒーレント受信器に相当し、WDM信号から各光送信器11に対応した波長帯域のチャンネルの光信号を受信する。光受信器23は、図示せぬ局発光源を内蔵し、局発光源を信号光と同じ波長に設定することで複数の波長帯域から任意の波長帯域の光信号を受信する。更に、光受信器23は、フーリエ変換で任意波長帯域の光信号のスペクトラムを取得する。

【0016】

情報収集部24は、指定部31と、収集部32と、比較部33と、算出部34とを有する。情報収集部24は、例えば、WDM信号を12波長帯域の第1～第8グループに分割する。指定部31は、グループ内の任意のチャンネルを指定チャンネルとして指定すると共に、指定チャンネルと周波数増加方向に隣接するチャンネルを隣接チャンネルとして指定する。収集部32は、各光受信器23内のフーリエ変換で得た光信号のスペクトラムを収集する。例えば、収集部32は、各光受信器23からWDM信号の1～96の各チャンネルのスペクトラムを収集する。収集部32は、チャンネル毎の中心波長の光レベルであるピークレベル $P_0$ を収集する(図4参照)。収集部32は、指定チャンネルと隣接チャンネルとが干渉する波長の光レベル $P_1$ を収集する(図4参照)。

【0017】

比較部33は、指定チャンネルのピークレベル $P_0$ と、指定チャンネルと隣接チャンネルとが干渉する波長の光レベル $P_1$ とに基づき、算出比 $P_0/P_1$ を算出する。比較部33は、算出比 $P_0/P_1$ と比較する基準比 $P_0/P_2$ を取得する。尚、光レベル $P_2$ は、通信環境内のネットワークで保証すべき、指定チャンネルと隣接チャンネルとが干渉する波長の基準の光レベルである。図3は、BERと基準比との対応特性を示す説明図である。BERは

10

20

30

40

50

、ネットワーク内のビット誤り率である。例えば、 $1E-10$ は、100億ビットに1回のビット誤り、 $1E-12$ は、1兆ビットに1回のビット誤りを保証する通信環境である。図3に示す各特性は、ネットワークの波長分散値等の違いや非線形効果等の程度に応じて直線の傾きや位置が変動する。特性X1は、例えば、WDM伝送システム1のBER-基準比の特性である。特性X2は、他の伝送システムのBER-基準比の特性である。比較部33は、WDM伝送システム1でBERが $1E-10$ の通信環境を保証する場合、特性X1から $1E-10$ に対応した基準比( $P0/P2$ ) $Y0$ を取得する。

【0018】

更に、算出部34は、算出比 $P0/P1$ と基準比 $P0/P2$ とを比較し、比較結果に基づき隣接チャンネルの中心波長を周波数方向に調整する調整信号を受信側調整部25及び送信局2内の送信側調整部14に通知する。尚、受信局3内の情報収集部24と送信局2内の送信側調整部14との間は、光ファイバ4と異なる通信路で接続する。

10

【0019】

算出部34は、算出比 $P0/P1$ が基準比 $P0/P2$ よりも小の場合、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を広げる方向、すなわち隣接チャンネルの中心波長を周波数増加方向に調整する調整信号を算出する。尚、調整信号には、隣接チャンネルの中心波長を周波数増加方向に調整する調整量の他に、隣接チャンネルの中心波長を調整する調整対象の光受信器23及び光送信器11を特定する識別情報を有する。尚、波長間隔を広げる方向に調整する場合は、グループ内の指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の干渉を緩和して信号品質の改善を図る。

20

【0020】

また、算出部34は、算出比 $P0/P1$ が基準比 $P0/P2$ よりも大の場合、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を狭める方向、すなわち隣接チャンネルの中心波長を周波数減少方向に調整する調整信号を算出する。尚、波長間隔を狭める方向に調整する場合は、グループ内の指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の干渉を所定基準以下となるように緩和して波長利用効率の低下を抑制する。

【0021】

受信側調整部25は、情報収集部24からの調整信号内の識別情報に基づき、隣接チャンネルに対応した調整対象の光受信器23を特定し、調整信号内の調整量に基づき、特定された光受信器23に対して隣接チャンネルの中心波長を調整する。

30

【0022】

また、送信側調整部14は、情報収集部24からの調整信号内の識別情報に基づき、隣接チャンネルに対応した調整対象の光送信器11を特定し、調整信号内の調整量に基づき、特定された光送信器11に対して隣接チャンネルの中心波長を調整する。

【0023】

算出部34は、グループ内の指定チャンネル及び隣接チャンネルに対応した算出比 $P0/P1$ が基準比 $P0/P2$ と同一となるまで調整信号を受信側調整部25及び送信側調整部14に繰り返し通知する。

【0024】

そして、指定部31は、例えば、第1グループ内の指定チャンネル1及び隣接チャンネル2に対応した算出比 $P0/P1$ が基準比 $P0/P2$ と同一となると、隣接チャンネル2を指定チャンネルとして指定する。更に、指定部31は、指定チャンネル2と周波数増加方向に隣接するチャンネル3を隣接チャンネルとして指定する。そして、算出部34は、指定チャンネル2及び隣接チャンネル3に対応した算出比 $P0/P1$ が基準比 $P0/P2$ と同一となるまで調整信号を受信側調整部25及び送信側調整部14に繰り返し通知する。

40

【0025】

そして、算出部34は、例えば、第1グループ内の最終チャンネル12から2番目のチャンネル10を指定した場合、指定チャンネル10及び隣接チャンネル11に対応した算出比が基準比と同一となる調整信号を算出する。そして、算出部34は、第1グループ内の指定チャンネル10及び隣接チャンネル11に対応した算出比 $P0/P1$ が基準比 $P0$

50

/ P 2 と同一となると、第 1 グループ内の全チャンネル 1 ~ 1 1 の波長間隔に対する調整が完了したことになる。尚、算出部 3 4、送信側調整部 1 1 及び受信側調整部 2 5 は、例えば、調整部である。

【 0 0 2 6 】

尚、情報収集部 2 4 は、グループ毎に、同一グループ内の指定チャンネル及び隣接チャンネルに対応した算出比が基準比と同一となるように調整信号を順次算出する。そして、受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 は、グループ毎に、調整信号に基づき、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を順次調整する。

【 0 0 2 7 】

つまり、情報収集部 2 4 は、グループ毎に隣接チャンネルの中心波長を調整する調整信号を順次算出する処理を各グループで並列に実行する。そして、受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 は、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する処理を各グループで並列に実行する。その結果、WDM 伝送システム 1 では、WDM 信号内の各グループ内の全チャンネルの波長間隔の調整が完了した場合、WDM 信号内の全チャンネルの波長間隔の調整が完了したことになる。

【 0 0 2 8 】

図 4 は、波長間隔を広げる方向に調整する処理の一例を示す説明図である。図 4 の例では、第 1 グループ内の 1 及び 2 のチャンネルを対象とし、チャンネル 1 とチャンネル 2 との間の波長間隔を 5 0 G H z とする。指定部 3 1 は、第 1 グループ内のチャンネル 1 を指定チャンネルとして指定し、指定チャンネル 1 と周波数増加方向に隣接するチャンネル 2 を隣接チャンネルとして指定する。そして、収集部 3 2 は、図 4 ( A ) に示す通り、指定チャンネル 1 の中心波長のピークレベル P 0 と、指定チャンネル 1 と隣接チャンネル 2 とが干渉する波長の光レベル P 1 とを収集する。

【 0 0 2 9 】

次に、算出部 3 4 は、指定チャンネル 1 及び隣接チャンネル 2 の算出比 P 0 / P 1 が基準比 P 0 / P 2 よりも小の場合、図 4 ( B ) に示す通り、隣接チャンネル 2 の中心波長を周波数増加方向に調整する調整信号を受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 に通知する。その結果、受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 は、隣接チャンネル 2 の中心波長を周波数増加方向のチャンネル 2 A に移動調整する。指定チャンネル 1 と隣接チャンネル 2 A との間の周波数間隔が広がるため、指定チャンネル 1 と隣接チャンネル 2 A とが干渉する波長の光レベル P 1 が基準の光レベル P 2 まで低下する。そして、第 1 グループ内の指定チャンネル 1 と隣接チャンネル 2 A との間の信号品質が改善する。

【 0 0 3 0 】

図 5 は、波長間隔を狭める方向に調整する処理の一例を示す説明図である。指定部 3 1 は、第 1 グループ内のチャンネル 1 を指定チャンネルとして指定し、指定チャンネル 1 と周波数増加方向に隣接するチャンネル 2 を隣接チャンネルとして指定する。そして、収集部 3 2 は、図 5 ( A ) に示す通り、指定チャンネル 1 の中心波長のピークレベル P 0 と、指定チャンネル 1 と隣接チャンネル 2 とが干渉する波長の光レベル P 1 とを収集する。

【 0 0 3 1 】

算出部 3 4 は、指定チャンネル 1 及び隣接チャンネル 2 の算出比 P 0 / P 1 が基準比 P 0 / P 2 よりも大の場合、図 5 ( B ) に示す通り、隣接チャンネル 2 の中心波長を周波数減少方向に調整する調整信号を受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 に通知する。その結果、受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 は、隣接チャンネル 2 の中心波長を周波数減少方向のチャンネル 2 B に移動調整する。指定チャンネル 1 と隣接チャンネル 2 B との間の周波数間隔を狭めるため、指定チャンネル 1 と隣接チャンネル 2 B とが干渉する波長の光レベル P 1 が基準の光レベル P 2 まで上昇する。そして、第 1 グループ内の指定チャンネル 1 と隣接チャンネル 2 B との間の波長利用効率の低下を抑制する。

【 0 0 3 2 】

次に実施例 1 の WDM 伝送システム 1 の動作について説明する。図 6 は、波長間隔調整処理に関わる受信局 3 側の処理動作の一例を示すフローチャートである。図 6 に示す波長

10

20

30

40

50

間隔調整処理は、送信局 2 から受信した WDM 信号内の全チャネルの波長間隔を調整する処理である。

【 0 0 3 3 】

図 6 において受信局 3 内の情報収集部 2 4 は、WDM 信号内の全チャネルを設定のグループ単位に分割する (ステップ S 1 1)。尚、情報収集部 2 4 は、例えば、WDM 信号を 1 2 波長帯域単位で第 1 ~ 第 8 グループに分割する。以後、情報収集部 2 4 は、第 1 ~ 第 8 グループについて、ステップ S 1 2 ~ ステップ S 2 1 の処理を並行して実行する。

【 0 0 3 4 】

情報収集部 2 4 内の指定部 3 1 は、グループ内のチャネルの初期値  $i$  を指定する (ステップ S 1 2)。尚、指定部 3 1 は、第 1 のグループの場合、初期値  $i$  として “ 1 ”、第 2 のグループの場合、初期値  $i$  として “ 1 3 ”、第 3 のグループの場合、初期値  $i$  として “ 2 5 ”、第 4 のグループの場合、初期値  $i$  として “ 3 7 ” を指定する。また、指定部 3 1 は、第 5 のグループの場合、初期値  $i$  として “ 4 9 ”、第 6 のグループの場合、初期値  $i$  として “ 6 1 ”、第 7 のグループの場合、初期値  $i$  として “ 7 3 ”、第 8 のグループの場合、初期値  $i$  として “ 8 5 ” を指定する。

【 0 0 3 5 】

情報収集部 2 4 内の収集部 3 2 は、グループ内の指定チャネル  $i$  に対応した光受信器 2 3 から指定チャネル  $i$  のピークレベル  $P_0$  を収集する (ステップ S 1 3)。収集部 3 2 は、指定チャネル  $i$  のピークレベル  $P_0$  を収集した後、指定チャネル  $i$  と隣接チャネル  $i + 1$  とが干渉する波長の光レベル  $P_1$  を収集する (ステップ S 1 4)。情報収集部 2 4 内の比較部 3 3 は、指定チャネル  $i$  及び隣接チャネル  $i + 1$  に対応した算出比  $P_0 / P_1$  を算出する (ステップ S 1 5)。比較部 3 3 は、WDM 伝送システム 1 の通信環境の BER に対応した基準比  $P_0 / P_2$  を特性  $X_1$  から取得する (ステップ S 1 6)。

【 0 0 3 6 】

比較部 3 3 は、算出比  $P_0 / P_1$  と基準比  $P_0 / P_2$  とを比較する (ステップ S 1 7)。情報収集部 2 4 内の算出部 3 4 は、比較結果に基づき、算出比  $P_0 / P_1$  が基準比  $P_0 / P_2$  よりも小の場合、周波数増加方向に調整する調整信号を受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 に通知する (ステップ S 1 8)。その結果、受信側調整部 2 5 は、調整信号内の識別情報に基づき、隣接チャネル  $i + 1$  に対応した調整対象の光受信器 2 3 を特定する。そして、受信側調整部 2 5 は、調整信号内の調整量に基づき、特定された光受信器 2 3 に対して隣接チャネル  $i + 1$  の中心波長を周波数増加方向に調整する。受信側調整部 2 5 は、WDM 信号を受信する受信局 3 側で、指定チャネル  $i$  と隣接チャネル  $i + 1$  との間の波長間隔を広げる。また、送信側調整部 1 4 は、調整信号内の識別情報に基づき、隣接チャネル  $i + 1$  に対応した調整対象の光送信器 1 1 を特定する。送信側調整部 1 4 は、調整信号内の調整量に基づき、特定された光送信器 1 1 に対して隣接チャネル  $i + 1$  の中心波長を周波数増加方向に調整する。送信側調整部 1 4 は、WDM 信号を送信する送信局 2 側で、指定チャネル  $i$  と隣接チャネル  $i + 1$  との間の波長間隔を広げる。

【 0 0 3 7 】

情報収集部 2 4 は、ステップ S 1 8 にて調整信号を受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 に通知した後、指定チャネル  $i$  と隣接チャネル  $i + 1$  とが干渉する波長の光レベル  $P_1$  を収集すべく、ステップ S 1 4 に移行する。

【 0 0 3 8 】

また、算出部 3 4 は、ステップ S 1 7 の比較結果に基づき、算出比  $P_0 / P_1$  が基準比  $P_0 / P_2$  よりも大の場合、周波数減少方向に調整する調整信号を受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 に通知する (ステップ S 1 9)。その結果、受信側調整部 2 5 は、調整信号内の識別情報に基づき、隣接チャネル  $i + 1$  に対応した調整対象の光受信器 2 3 を特定する。受信側調整部 2 5 は、調整信号内の調整量に基づき、特定された光受信器 2 3 に対して隣接チャネル  $i + 1$  の中心波長を周波数減少方向に調整する。受信側調整部 2 5 は、WDM 信号を受信する受信局 3 側で、指定チャネル  $i$  と隣接チャネル  $i + 1$  と

10

20

30

40

50



の間の波長間隔を狭める。また、送信側調整部 1 4 は、調整信号内の識別情報に基づき、隣接チャンネル  $i + 1$  に対応した調整対象の光送信器 1 1 を特定する。送信側調整部 1 4 は、調整信号内の調整量に基づき、特定された光送信器 1 1 に対して隣接チャンネル  $i + 1$  の中心波長を周波数減少方向に調整する。送信側調整部 1 4 は、WDM 信号を送信する送信局 2 側で、指定チャンネル  $i$  と隣接チャンネル  $i + 1$  との間の波長間隔を狭める。

【 0 0 3 9 】

情報収集部 2 4 は、ステップ S 1 9 にて調整信号を受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 に通知した後、指定チャンネル  $i$  と隣接チャンネル  $i + 1$  とが干渉する波長の光レベル P 1 を収集すべく、ステップ S 1 4 に移行する。

【 0 0 4 0 】

指定部 3 1 は、ステップ S 1 7 の比較結果に基づき、算出比  $P 0 / P 1$  が基準比  $P 0 / P 2$  と同一の場合、周波数増加方向に次の指定チャンネル  $i + 1$  を指定する (ステップ S 2 0)。指定部 3 1 は、指定チャンネル  $i$  がグループ内の最終チャンネル  $n$  から 2 番目のチャンネル  $n - 2$  であるか否かを判定する (ステップ S 2 1)。尚、グループ内の最終チャンネル  $n$  から 2 番目のチャンネル  $n - 2$  とは、例えば、第 1 のグループの場合、最終チャンネル 1 2 から 2 番目のチャンネル 1 0 である。

【 0 0 4 1 】

情報収集部 2 4 は、指定チャンネル  $i$  が最終チャンネル  $n$  から 2 番目のチャンネル  $n - 2$  である場合 (ステップ S 2 1 肯定)、グループ内の全チャンネルに対する波長間隔の調整が完了したと判断し、図 6 に示す処理動作を終了する。

【 0 0 4 2 】

情報収集部 2 4 は、指定チャンネル  $i$  が最終チャンネル  $n$  から 2 番目のチャンネル  $n - 2$  でない場合 (ステップ S 2 1 否定)、グループ内の次の指定チャンネル  $i$  のピークレベル P 0 を収集すべく、ステップ S 1 3 に移行する。

【 0 0 4 3 】

図 6 に示す波長間隔調整処理は、グループ内の全チャンネルの波長間隔を調整する処理を第 1 グループ ~ 第 8 グループで独立して並列に実行することになる。その結果、波長間隔調整処理は、グループ内の全チャンネルの波長間隔を調整する処理を各グループで並列に実行するため、WDM 信号内の全チャンネルの波長間隔の調整に要する時間を大幅に短縮化できる。

【 0 0 4 4 】

情報収集部 2 4 は、グループ内の指定チャンネル及び隣接チャンネルの算出比を基準比と比較し、算出比が基準比よりも小の場合、隣接チャンネルの中心波長を周波数増加方向に移動調整する調整信号を受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 に通知する。受信側調整部 2 5 は、周波数増加方向の調整信号に基づき、隣接チャンネルに対応した調整対象の光受信器 2 3 の中心波長を周波数増加方向に移動調整するため、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を広げる。送信側調整部 1 4 は、周波数増加方向の調整信号に基づき、隣接チャンネルに対応した調整対象の光送信器 1 1 の中心波長を周波数増加方向に移動調整するため、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を広げる。その結果、WDM 信号内の全チャンネルの波長間隔を広くして信号品質の改善を図る。

【 0 0 4 5 】

情報収集部 2 4 は、グループ内の指定チャンネル及び隣接チャンネルの算出比が基準比よりも大の場合、隣接チャンネルの中心波長を周波数減少方向に移動調整する調整信号を受信側調整部 2 5 及び送信側調整部 1 4 に通知する。受信側調整部 2 5 は、周波数減少方向の調整信号に基づき、隣接チャンネルに対応した調整対象の光受信器 2 3 の中心波長を周波数減少方向に移動調整するため、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を狭める。送信側調整部 1 4 は、周波数減少方向の調整信号に基づき、隣接チャンネルに対応した調整対象の光送信器 1 1 の中心波長を周波数減少方向に移動調整するため、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を狭める。その結果、WDM 信号内の全チャンネルの波長間隔を狭くして波長利用効率の低下を抑制できる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 6 】

つまり、WDM伝送システム1では、WDM信号内の全チャンネルの波長間隔を調整することで、WDM信号内のチャンネル間の干渉を所定基準以下となるように緩和して信号品質の改善を図りながら、波長利用効率の低下を抑制できる。しかも、これらWDM信号内のチャンネル間の波長間隔の調整をグループ単位で並列に実行するため、その調整時間を従来に比較して大幅に短縮化できる。

## 【 0 0 4 7 】

図7は、波長間隔調整処理実行前及び波長間隔調整処理実行後のWDM信号の波長帯域スペクトラムの一例を示す説明図である。図7(A)に示す第1グループ内のチャンネル1~チャンネル12では、波長間隔を広げる場合と狭める場合とが混在し、第2グループ内のチャンネル13~チャンネル23では、波長間隔を広げる場合を例示している。各グループ内のチャンネル間の波長間隔の調整は、最小周波数の固定チャンネルから1チャンネル単位で波長間隔を順次調整する。その結果、図7(B)に示す第1グループ及び第2グループでは、チャンネル間の干渉を所定基準以下となるように緩和して信号品質の改善を図りながら、波長利用効率の低下を抑制できる。しかも、各グループの波長間隔調整処理は、各グループで並列に進行するため、WDM信号内の全チャンネルの波長間隔調整までに要する時間を短縮化できる。

10

## 【 0 0 4 8 】

実施例1の受信局3は、WDM信号を12波長単位でグループ分割し、グループ毎に、グループ内の指定チャンネル及び隣接チャンネルを指定し、指定チャンネルのピークレベル $P_0$ と、指定チャンネルと隣接チャンネルとが干渉する波長の光レベル $P_1$ とを収集する。受信局3は、算出比 $P_0/P_1$ と基準比 $P_0/P_2$ との比較結果に基づき、グループ内の指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する。受信局3は、グループ内の指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を順次調整するため、WDM信号内の全チャンネルの波長間隔を調整して信号品質を改善しながら、波長利用効率の低下を抑制できる。しかも、WDM信号内のチャンネル間の波長間隔の調整を従来に比較して短時間で実現できる。その結果、WDM信号の信号品質及び波長利用効率双方をバランスよく短時間で調整できる。

20

## 【 0 0 4 9 】

実施例1の光レベル $P_2$ は、指定チャンネルと隣接チャンネルとが干渉する波長のWDM伝送システム1の保証BERに対応した基準の光レベルである。WDM伝送システム1では、WDM伝送システム1の通信環境が保証する信号品質及び波長利用効率を確保できる。

30

## 【 0 0 5 0 】

受信局3は、算出比と基準比とが同一となるように、グループ内の隣接チャンネルの中心波長を周波数増加方向に移動調整する。その結果、WDM信号内の全チャンネルの波長間隔を調整できる。

## 【 0 0 5 1 】

受信局3は、算出比が基準比よりも小の場合、隣接チャンネルの中心波長を周波数増加方向に移動調整する。その結果、図4(B)に示す通り、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔が広がって、グループ内のチャンネル間の信号品質を改善できる。

40

## 【 0 0 5 2 】

受信局3は、算出比が基準比よりも大の場合、隣接チャンネルの中心波長を周波数減少方向に移動調整する。その結果、図5(B)に示す通り、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔が狭くなって、グループ内のチャンネル間の波長利用効率の低下を抑制できる。

## 【 0 0 5 3 】

受信局3は、グループ内の算出比と基準比とが同一となると、当該グループ内の隣接チャンネルとして、グループ内の末端から2番目のチャンネルが指定されるまで、隣接チャンネルを指定チャンネルとして順次指定する。更に、受信局3は、当該指定チャンネルと周波数増加

50

方向に隣接するチャンネルを隣接チャンネルとして順次指定する。その結果、受信局 3 は、WDM 信号内の各グループ内の固定チャンネルから周波数増加方向に順次してグループ内の全チャンネルの波長間隔を順次調整できる。

【 0 0 5 4 】

受信局 3 は、WDM 信号内の同一グループ内の指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する調整信号を送信局 2 に通知する。送信局 2 は、調整信号内の識別情報に基づき、グループ単位でグループ内の指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を順次調整する調整対象の光送信器 1 1 を特定する。更に、送信局 2 は、特定された光送信器 1 1 を順次調整することで、WDM 信号を送信する際に、WDM 信号内の全チャンネルの波長間隔を調整して信号品質及び波長利用効率双方のバランスを短時間で調整できる。

10

【 0 0 5 5 】

実施例 1 では、グループ内の複数のチャンネルの内、最大周波数の波長帯域である、すなわち周波数増加方向の最終端にある最終チャンネルを無信号のチャンネルとして設定した。その結果、最終チャンネルの波長帯域幅は、グループ内の周波数増加方向の調整可能量として確保できる。

【 0 0 5 6 】

実施例 1 では、グループ内の最小周波数のチャンネルを固定チャンネルとし、指定チャンネルと周波数増加方向に隣接するチャンネルと隣接チャンネルとして順次指定する。その結果、第 1 グループ内の最小周波数のチャンネル 1 を周波数減少方向に移動調整する必要はないため、受信局 3 側の光増幅器 2 1 の利得量増加を考慮する必要がなくなる。

20

【 0 0 5 7 】

尚、上記実施例 1 の WDM 伝送システム 1 の光受信器 2 3 では、フィルタレス方式のデジタルコヒーレント受信器を採用したが、デジタルコヒーレント受信器ではなく、可変波長フィルタを要する光受信器を採用しても良い。では、この場合の実施の形態につき実施例 2 として以下に説明する。

【 実施例 2 】

【 0 0 5 8 】

図 8 は、実施例 2 の WDM 伝送システムの一例を示す説明図である。尚、図 1 に示す WDM 伝送システム 1 と同一の構成には同一符号を付すことで、その重複する構成及び動作の説明については省略する。

30

【 0 0 5 9 】

図 8 に示す WDM 伝送システム 1 A の受信局 3 A は、デジタルコヒーレント受信器の光受信器 2 3 の代わりに、可変波長フィルタ 2 3 A と、光受信器 2 3 B とを有する。可変波長フィルタ 2 3 A は、光分波器 2 2 からの WDM 信号から設定のフィルタ帯域に応じた所望の波長帯域の光信号を抽出する。光受信器 2 3 B は、可変波長フィルタ 2 3 A で抽出された波長帯域の光信号を受信する。

【 0 0 6 0 】

受信局 3 A は、OCM (Optical Channel Monitor) 2 6 と、情報収集部 2 4 A と、受信側調整部 2 5 A とを有する。OCM 2 6 は、光増幅器 2 1 で増幅された WDM 信号内の全チャンネルの信号状態をモニタする。更に、OCM 2 6 は、WDM 信号から全チャンネルのスペクトラムを収集し、各チャンネルのスペクトラムを情報収集部 2 4 A に通知する。

40

【 0 0 6 1 】

情報収集部 2 4 A は、OCM 2 6 からの WDM 信号内の全チャンネルのスペクトラムを収集し、図 2 に示すように、WDM 信号を 1 2 波長帯域単位で第 1 グループ ~ 第 8 グループにグループ化する。情報収集部 2 4 A は、指定部 3 1 A と、収集部 3 2 A と、比較部 3 3 A と、算出部 3 4 A とを有する。

【 0 0 6 2 】

指定部 3 1 A は、グループ内の任意のチャンネルを指定チャンネルとして指定すると共に、指定チャンネルと周波数増加方向に隣接する隣接チャンネルを指定する。収集部 3 2 A は、OCM 2 6 を通じて WDM 信号内の全チャンネルのスペクトラムを収集する。収集部 3 2 A は

50

、チャンネル毎の中心波長の光レベルであるピークレベル $P_0$ を収集する。収集部32Aは、指定チャンネルと隣接チャンネルとが干渉する波長の光レベル $P_1$ を収集する。

【0063】

比較部33Aは、指定チャンネルのピークレベル $P_0$ と、指定チャンネルと隣接チャンネルとが干渉する波長の光レベル $P_1$ とに基づき、算出比 $P_0/P_1$ を算出する。比較部33Aは、算出比 $P_0/P_1$ と比較する基準比 $P_0/P_2$ を取得する。比較部33Aは、算出比 $P_0/P_1$ と基準比 $P_0/P_2$ とを比較する。算出部34Aは、比較結果に基づき、算出比が基準比よりも小の場合、隣接チャンネルの中心波長を周波数増加方向に調整する第1の調整信号を送信局2内の送信側調整部14に通知する。尚、第1の調整信号は、隣接チャンネルの中心波長を周波数増加方向に移動調整する調整量の他に、隣接チャンネルの中心波長を調整する調整対象の光送信器11を識別する識別情報を有する。

10

【0064】

また、送信側調整部14は、情報収集部24Aからの第1の調整信号内の識別情報に基づき、隣接チャンネルに対応した調整対象の光送信器11を特定する。送信側調整部14は、第1の調整信号内の調整量に基づき、特定された光送信器11に対して隣接チャンネルの中心波長を調整する。光送信器11は、調整された中心波長の隣接チャンネルの光信号を送信する。

【0065】

算出部34Aは、算出比が基準比よりも小の場合、当該隣接チャンネルに対応した可変波長フィルタ23Aのフィルタ帯域を周波数増加方向に調整する第2の調整信号を受信側調整部25Aに通知する。尚、第2の調整信号は、隣接チャンネルの中心波長を周波数増加方向に移動調整する調整量の他に、隣接チャンネルに対応した調整対象の可変波長フィルタ23Aを識別する識別情報を有する。

20

【0066】

受信側調整部25Aは、情報収集部24Aからの第2の調整信号内の識別情報に基づき、隣接チャンネルに対応した調整対象の可変波長フィルタ23Aを特定する。受信側調整部25Aは、第2の調整信号内の調整量に基づき、特定された可変波長フィルタ23Aのフィルタ帯域を調整する。その結果、光受信器23Bは、送信局2側で周波数増加方向に波長間隔を調整した隣接チャンネルに追従して、当該隣接チャンネルの光信号を受信する。

【0067】

算出部34Aは、算出比が基準比よりも大の場合、隣接チャンネルの中心波長を周波数減少方向に移動調整する調整量の他に、隣接チャンネルの中心波長を調整する調整対象の光送信器11を識別する識別情報を含む第1の調整信号を送信側調整部14に通知する。

30

【0068】

また、送信側調整部14は、情報収集部24Aからの第1の調整信号内の識別情報に基づき、隣接チャンネルに対応した調整対象の光送信器11を特定する。送信側調整部14は、第1の調整信号内の調整量に基づき、特定された光送信器11に対して隣接チャンネルの中心波長を調整する。光送信器11は、調整された中心波長の隣接チャンネルの光信号を送信する。

【0069】

また、算出部34Aは、算出比が基準比よりも大の場合、当該隣接チャンネルに対応した調整対象の可変波長フィルタ23Aのフィルタ帯域を周波数減少方向に調整する第2の調整信号を受信側調整部25Aに通知する。

40

【0070】

受信側調整部25Aは、情報収集部24Aからの第2の調整信号内の識別情報に基づき、隣接チャンネルに対応した可変波長フィルタ23Aを特定する。受信側調整部25Aは、第2の調整信号内の調整量に基づき、特定された可変波長フィルタ23Aのフィルタ帯域を調整する。光受信器23Bは、可変波長フィルタ23Aで抽出された隣接チャンネルの光信号を受信する。その結果、光受信器23Bは、送信局2側で周波数減少方向に波長間隔を調整した隣接チャンネルに追従して、当該隣接チャンネルの光信号を受信する。

50

## 【 0 0 7 1 】

指定部 3 1 A は、算出比  $P 0 / P 1$  が基準比  $P 0 / P 2$  と同一の場合、周波数増加方向に次の指定チャンネル  $i + 1$  を指定する。指定部 3 1 A は、指定チャンネルがグループ内の最終チャンネル  $n$  から 2 番目のチャンネル  $n - 2$  であるか否かを判定する。

## 【 0 0 7 2 】

情報収集部 2 4 A は、指定チャンネル  $i$  が最終チャンネル  $n$  から 2 番目のチャンネル  $n - 2$  である場合、グループ内の全チャンネルに対する波長間隔の調整が完了したと判断する。

## 【 0 0 7 3 】

情報収集部 2 4 A は、指定チャンネル  $i$  が最終チャンネル  $n$  から 2 番目のチャンネル  $n - 2$  でない場合、グループ内の次の指定チャンネル  $i$  のピークレベル  $P 0$  を収集する。

10

## 【 0 0 7 4 】

そして、情報収集部 2 4 A は、グループ内の全チャンネルの波長間隔を調整する波長間隔調整処理を第 1 グループ ~ 第 8 グループで独立して並列に実行することになる。その結果、波長間隔調整処理は、グループ内の全チャンネルの波長間隔を調整する処理を各グループで並列に実行するため、WDM 信号内の全チャンネルの波長間隔の調整に要する時間を大幅に短縮化できる。

## 【 0 0 7 5 】

実施例 2 の受信局 3 A は、グループ内の指定チャンネル及び隣接チャンネルの算出比が基準比よりも小の場合、隣接チャンネルに対応した光送信器 1 1 の隣接チャンネルの中心波長及び可変波長フィルタ 2 3 A のフィルタ帯域を周波数増加方向に調整する。その結果、図 4 ( B ) に示す通り、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の周波数間隔が広がって、指定チャンネルと隣接チャンネルとが干渉する波長の光レベル  $P 1$  が光レベル  $P 2$  まで低下する。そして、グループ内の指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の信号品質を改善できる。

20

## 【 0 0 7 6 】

実施例 2 の受信局 3 A では、グループ内の指定チャンネル及び隣接チャンネルの算出比が基準比よりも大の場合、隣接チャンネルに対応した光送信器 1 1 の隣接チャンネルの中心波長及び可変波長フィルタ 2 3 A のフィルタ帯域を周波数減少方向に調整する。その結果、図 5 ( B ) に示す通り、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の周波数間隔が狭くなって、指定チャンネルと隣接チャンネルとが干渉する波長の光レベル  $P 1$  が光レベル  $P 2$  まで上昇する。そして、グループ内の指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長利用効率の低下を抑制できる。

30

## 【 0 0 7 7 】

実施例 2 の WDM 伝送システム 1 A では、WDM 信号内のチャンネル間の波長間隔を調整することでチャンネル間の干渉を所定基準以下となるように緩和して信号品質を改善しながら、波長利用効率の低下を抑制する。しかも、WDM 信号内の全チャンネルの波長間隔を調整する処理をグループ単位で実現するため、その処理時間を大幅に短縮化できる。

## 【 0 0 7 8 】

しかも、WDM 伝送システム 1 A は、フィルタレス方式であるデジタルコヒーレント受信器を採用しなくても、可変波長フィルタ 2 3 A 及び光受信器 2 3 B を採用した受信局 3 A にも適用可能である。

40

## 【 0 0 7 9 】

尚、上記実施例の情報収集部 2 4 ( 2 4 A ) では、算出比と基準比とが同一の場合、指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する調整信号を停止するようにしたが、波長間隔を維持調整する調整信号を出力しても良い。

## 【 0 0 8 0 】

上記実施例では、グループ内の最小周波数のチャンネルを固定チャンネルとし、指定チャンネルと周波数増加方向に隣接するチャンネルを隣接チャンネルとして順次指定した。しかしながら、グループ内の最大周波数のチャンネルを固定チャンネルとし、固定チャンネルから周波数減少方向にチャンネルを順次指定し、指定チャンネルと周波数減少方向に隣接するチャンネルを隣

50

接チャンネルとして順次指定しても良い。この場合、グループ内の最小周波数のチャンネルを最終チャンネルとして無信号のチャンネルとしても良い。

【 0 0 8 1 】

上記実施例では、グループ内の最大周波数のチャンネルを最終チャンネル  $n$  として無信号のチャンネルとした。しかしながら、最終チャンネル  $n$  の 1 チャンネルに限定されるものではなく、例えば、最終チャンネル  $n$  及びチャンネル  $n - 1$  の 2 チャンネルを無信号チャンネルとして使用しても良い。尚、無信号のチャンネル数は、適宜変更可能である。

【 0 0 8 2 】

上記実施例では、WDM信号を12波長帯域単位でグループ化したが、12波長帯域に限定されるものではなく、適宜変更可能である。また、WDM信号をグループ化する際に、12波長帯域単位としたが、所定個数の波長帯域単位に限定されるものではなく、グループ毎に異なる個数の波長帯域でグループ化するようにしても良い。

10

【 0 0 8 3 】

また、上記実施例では、情報収集部24(24A)を受信局3側に内蔵したが、例えば、送信局2に情報収集部24を内蔵し、更に、送信局2内の光合波器12の出力段にWDM信号内の各チャンネルのスペクトラムを収集するスペクトラム収集部を内蔵しても良い。この場合、送信局2内の情報収集部が光合波器12の出力段に備えたスペクトラム収集部から各チャンネルの光レベルを収集する。そして、送信局2内の情報収集部は、グループ内の算出比と基準比との比較結果に基づき、調整信号を送信側調整部14及び受信側調整部25に通知するようにしても良い。その結果、送信局2側で調整信号を算出できる。

20

【 0 0 8 4 】

上記実施例では、WDM信号を例示したが、波長多重する多重光信号を使用する方式であれば、WDM信号以外にも適用可能である。例えば、CDC(Colorless Directionless Contentionless)のROADM(Reconfigurable Optional Add/Drop Multiplexer)にも適用可能である。

【 0 0 8 5 】

また、図示した各部の各構成要素は、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各部の分散・統合の具体的な形態は図示のものに限られず、その全部又は一部を、各種の負荷や使用状況等に応じて、任意の単位で機能的又は物理的に分散・統合して構成することができる。

30

【 0 0 8 6 】

更に、各装置で行われる各種処理機能は、CPU(Central Processing Unit)(又はMPU(Micro Processing Unit)、MCU(Micro Controller Unit)等のマイクロ・コンピュータ)上で、その全部又は任意の一部を実行するようにしても良い。また、各種処理機能は、CPU(又はMPU、MCU等のマイクロ・コンピュータ)で解析実行するプログラム上、又はワイヤードロジックによるハードウェア上で、その全部又は任意の一部を実行するようにしても良いことは言うまでもない。

【 0 0 8 7 】

ところで、本実施例で説明した各種の処理は、予め用意されたプログラムを光モジュールで実行することで実現できる。そこで、以下では、上記実施例と同様の機能を有するプログラムを実行する光モジュール等の光伝送装置の一例を説明する。図9は、多重光通信プログラムを実行する光伝送装置100を示す説明図である。

40

【 0 0 8 8 】

図9において多重光通信プログラムを実行する光伝送装置100では、ROM110、RAM120、プロセッサ130、光通信インタフェース140を有する。

【 0 0 8 9 】

そして、ROM110には、上記実施例と同様の機能を発揮する多重光通信プログラムが予め記憶されている。尚、ROM110ではなく、図示せぬドライブで読取可能な記録媒体に多重光通信プログラムが記録されていても良い。また、記録媒体としては、例えば、CD-ROM、DVDディスク、USBメモリ、SDカード等の可搬型記録媒体、フラ

50

ッシュメモリ等の半導体メモリ等でも良い。また、多重光通信プログラムは、ネットワークを介して通信可能な記憶装置から取得されてもよい。多重光通信プログラムとしては、図9に示すように、分割プログラム110A、指定プログラム110B、収集プログラム110C、比較プログラム110D及び調整プログラム110Eである。尚、プログラム110A、110B、110C、110D及び110Eについては、適宜統合又は分散しても良い。

【0090】

そして、プロセッサ130は、これらのプログラム110A~110EをROM110から読み出し、これら読み出された各プログラムを実行する。そして、プロセッサ130は、各プログラム110A~110Eを、分割プロセス130A、指定プロセス130B、収集プロセス130C、比較プロセス130D及び調整プロセス130Eとして機能する。

10

【0091】

プロセッサ130は、異なる波長帯域のチャンネルを多重化した多重光信号を複数のチャンネルを含む複数のグループに分割する。プロセッサ130は、グループ毎に、当該グループ内の各チャンネルの内、任意のチャンネルを指定すると共に、当該指定された指定チャンネルと所定の周波数方向に隣接する隣接チャンネルを指定する。プロセッサ130は、指定チャンネルの中心波長の第1の光レベルと、当該指定チャンネルと隣接チャンネルとが干渉する波長の第2の光レベルとを収集する。プロセッサ130は、第1の光レベルに対する第2の光レベルの算出比と第1の光レベルに対する第3の光レベルの基準比とを比較する。更に、プロセッサ130は、この比較結果に基づき、光通信インタフェース140に対して当該グループ内の当該指定チャンネルと隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する。その結果、多重光信号をグループ単位でグループ内の全チャンネルの波長間隔を調整するため、多重光信号内の波長間隔を調整する時間を短縮化できる。

20

【0092】

以上、本実施例を含む実施の形態に関し、更に以下の付記を開示する。

【0093】

(付記1)異なる波長帯域のチャンネルを多重化した多重光信号を、複数のチャンネルを含む複数のグループに分割する分割部と、

前記グループ毎に、当該グループ内の各チャンネルの内、任意のチャンネルを指定すると共に、当該指定された指定チャンネルと所定の周波数方向に隣接する隣接チャンネルを指定する指定部と、

30

前記指定チャンネルの中心波長の第1の光レベルと、当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとが干渉する波長の第2の光レベルとを収集する収集部と、

前記第1の光レベルに対する前記第2の光レベルの算出比と前記第1の光レベルに対する第3の光レベルの基準比とを比較する比較部と、

この比較結果に基づき、当該グループ内の当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する調整部と

を有することを特徴とする多重光通信装置。

【0094】

40

(付記2)前記第3の光レベルは、当該多重光通信装置の通信環境で保証するグループ内の隣接するチャンネル間で干渉する波長の保証用光レベルであることを特徴とする付記1に記載の多重光通信装置。

【0095】

(付記3)前記調整部は、

前記算出比と前記基準比とが同一となるように、前記隣接チャンネルの中心波長を移動調整することを特徴とする付記1又は2に記載の多重光通信装置。

【0096】

(付記4)前記調整部は、

前記算出比が前記基準比よりも小さい場合、前記隣接チャンネルの中心波長を前記所定の

50

周波数方向に移動調整すると共に、

前記算出比が前記基準比よりも大きい場合、前記隣接チャンネルの中心波長を前記所定の周波数方向と反対方向に移動調整することを特徴とする付記 1 ~ 3 の何れか一つに記載の多重光通信装置。

【 0 0 9 7 】

(付記 5) 前記調整部は、

前記算出比と前記基準比とが同一となるように、前記隣接チャンネルの中心波長に対応した周波数を抽出するフィルタ帯域のフィルタ周波数を調整することを特徴とする付記 1 又は 2 に記載の多重光通信装置。

【 0 0 9 8 】

(付記 6) 前記調整部は、

前記算出比が前記基準比よりも小さい場合、前記隣接チャンネルの中心波長を抽出するフィルタ帯域の周波数を前記所定の周波数方向に移動調整すると共に、

前記算出比が前記基準比よりも大きい場合、前記隣接チャンネルの中心波長を抽出するフィルタ帯域の周波数を前記所定の周波数方向と反対方向に移動調整することを特徴とする付記 1, 2 又は 5 に記載の多重光通信装置。

【 0 0 9 9 】

(付記 7) 前記指定部は、

前記グループ内の前記算出比が前記基準比と同一となると、当該グループ内に、当該隣接チャンネルとして、当該グループ内の末端から 2 番目のチャンネルが指定されるまで、当該隣接チャンネルを指定チャンネルとして指定すると共に、当該指定チャンネルと前記所定の周波数方向に隣接するチャンネルを隣接チャンネルとして指定することを特徴とする付記 1 ~ 6 の何れか一つに記載の多重光通信装置。

【 0 1 0 0 】

(付記 8) 前記調整部は、

前記多重光信号を送信した対向側の多重光通信装置に対して、送信する前記多重光信号内の同一グループ内の前記指定チャンネルと当該隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整するように通知することを特徴とする付記 1 ~ 7 の何れか一つに記載の多重光通信装置。

【 0 1 0 1 】

(付記 9) 前記グループ内の複数のチャンネルの内、前記所定の周波数方向の最終端にある最終チャンネルを無信号のチャンネルに設定することを特徴とする付記 1 ~ 8 の何れか一つに記載の多重光通信装置。

【 0 1 0 2 】

(付記 10) 前記所定の周波数方向は、

前記チャンネル内の周波数の増加方向であることを特徴とする付記 1 ~ 9 の何れか一つに記載の多重光通信装置。

【 0 1 0 3 】

(付記 11) 前記所定の周波数方向は、

前記チャンネル内の周波数の減少方向であることを特徴とする付記 1 ~ 9 の何れか一つに記載の多重光通信装置。

【 0 1 0 4 】

(付記 12) 異なる波長帯域のチャンネルを多重化した多重光信号を受信する多重光通信装置の多重光通信方法であって、

前記多重光通信装置は、

前記多重光信号を、複数のチャンネルを含む複数のグループに分割し、

前記グループ毎に、当該グループ内の各チャンネルの内、任意のチャンネルを指定すると共に、当該指定された指定チャンネルと所定の周波数方向に隣接する隣接チャンネルを指定し、

前記指定チャンネルの中心波長の第 1 の光レベルと、当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとが干渉する波長の第 2 の光レベルとを収集し、

前記第 1 の光レベルに対する前記第 2 の光レベルの算出比と前記第 1 の光レベルに対す

10

20

30

40

50



る第3の光レベルの基準比とを比較し、

この比較結果に基づき、当該グループ内の当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する

処理を実行することを特徴とする多重光通信方法。

【0105】

(付記13)異なる波長帯域のチャンネルを多重化した多重光信号を受信する多重光通信装置に、

前記多重光信号を、複数のチャンネルを含む複数のグループに分割し、

前記グループ毎に、当該グループ内の各チャンネルの内、任意のチャンネルを指定すると共に、当該指定された指定チャンネルと所定の周波数方向に隣接する隣接チャンネルを指定し、

前記指定チャンネルの中心波長の第1の光レベルと、当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとが干渉する波長の第2の光レベルとを収集し、

前記第1の光レベルに対する前記第2の光レベルの算出比と前記第1の光レベルに対する第3の光レベルの基準比とを比較し、

この比較結果に基づき、当該グループ内の当該指定チャンネルと前記隣接チャンネルとの間の波長間隔を調整する

処理を実行させることを特徴とする多重光通信プログラム。

【符号の説明】

【0106】

1 WDM伝送システム

2 送信局

3 受信局

14 送信側調整部

23 光受信器

24 情報収集部

24A 情報収集部

25 受信側調整部

25A 受信側調整部

31 指定部

31A 指定部

32 収集部

32A 収集部

33 比較部

33A 比較部

34 算出部

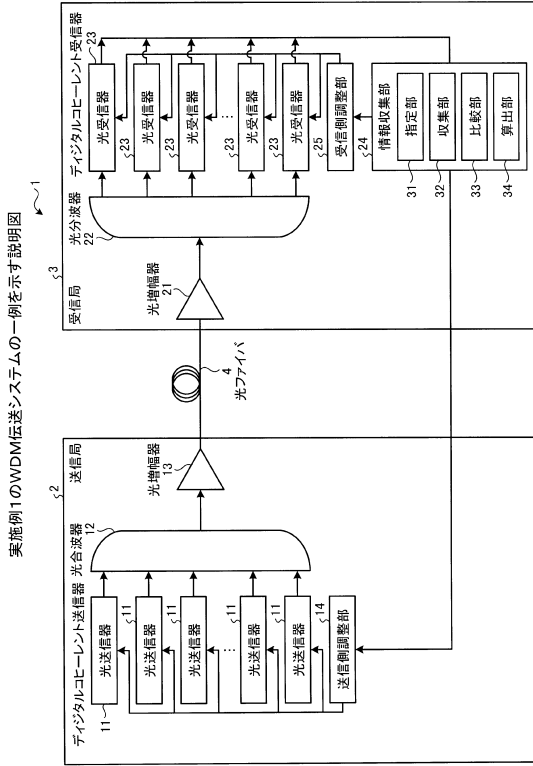
34A 算出部

10

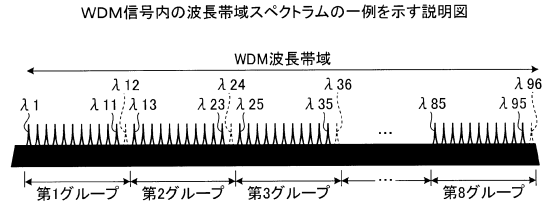
20

30

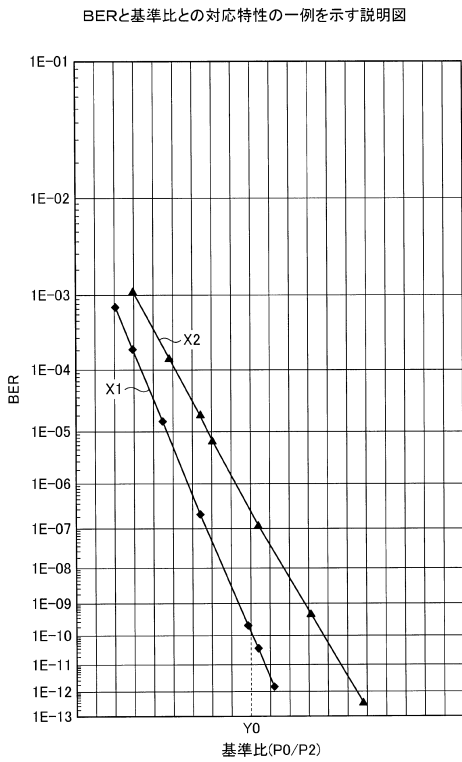
【図1】



【図2】

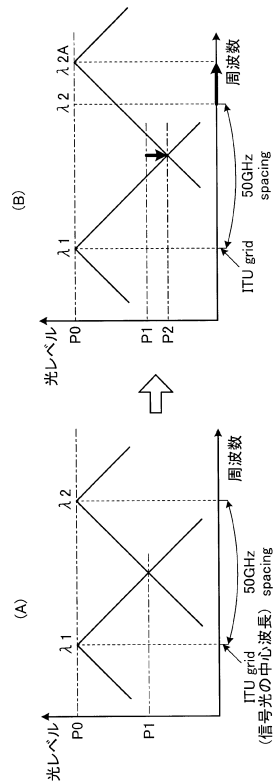


【図3】

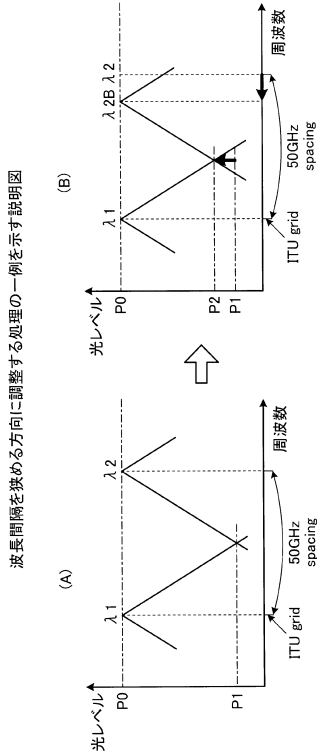


【図4】

波長間隔を広げる方向に調整する処理の一例を示す説明図

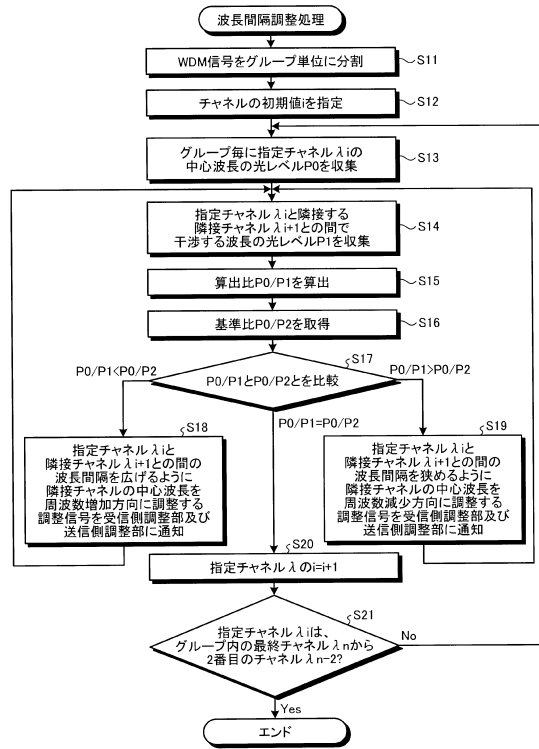


【図5】



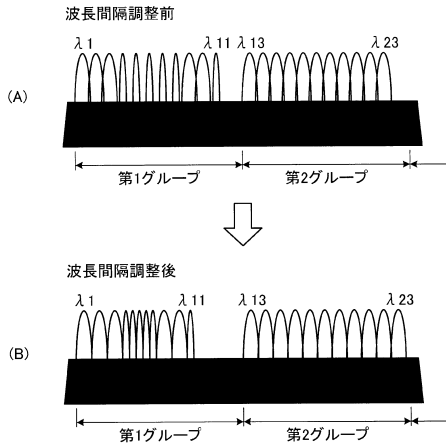
【図6】

波長間隔調整処理に関わる受信局側の処理動作の一例を示すフローチャート



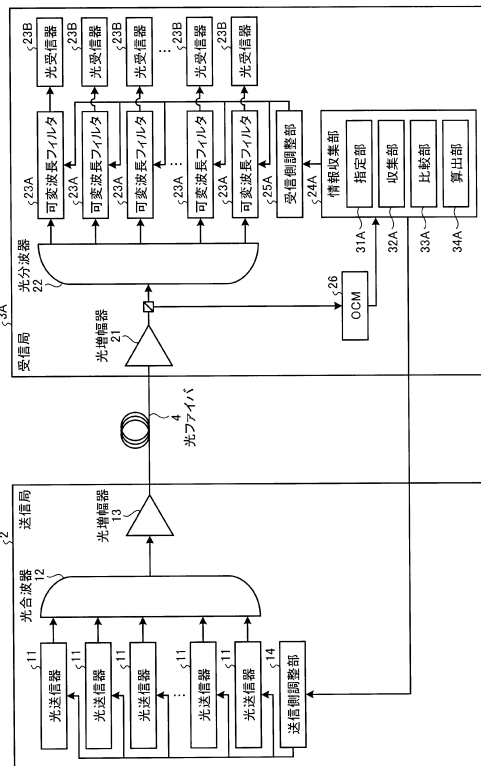
【図7】

波長間隔調整処理実行前及び波長間隔調整処理実行後のWDM信号の波長帯域スペクトラムの一例を示す説明図



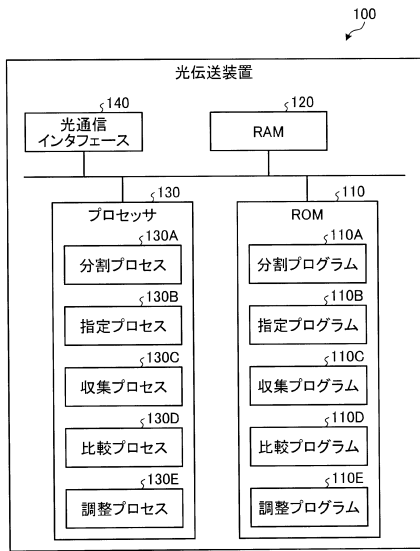
【図8】

実施例2のWDM伝送システムの一部を示す説明図



【図9】

多重光通信プログラムを実行する光伝送装置を示す説明図



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-226169(JP,A)  
特開2012-023607(JP,A)  
特表2010-535006(JP,A)  
特開2006-020364(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/90

H04J14/00-14/08