

明 細 書

発明の名称：光中継装置、制御方法および光伝送システム

技術分野

[0001] 本発明は、波長多重された光信号を中継する光中継装置、制御方法および光伝送システムに関する。

背景技術

[0002] 情報通信の大容量化は、波長多重光伝送システムにより実現されてきた。波長多重光伝送システムはWDM (Wavelength Division Multiplexing) システムとも呼ばれる。近年では、スマートフォンをはじめとした通信端末の高性能化に伴い1台の端末が送受信する情報の容量も増大してきており、情報通信の更なる大容量化が求められている。また、通信経路および通信装置に対する信頼性の向上を実現することを目的として、需要に合わせてネットワーク構成を最適化するネットワーク柔軟性の要求が高まっている。これらの要求に対応するため、非特許文献1で規定されているフレキシブルグリッド (Flexible Grid) に対応した多方路WDMシステムが実用化されている。フレキシブルグリッドに対応した多方路WDMシステムでは、各波長の帯域幅を変更することができる。

[0003] また、WDMシステムでは、波長ごとの光レベルを規定値に調整する機能により光伝送特性が劣化するのを防止している。この機能は、例えば動的利得制御とも呼ばれる。従来のWDMシステムの一例として、特許文献1には、受信端での信号特性が最適となるよう、送信側の光レベルを波長毎に調整するWDM光伝送システムが記載されている。

[0004] レベル変動による影響としては、光レベルが上昇した場合には非線形現象の影響が増加し、光レベルが低下した場合にはOSNR (Optical Signal to Noise Ratio) が劣化する。これらが信号特性を悪化させ、信号特性劣化により伝送距離が短くなる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第5 6 3 3 2 6 6号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：I T U-T G. 6 9 4. 1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] フレキシブルグリッドに対応した多方路WDMシステムでは、波長単位での経路切替が可能な波長選択スイッチ（WSS：Wavelength Selective Switch）を用いるのが一般的である。WSSは、入力された光信号の経路を切り替える機能に加えて、波長の合波および分波を行う機能と、各波長が出力ポートを透過する際に波長ごとに設定されている透過率で各波長の光レベルを個別に減衰させる機能とを有している。WSSを備えた多方路WDMシステムにおける動的利得制御では、WSSが各波長の光レベルを個別に減衰させる機能を使用して各波長の光レベルが揃うように制御する。ここで、上述したように、多方路WDMシステムを含むWDMシステムにおいては、光レベルの変動が生じた場合、信号特性が悪化し、信号伝送品質が劣化する。信号伝送品質が劣化した状態が長く続くのは好ましくないため、光レベルの変動が発生してから規定の光レベルに戻るまでの所要時間、すなわち各波長の光レベルを調整して規定の光レベルに戻す動作の所要時間の短縮化の実現が望まれる。光レベルの変動が発生した場合に光レベルが変動した波長を規定の光レベルに戻すまでの所要時間が短縮されるとシステム全体としての信号伝送品質が向上する。

[0008] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、光レベル変動を検出してから光レベルの調整が完了するまでの所要時間を短縮化して光伝送システムにおける信号伝送品質を向上させることが可能な光中継装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる光中継装置は、波長単位での経路切り替えおよび波長ごとの光レベル調整が可能な波長選択スイッチを備える。また、光中継装置は、波長選択スイッチから出力される光信号の波長ごとの光レベルの変動量と光信号の各波長の光レベル調整が有効か否かを波長ごとに示す設定情報とに基づいて、波長選択スイッチに対して光信号の光レベル調整量の設定変更を指示する制御装置を備える。

発明の効果

[0010] 本発明にかかる光中継装置は、光レベル変動を検出してから光レベルの調整が完了するまでの所要時間を短縮化して光伝送システムにおける信号伝送品質を向上させることができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]本発明の実施の形態1にかかる光中継装置の構成例を示す図
[図2]制御装置を実現する処理回路の一例を示す図
[図3]実施の形態1にかかる制御装置による動的利得制御の一例を示すフローチャート
[図4]実施の形態2にかかる光中継装置の構成例を示す図
[図5]実施の形態2にかかる光中継装置を複数接続して形成された光伝送システムの構成例を示す図
[図6]OSC光とサービス波長との関係の一例を示す図
[図7]実施の形態3にかかる光中継装置を複数接続して形成された光伝送システムの構成例を示す図

発明を実施するための形態

[0012] 以下に、本発明の実施の形態にかかる光中継装置、制御方法および光伝送システムを図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0013] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1にかかる光中継装置の構成例を示す図である。本実施の形態にかかる光中継装置1は、波長選択スイッチであるWSS

10と、光チャネルモニタであるOCM (Optical Channel Monitor) 20と、WSS 10およびOCM 20を制御する制御装置30とを備える。光中継装置1は波長多重光伝送システムに適用され、フレキシブルグリッドに対応した多方路WDMシステムを実現することが可能である。また、光中継装置1は、4つの入力ポート (Port # In 1 ~ Port # In 4) および1つの出力ポート (Port # Out) を有している。

[0014] 図1に示したWSS 10は、4ポートの波長選択スイッチであり、波長多重数を最大80波長としている。WSS 10は、波長とポートの関係を任意に変更でき、各ポートを透過させる波長も任意に変更できる。また、WSS 10は、各ポートを透過させる波長の帯域を任意に変更できる。さらに、WSS 10は、各ポートを透過させる波長の光レベルを波長ごとに個別に減衰させて調整することが可能である。

[0015] 図1に示した光中継装置1においては、波長多重された信号光であるWDM信号光がPort # In 1, # In 2, # In 3, # In 4からWSS 10に入力され、WSS 10は入力された各WDM信号光を合波して光スプリッタ40を介してPort # Outから出力する。WSS 10は任意の波長のWDM信号光がPort # In 1, # In 2, # In 3, # In 4の何れから入力されるよう設定されている。ここで、図1に示したように、本実施の形態では波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 および λ_4 のWDM信号光がPort # In 1からWSS 10に入力され、波長 λ_5 のWDM信号光がPort # In 2からWSS 10に入力される設定としている。WSS 10は、入力された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_5$ のWDM信号光を合波する。WSS 10から出力されたWDM信号光は、光スプリッタ40により2つの経路に分岐され、一方のWDM信号光はPort # Outを介して外部へ出力され、もう一方のWDM信号光はOCM 20に入力される。なお、以下の説明においては、波長 λ_n ($n = 1, 2, 3, \dots$) のWDM信号光を単に「波長 λ_n 」と記載する場合がある。

[0016] OCM 20は入力光を波長毎に分離し、各波長の光レベルを測定すること

が可能である。また、OCM20は波長帯域を任意に変更することが可能である。OCM20は、WSS10から出力され、光スプリッタ40を介して受光した各波長の光レベルを測定する。OCM20は、受光した各波長の光レベルを繰り返し測定する。

[0017] 制御装置30は、OCM-I F (Inter Face) 31、光レベル変動検出部32、制御対象波長管理部33、調整実施判定部34、波長数カウント部35、レベル調整量決定部36およびWSS-I F 37を備える。

[0018] OCM-I F 31は、OCM20と光レベル変動検出部32とを接続するインタフェース部である。OCM-I F 31は、各波長の光レベルの情報をOCM20から取得する。例えば、OCM-I F 31は、光レベルの情報を送信するようにOCM20に要求し、光レベルの情報を取得する。

[0019] 光レベル変動検出部32は、OCM20で測定された各波長の光レベルに基づいて光レベルの変動を検出する。例えば、光レベル変動検出部32は、波長ごとの光レベルと規定の光レベルとを比較し、両者の光レベル差を算出する。そして、光レベル変動検出部32は、OCM20のモニタ精度およびWSS10のレベル調整精度を考慮し、比較結果すなわち算出したレベル差が α [dB] 以上の場合に光レベル変動ありと判定し、「光レベル変動有り」を示す情報を調整実施判定部34へ出力する。光レベル変動検出部32は、比較結果が α [dB] 未満の場合は「光レベル変動無し」を示す情報を調整実施判定部34およびレベル調整量決定部36へ出力する。光レベル変動検出部32は、波長ごとに、光レベル変動の有無を判定し、各波長の判定結果すなわち「光レベル変動有り」または「光レベル変動無し」を示す情報を調整実施判定部34へ出力する。また、光レベル変動検出部32は、各波長の光レベルをレベル調整量決定部36へ通知する。

[0020] 制御対象波長管理部33は、光レベル調整すなわち動的利得制御の対象とする波長の情報を管理する。制御対象波長管理部33は、作業端末2から波長ごとの動的利得制御の設定情報すなわち「光レベル調整有効」または「光レベル調整無効」を示す情報を取得して保持する。図1では作業端末2と光

中継装置 1 の制御対象波長管理部 3 3 とが直接接続する構成例を示しているが、作業端末 2 と制御対象波長管理部 3 3 とがネットワークを介して接続する構成としてもよい。

[0021] 調整実施判定部 3 4 は、光レベル調整の対象とされている波長の各々について、光レベル調整が必要か否かを判定する。具体的には、調整実施判定部 3 4 は、光レベル検出部 3 2 から入力された、各波長の光レベル変動判定結果（「光レベル変動有り」または「光レベル変動無し」）と制御対象波長管理部 3 3 が保持している波長ごとの光レベル調整の設定情報（「光レベル調整有効」または「光レベル調整無効」）とを確認し、光レベルが変動し且つ光レベル調整が有効に設定されている波長を光レベル調整が必要な波長と判定する。調整実施判定部 3 4 は、光レベルが変動し且つ光レベル調整が有効とされている波長以外の波長については光レベル調整が必要ない波長と判定する。図 1 に示したように、調整実施判定部 3 4 は、複数の AND 回路で実現できる。すなわち、調整実施判定部 3 4 は、光中継装置 1 が処理する波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{\max}$ と同じ数の AND 回路を備え、各 AND 回路に、光レベル変動検出部 3 2 から出力される波長ごとの判定結果と、制御対象波長管理部 3 3 から出力される設定情報すなわち波長ごとの光レベル調整有効または無効を示す情報とを入力させる構成の回路で実現できる。調整実施判定部 3 4 は、各波長の判定結果を波長数カウント部 3 5 およびレベル調整量決定部 3 6 へ出力する。

[0022] 波長数カウント部 3 5 は、調整実施判定部 3 4 から入力された、各波長の判定結果を確認し、光レベル調整が必要な波長の数をカウントする。波長数カウント部 3 5 は、光レベル調整が必要な波長の数がゼロの場合は W S S 1 0 への設定を行わないよう W S S - I F 3 7 へ通知し、光レベル調整が必要な波長の数が 1 以上の場合は W S S 1 0 への設定を行うよう W S S - I F 3 7 へ通知する。なお、光レベル調整が必要な波長の数をカウントする波長数カウント部 3 5 を備えることとしたが、光レベル調整が必要な波長の有無のみを判定する処理部を波長数カウント部 3 5 の代わりに備える構成としても

よい。

[0023] レベル調整量決定部36は、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{80}$ のそれぞれの光レベルをOCM-IF31および光レベル変動検出部32を介して受け取り、各波長の光レベルと期待光レベルとに基づいて、各波長の光レベルの調整量を決定する。期待光レベルとは、WSS10から出力されるWDM信号光の光レベルの目標値である。レベル調整量決定部36は、各波長の光レベルと期待光レベルとの差分を波長ごとに算出し、算出した差分を各波長の光レベルの調整量としてWSS-IF37へ通知する。ここで、レベル調整量決定部36は、調整実施判定部34において光レベル調整が必要と判定された波長のみについて、光レベルの調整量を算出するようにしてもよい。光レベル調整が必要と判定された波長のみを対象としてレベル調整量決定部36が光レベルの調整量を算出する場合、算出処理を必要最小限の波長に限定して実行することになり処理負荷の増加を抑えることができる。なお、レベル調整量決定部36は、各波長の光レベルの調整量を算出する演算回路で実現できる。この場合、レベル調整量決定部36は、光中継装置1が処理する波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{\max}$ と同じ数の演算回路を備えて各波長の光レベルの調整量を並列に算出するようにしてもよいし、1つの演算回路を備えて各波長の光レベルの調整量を順番に算出するようにしてもよい。図1では「 λ_1 調整量算出」～「 $\lambda_{\max}$ 調整量算出」と記載した構成が演算回路に該当する。

[0024] WSS-IF37は、WSS10と波長数カウント部35およびレベル調整量決定部36とを接続するインタフェース部である。WSS-IF37は、WSS10に対して、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{80}$ のそれぞれをPort #In1～#In4のどのポートから入力させるかの設定を行う。また、WSS-IF37は、波長選択スイッチ制御部として動作し、WSS10に対して、WSS10が出力する各波長の透過率の設定を行う。透過率は、レベル調整量決定部36で算出された、波長ごとの光レベルの調整量に基づいて決定される。WSS-IF37は、光レベルの調整量から透過率を計算する算出式を用いて各波長の透過率を算出してもよいし、光レベルの調整量と透過率の対応

テーブルを保持しておき、対応テーブルを参照して各波長の透過率を決定してもよい。WSS-IF37は、その他の方法で各波長の透過率を決定してもよい。WSS-IF37は、調整実施判定部34において光レベル調整が必要と判定された波長のみを対象として透過率を求め、WSS10に透過率を設定するようにしてもよい。なお、ここではWSS-IF37が各波長の透過率を決定することとしたが、レベル調整量決定部36が各波長の透過率を決定するようにしてもよい。WSS10が出力する各波長の透過率の設定を変更することによりWSS10から出力される光信号の減衰量が変化し、出力される光信号の光レベルを調整できる。

[0025] 以上の構成要素を備えた制御装置30は、FPGA (Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、等の専用のH/W (Hardware) により構成される処理回路で実現することが可能である。制御装置30の構成要素の一部を専用のハードウェアで実現し、残りをソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現してもよい。

[0026] 制御装置30の構成要素の一部をソフトウェアなどにより実現する場合、例えば、図2に示した処理回路100を使用する。処理回路100は、プロセッサ101、メモリ102および通信回路103を備えている。プロセッサ101は、CPU (Central Processing Unit、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサ、DSPともいう)、システムLSI (Large Scale Integration) などである。メモリ102は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリー、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) 等の、不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスクまたはDVD (Digital Versatile Disc) 等である。

[0027] 例えば、制御装置30のOCM-IF31、光レベル変動検出部32、制御対象波長管理部33、調整実施判定部34、波長数カウント部35、レベル調整量決定部36およびWSS-IF37の一部を図2に示した処理回路100で実現する場合、処理回路100で実現する構成要素のそれぞれに対応するプログラムをメモリ102から読み出してプロセッサ101が実行することにより実現する。通信回路103は、制御装置30が作業端末2、WSS10およびOCM20と通信する際に使用される。

[0028] つづいて、制御装置30がWSS10を制御して各波長の動的利得制御すなわち光レベル調整を実行する動作について、図3を参照しながら説明する。なお、図3は、実施の形態1にかかる制御装置30による動的利得制御の一例を示すフローチャートである。図示したように、制御装置30による動的利得制御は常時ループのフローとなっており、制御装置30はステップS1～S7の各処理を繰り返す。以下、 $n = 1 \sim$ システム波長数の最大値($\lambda_{\max}$ 、例えば $\lambda_{\max} = 80$)とする。

[0029] 制御装置30は、まず、OCM20より波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{\max}$ のそれぞれの光レベルすなわちパワー $P_1 \sim P_{\max}$ を取得する(ステップS1)。このステップS1は、上述したOCM-IF31が実行する処理である。制御装置30は、次に、WSS10の状態を確認し、WSS10が設定受付可能状態か否かを確認する(ステップS2)。WSS10が設定受付可能ではない状態とは、例えば、制御装置30がWSS10に対して、波長とポートの関係、各ポートを透過させる波長、各ポートを透過させる波長の帯域、各波長の透過率、などの設定を指示し、指示に従って設定変更を行っている状態が該当する。WSS10は、制御装置30から設定変更の指示を受けると指示内容に従って設定変更を行い、変更が完了すると変更完了を制御装置30へ通知する。そのため、制御装置30は、WSS10が設定受付可能状態か否かを判別できる。なお、ステップS2の処理は必須ではなく、省略することも可能である。また、ステップS2の処理を後述するステップS6とS7の間で実行する構成としてもよい。WSS10が設定受付可能状態か否かを判定する処理を

図3に示したステップS2として実行する構成とした場合には、ステップS3以降の処理を不必要に実行してしまうのを防止でき、処理負荷が増大するのを防止できる。

[0030] WSS10が設定受付可能な状態ではない場合（ステップS2：No）、制御装置30は、ステップS1に戻って処理を継続する。WSS10が設定受付可能な状態の場合（ステップS2：Yes）、制御装置30は、レベル変動波長を抽出する（ステップS3）。すなわち、制御装置30は、各波長について光レベルが変動したか否かを判別し、光レベルが変動した波長の情報を抽出して出力する。具体的には、ステップS1で取得した光レベル（ $P_1 \sim P_{max}$ ）の各々と規定の光レベルとの差分を波長ごとに算出し、算出した差分である光レベル差を閾値と比較する。なお、閾値は上述した α [dB]である。そして、光レベル差が閾値以上の波長については光レベルが変動したと判定する。使用する閾値は、全波長に対して同じ値でもよいし、波長毎に異なる値としてもよい。ステップS2およびS3は、上述した光レベル変動検出部32が実行する処理である。ステップS2において、光レベル変動検出部32は、WSS-IF37から必要な情報を取得し、WSS10が設定受付可能な状態か否かを判定する。光レベル変動検出部32がWSS-IF37から取得する情報とは、WSS10が設定変更を行っている状態か否かを示す情報である。

[0031] 制御装置30は、次に、光レベルの制御対象の判定を行う（ステップS4）。すなわち、制御装置30は、各波長について光レベル調整が必要か否かを判定する。具体的には、制御装置30は、作業端末2から取得した、光レベル調整の対象とする波長の情報と、ステップS3で光レベルが変動したと判定した波長の情報とに基づいて、波長ごとに、光レベル調整が必要か否かを判定する。制御装置30は、光レベル調整の対象とする波長の情報が光レベルの調整が有効であることを示し、かつステップS3で光レベルが変動したと判定した波長について、光レベル調整が必要な波長と判定し、光レベルの制御対象とする。このステップS4は、上述した調整実施判定部34が実

行する処理である。

[0032] 制御装置30は、次に、レベル調整が必要な波長の有無を確認する（ステップS5）。すなわち、制御装置30は、ステップS4において光レベル調整が必要と判定した波長が1つ以上存在するか否かを確認する。このステップS5は、上述した波長数カウント部35が実行する処理である。ステップS4で光レベル調整が必要と判断した波長がゼロの場合（ステップS5：No）、制御装置30は、ステップS1に戻って処理を継続する。

[0033] ステップS4で光レベル調整が必要と判定した波長が1つ以上存在する場合（ステップS5：Yes）、制御装置30は、制御対象の各波長、すなわち光レベル調整が必要な各波長の調整目標値を計算する（ステップS6）。調整目標値は上述した「光レベルの調整量」である。制御装置30は、ステップS1で取得した光レベル（ $P_1 \sim P_{max}$ ）のうち、ステップS4で光レベル調整が必要と判定した波長の光レベル（ P_n ）の各々と規定の光レベルとの差分を波長ごとに算出し、算出した差分を調整目標値とする。このステップS6は、上述したレベル調整量決定部36が実行する処理である。

[0034] 次に、制御装置30は、ステップS6で算出した、光レベル調整が必要な各波長の調整目標値をWS S10に設定する（ステップS7）。すなわち、制御装置30は、ステップS6で算出した調整目標値に従ってWS S10が光レベルを調整するよう、WS S10に対して設定変更を指示する。このステップS7は、上述したWS S—I F 37が実行する処理である。WS S—I F 37は各波長の透過率をWS S10へ通知することにより設定変更を指示する。このとき、WS S—I F 37は、光レベル調整が必要な波長の透過率のみをWS S10へ通知する。なお、WS S10は、制御装置30から設定変更の指示すなわち光レベル調整が必要な波長の透過率の通知を受けると、設定変更動作を開始する。WS S10は、設定変更動作を開始後、光レベル調整が必要な波長の透過率の設定変更が完了するまでに要する数秒間の間は、次の設定変更指示を受け付けることができない状態となる。

[0035] 実施の形態1にかかる光中継装置1により得られる効果を説明する。ここ

では、一例として、Port # 1 n 1 からサービス中の波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ および $\lambda 4$ が入力され、Port # 1 n 2 から新規増設波長 $\lambda 5$ が入力されている状態とする。また、新規増設波長 $\lambda 5$ は新規信号光として立ち上げ途中とする。すなわち、波長 $\lambda 5$ は新規信号光であるため、規定の光レベルの出力を発出するまでに調整時間を要し、光源において光レベルを調整中であるものとする。また、光源の個体ばらつきなどにより、規定の光レベルに到達するまでの光出力変化も個体毎に異なる。この場合、波長 $\lambda 5$ の光レベルは不安定な状態であり、光中継装置 1 において波長 $\lambda 5$ の光レベル調整を有効にしておく、光源から規定の光レベルで波長 $\lambda 5$ が発出されるようになるまでの間、光中継装置 1 は波長 $\lambda 5$ の光レベル調整すなわち W S S 1 0 の設定変更を繰り返し実行する。上述したように W S S 1 0 が設定変更を実施している間は次の設定変更が実施できない。そのため、波長 $\lambda 5$ の光レベル調整のために W S S 1 0 が設定変更を実施している状態でサービス中の波長（波長 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ の一部または全て）で光レベル変動が発生した場合、サービス中の波長の光レベル調整を開始するまでの待ち時間が発生する。すなわち、信号伝送品質が劣化した状態が長く続いてしまう。しかし、作業端末 2 から制御対象波長管理部 3 3 に対して、既に運用中の波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ は「光レベル調整有効」、新規信号光である波長 $\lambda 5$ は「光レベル調整無効」とする設定を行っておくことにより、光レベル調整の所要時間を短縮できる。

[0036] すなわち、制御装置 3 0 は、波長 $\lambda 5$ は光レベル調整が無効に設定されているため、波長 $\lambda 5$ に光レベルの変動が生じていても、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 4$ に光レベルの変動が生じていなければ、光レベル調整を実施しない。そのため、W S S 1 0 に設定変更を指示できない期間である W S S 設定無効期間が必要以上に発生してしまうのを抑止可能となる。また、制御装置 3 0 は、波長 $\lambda 5$ の光レベル調整を無効として待機しているため、波長 $\lambda 5$ の光レベルのみが変動しても光レベル調整を実施せず、そのすぐ後に波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ および $\lambda 4$ の一部または全ての光レベルが変動した場合、光レベル変動を検

出した波長の光レベル調整を待ち時間なく開始することが可能となる。

[0037] このように、本実施の形態にかかる光中継装置 1 によれば、光レベル変動を検知した場合の光レベル変動検知から光レベル調整開始までの所要時間を、最大で動的利得制御実行周期の時間だけ短縮することが可能となる。動的利得制御実行周期とは、制御装置 30 が WSS 10 に対して特定波長の透過率の設定変更を指示し、WSS 10 が設定変更を完了するまでの所要時間である。

[0038] なお、光レベル変動を検知してから光レベル調整を開始するまでの所要時間を、動的利得制御実行周期の時間だけ短縮することができるのは、光レベル調整が無効とされている波長の光レベルのみが変動し、そのすぐ後に光レベル調整が有効とされている波長の光レベル変動が発生した場合である。また、光レベル調整が無効とされている波長については光レベル変動の有無によらず光レベル調整を行わないため、光レベル調整を実施する波長の数が必要以上に多くなるのを防止できる。また、光レベル調整が有効とされている波長の光レベル変動と光レベル調整が無効とされている波長の光変動が同時に発生した場合、光レベル調整が有効とされている波長のみを対象として光レベル調整を行うため、1 回の光レベル調整、すなわち WSS 10 の設定変更に要する時間を短縮できる。

[0039] 以上のように、本実施の形態にかかる光中継装置 1 は、波長ごとに光レベル調整の対象とするか否かの設定情報を保持しておき、光レベルの変動を検知した場合、検知した波長が光レベル調整の対象に設定されていれば当該波長に対して光レベル調整を実行し、検知した波長が光レベル調整の対象に設定されていなければ当該波長に対する光レベル調整を実行しないこととした。これにより、不要な光レベル調整すなわち WSS の設定を実行してしまい、その後の光レベル調整の開始タイミングが遅延してしまうのを防止することができる。従って、本実施の形態にかかる光中継装置 1 によれば、光レベルの変動を検知してから光レベル調整が完了するまでの所要時間を短縮でき、光伝送システムにおける信号伝送品質を向上させることができる。

[0040] なお、光伝送システムを構成する全ての光中継装置を実施の形態１にかかる光中継装置１とする必要はなく、一部の光中継装置を光中継装置１とすることにより光伝送システムにおける信号伝送品質を向上させることができる。少なくとも１台の光中継装置１を備えた光伝送システムとすることにより、光中継装置１で光レベル変動を検出した場合の光レベル調整に要する時間は、光中継装置１を含まない構成とした場合と比較して短くなるので、光伝送システムにおける信号伝送品質が向上する。

[0041] 実施の形態２．

図４は、実施の形態２にかかる光中継装置の構成例を示す図である。実施の形態２にかかる光中継装置１aは、実施の形態１にかかる光中継装置１の制御装置３０を制御装置３０aに置き換え、さらに、OSC (Optical Supervisory Channel) 処理部５１および５２を追加した構成である。なお、光中継装置１aにおいて、光中継装置１と同じ符号が付された構成要素は光中継装置１の対応する構成要素と同じものであるため、説明を省略する。

[0042] 制御装置３０aは、実施の形態１にかかる制御装置３０の制御対象波長管理部３３を制御対象波長管理部３３aに置き換えたものである。制御装置３０aは制御対象波長管理部３３aを備えている以外は実施の形態１の制御装置３０と同様である。そのため、制御対象波長管理部３３a以外については説明を省略する。

[0043] 実施の形態１で説明したように、制御装置３０の制御対象波長管理部３３は、各波長の動的利得制御が有効か無効かを示す設定情報を作業端末２から取得して保持していた。これに対して、本実施の形態にかかる制御装置３０aの制御対象波長管理部３３aは、光信号の中継元となっている他の光中継装置から動的利得制御の設定に関する情報を取得し、取得した情報に基づき、波長ごとの動的利得制御の設定、すなわち、光レベル調整を有効とする波長および光レベル調整を無効とする波長を設定する。また、制御対象波長管理部３３aは、動的利得制御すなわち光レベル調整を実施する波長の情報を生成し、生成した情報を利得制御情報として光信号の中継先の他の中継装置

へ送信する。

[0044] OSC処理部51は、他の光中継装置から送信されたOSC光を受信するOSC受信部（OSC RX）53を備える。OSC光は、波長多重光伝送システムにおいてシステムを構成している機器の監視および制御を行う際に使用する信号光である。OSC受信部53が受信するOSC光は、他の光中継装置における利得制御情報、すなわち他の中継装置で光レベル調整が実施される波長の情報を含んでいる。

[0045] OSC処理部52は、他の光中継装置へOSC光を送信するOSC送信部（OSC TX）54を備える。OSC送信部54が送信するOSC光は、自装置（自光中継装置）で光レベル調整を実施する波長の情報である利得制御情報を含んでいる。

[0046] まず、複数の光中継装置1aの接続について、図5を用いて説明する。図5は、実施の形態2にかかる光中継装置1aを複数接続して形成された波長多重光伝送システムである光伝送システム200の構成例を示す図である。便宜上、図5に示した3つの光中継装置1aをノード#1、ノード#2、ノード#3として説明を行う。

[0047] ノード#1～#3は光ファイバで接続され、OSC光はユーザデータの伝送に使用されるサービス波長 $\lambda_1 \sim \lambda_6$ と同じファイバで伝送される。OSC光の波長は、図6に示したように、サービス波長とは異なる波長帯域を使用する。なお、図6に示した例において「OSC」と示した帯域がOSC光の帯域、「Signals」と示した帯域がサービス波長の帯域である。

[0048] ノード#1～#3は、図4では記載を省略している分波器61、増幅器（AMP）62、分波装置（DEMUX）63、合波装置（MUX）64、増幅器（AMP）65および合波器66を備えている。

[0049] 分波器61は、サービス波長とOSC光とが波長多重された光信号を分波してサービス波長とOSC光とに分離し、サービス波長を増幅器62へ入力させるとともにOSC光をOSC処理部51へ入力させる。

[0050] 増幅器62は、入力されたサービス波長を一括増幅する。分波装置63は

、図示を省略している複数の出力ポートを有しており、入力されたサービス波長を出力先のポートが同じ波長のもの同士に分波し、出力ポートから出力する。

[0051] 合波装置 64 は、図 4 に示した WSS 10、OCM 20 および制御装置 30a により構成され、複数の入力ポートの各々から入力された波長を合波して出力する。なお、図 5 では WSS 10 および OCM 20 の記載を省略している。合波装置 64 の WSS 10 は、実施の形態 1 で説明したように、出力する各波長の光レベルを個別に減衰させて調整することが可能である。

[0052] 増幅器 65 は、入力されたサービス波長を一括増幅する。合波器 66 は、増幅器 65 から出力されたサービス波長と OSC 処理部 52 から出力された OSC 光を合波して出力する。

[0053] なお、実施の形態 1 では説明を省略したが、実施の形態 1 にかかる光中継装置 1 も同様に、上記の分波器 61、増幅器 62、分波装置 63、合波装置 64、増幅器 65 および合波器 66 を備えている。

[0054] つぎに、本実施の形態にかかる光中継装置 1a の動作を説明する。なお、実施の形態 1 にかかる光中継装置 1 と異なる部分について説明する。

[0055] 光中継装置 1a において、制御装置 30a の制御対象波長管理部 33a は、調整実施判定部 34 での判定結果、すなわち光レベル調整の対象とされている波長の各々についての光レベル調整が必要か否かの判定結果の情報を調整実施判定部 34 から取得し、取得した情報を利得制御情報として OSC 処理部 52 へ出力する。なお、制御対象波長管理部 33a は、伝送する情報量を削減する目的で、光レベル調整を実施する波長の情報のみ、または、光レベル調整を実施しない波長の情報のみを利得制御情報として出力するようにしてもよい。また、制御対象波長管理部 33a は、OSC 処理部 51 を介して他の光中継装置 1a から利得制御情報が送信されてきた場合、送信されてきた利得制御情報に基づいて、光レベル調整有効とする波長および光レベル調整無効とする波長を設定する。具体的には、制御対象波長管理部 33a は、利得制御情報を確認し、他の光中継装置 1a において光レベル調整実施と

されている波長を光レベル調整無効に設定し、他の光中継装置 1 a において光レベル調整不実施とされている波長を光レベル調整有効に設定する。すなわち、制御対象波長管理部 3 3 a は、利得制御情報の送信元の光中継装置 1 a において光レベル調整が不要と判定されている波長を光レベル調整有効に設定し、利得制御情報の送信元の光中継装置 1 a において光レベル調整が必要と判定されている波長を光レベル調整無効に設定する。

[0056] OSC 処理部 5 2 の OSC 送信部 5 4 は、制御対象波長管理部 3 3 a からデジタルデータとして出力された利得制御情報を OSC 光に変換して出力する。なお、OSC 送信部 5 4 は、利得制御情報の他に、その他の情報も一緒に OSC 光に変換するようにしてもよい。

[0057] OSC 処理部 5 1 の OSC 受信部 5 3 は、他の光中継装置から送信された OSC 光を受信するとデジタルデータに変換し、デジタルデータから利得制御情報を抽出して制御対象波長管理部 3 3 a に出力する。

[0058] 実施の形態 2 にかかる光中継装置 1 a により得られる効果について説明する。ここでは、光中継装置 1 a が図 5 に示した光伝送システム 2 0 0 を構成しているものとする。すなわち、ノード # 1 には運用中の信号光、具体的には波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ が入力され、ノード # 2 において、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ に対して他の運用中の信号光、具体的には波長 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ および $\lambda 6$ が挿入されている状態とする。また、ノード # 1 の出力ポートとノード # 2 の入力ポートとが接続され、ノード # 2 の出力ポートとノード # 3 の入力ポートとが接続されている状態とする。

[0059] 図 5 に示した光伝送システム 2 0 0 において、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル変動が発生中に、新たに波長 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ および $\lambda 6$ の光レベル変動が発生した場合、光中継装置 1 a は、以下の手順で各波長の光レベルを調整する。

[0060] 波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベルがノード # 1 の入力時点で変動している場合、光レベル変動をノード # 1、ノード # 2 およびノード # 3 で検出する。ノード # 1、ノード # 2 およびノード # 3 の光レベル変動検出は非同

期であるので、光レベル変動を検出するノードのパターンは複数考えられる。以下、（１）ノード＃１が最初に波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の光レベル変動を検出する場合、（２）ノード＃２が最初に波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の光レベル変動を検出する場合、（３）ノード＃３が最初に波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の光レベル変動を検出する場合、のそれぞれについて説明する。

[0061] （１）ノード＃１が最初に波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の光レベル変動を検出する場合

この場合、ノード＃１において、光レベル変動検出部３２、制御対象波長管理部３３aおよび調整実施判定部３４が上述した動作を実行することにより波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 を光レベル調整が必要な波長に決定する。ノード＃１は、この結果に従い、波長数カウント部３５およびWSS-IF 37を動作させ、WSS 10を用いて波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の光レベルを調整する。更に、ノード＃１は、波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の光レベル調整を実施することを、制御対象波長管理部３３aおよびOSC処理部５２を用いて、ノード＃２へOSC光を送信して通知する。ノード＃２では、OSC処理部５１がノード＃１からのOSC光を受信し、利得制御情報を抽出して制御装置３０aに出力する。ノード＃２の制御装置３０aにおいては、制御対象波長管理部３３aが利得制御情報を受け取り、波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の光レベル調整が実施されていることを認識する。そして、制御対象波長管理部３３aは、波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の光レベル調整を無効に設定する。ノード＃２では、波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の光レベル変動については光レベル調整の対象外とするため、波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 が光レベル変動し、かつ波長 λ_4 、 λ_5 および λ_6 も光レベル変動した場合、波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の光レベル調整は実施せずに、波長 λ_4 、 λ_5 および λ_6 の光レベル調整のみを実施する。従って、ノード＃２は波長 λ_4 、 λ_5 および λ_6 に対する光レベル調整を待ち時間なく開始できる。結果として、ノード＃２が波長 λ_4 、 λ_5 および λ_6 の光レベル変動検知から光レベル調整開始までの所要時間を、最大で動的利得制御実行周期の時間だけ短縮できる。

[0062] (2) ノード# 2 が最初に波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル変動を検出する場合

この場合、ノード# 2において、光レベル変動検出部32、制御対象波長管理部33aおよび調整実施判定部34が上述した動作を実行することにより波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ を光レベル調整が必要な波長に決定する。ノード# 2は、この結果に従い、波長数カウント部35およびWSS-IF37を動作させ、WSS10を用いて波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベルを調整する。更に、ノード# 2は、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル調整を実施することを、制御対象波長管理部33aおよびOSC処理部52を用いて、ノード# 3へOSC光を送信して通知する。ノード# 3では、OSC処理部51がノード# 2からのOSC光を受信し、利得制御情報を抽出して制御装置30aに出力する。ノード# 3の制御装置30aにおいては、制御対象波長管理部33aが利得制御情報を受け取り、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル調整が実施されていることを認識する。そして、制御対象波長管理部33aは、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル調整を無効に設定する。ノード# 3では、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル変動については光レベル調整の対象外とするため、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ が光レベル変動し、かつ波長 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ および $\lambda 6$ も光レベル変動した場合、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル調整は実施せずに、波長 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ および $\lambda 6$ の光レベル調整のみを実施する。従って、ノード# 3は波長 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ および $\lambda 6$ に対する光レベル調整を待ち時間なく開始できる。結果として、ノード# 3が波長 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ および $\lambda 6$ の光レベル変動検知から光レベル調整開始までの所要時間を、最大で動的利得制御実行周期の時間だけ短縮できる。なお、ノード# 1では、ノード# 2が波長 $\lambda 1 \sim \lambda 3$ の光レベル調整を実施中である情報をノード# 2から通知されないため、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 3$ の光レベル変動を検知した場合にこれらの波長の光レベル調整を実施することも可能である。

[0063] (3) ノード# 3 が最初に波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル変動を検出

する場合

この場合、ノード# 3において、光レベル変動検出部3 2、制御対象波長管理部3 3 aおよび調整実施判定部3 4が上述した動作を実行することにより波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ を光レベル調整が必要な波長に決定する。ノード# 3は、この結果に従い、波長数カウント部3 5およびWSS-IF 3 7を動作させ、WSS 1 0を用いて波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベルを調整する。更に、ノード# 3は、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル調整を実施することを、制御対象波長管理部3 3 aおよびOSC処理部5 2を用いて、下流のノードすなわち各波長の送信先のノードへOSC光を送信して通知する。波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル調整をノード# 3が実施していることはノード# 1および# 2には通知されないため、ノード# 1および# 2の一方または双方で波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル調整が新たに実施される可能性がある。波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ および $\lambda 3$ の光レベル変動中に新たに波長 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ および $\lambda 6$ の光レベル変動が発生した場合、ノード# 2、ノード# 3またはノード# 3よりも下流のノード、具体的には、WSS 1 0の設定変更動作を実行中ではないノードのうち、波長 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ および $\lambda 6$ の光レベル変動を最も早く検知したノードが波長 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ および $\lambda 6$ の光レベル調整を実施する。結果として、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 3$ 、 $\lambda 4 \sim \lambda 6$ それぞれの光レベル変動検知から光レベル調整開始までの所要時間を、最大で動的利得制御実行周期の時間だけ短縮できる。

[0064] なお、制御対象波長管理部3 3 aは、上述した動作に加えて、実施の形態1の制御対象波長管理部3 3と同様の動作、具体的には、作業端末2を接続し、光レベル調整が不要な波長の情報を作業端末2から取得する動作も実行可能な構成としてもよい。制御対象波長管理部3 3 aは、光レベル調整が不要な波長の情報を作業端末2から取得した場合、作業端末2から取得した情報が示す波長については、光信号の送信元の他の光中継装置1 aから受信した利得制御情報の内容によらず、常に光レベル調整が不要な波長に設定する。

[0065] 以上のように、本実施の形態にかかる光中継装置 1 a は、他の光中継装置で光レベル調整が実施されている波長の情報を取得し、取得した情報に基づいて、波長ごとに光レベル調整の対象とするか否かを設定することとした。また、光レベル変動を検出して光レベル調整を実施する場合には、光レベル調整を実施する波長の情報を下流側の他の光中継装置 1 a へ送信することとした。また、実施の形態 1 にかかる光中継装置 1 と同様に、光レベルの変動を検知した場合、検知した波長が光レベル調整の対象に設定されていれば当該波長に対して光レベル調整を実行し、検知した波長が光レベル調整の対象に設定されていなければ当該波長に対する光レベル調整を実行しないこととした。これにより、不要な光レベル調整すなわち W S S の設定を実行してしまい、その後の光レベル調整の開始タイミングが遅延してしまうのを防止することができる。従って、光レベルの変動を検知してから光レベル調整が完了するまでの所要時間を短縮でき、信号伝送品質を向上させることができる。

[0066] なお、光伝送システム 2 0 0 を構成する全ての光中継装置を実施の形態 2 にかかる光中継装置 1 a とする必要はなく、一部の光中継装置を光中継装置 1 a とすることにより光伝送システム 2 0 0 における信号伝送品質を向上させることができる。直接接続された 2 台以上の光中継装置 1 a を備え、上流すなわち光信号の送信側の光中継装置 1 a が下流側の光中継装置 1 a へ利得制御情報を送信する構成の光伝送システム 2 0 0 とすればよい。

[0067] 実施の形態 3.

図 7 は、実施の形態 3 にかかる光中継装置 1 b を複数接続して形成された波長多重光伝送システムである光伝送システム 3 0 0 の構成例を示す図である。図 7 に示した光伝送システム 3 0 0 は、実施の形態 2 にかかる光伝送システム 2 0 0 の構成を多方路に拡張したものである。

[0068] 実施の形態 3 にかかる光中継装置 1 b は、実施の形態 2 で説明した光中継装置 1 a の入力インタフェース数および出力インタフェース数を方路の数だけ拡張したものである。

[0069] 図7に示した光伝送システム300は、ノード#1の光中継装置1bの出力ポートにノード#2の光中継装置1bおよびノード#3の光中継装置1bを接続した構成としている。ノード#1の第1の入力ポートには波長 $\lambda_1 \sim \lambda_6$ が入力され、第2の入力ポートには波長 $\lambda_{11} \sim \lambda_{16}$ が入力されている。また、ノード#1の第1の出力ポートにはノード#2が接続され、ノード#1からノード#2へは波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ 、 $\lambda_{14} \sim \lambda_{16}$ が出力される。ノード#1の第2の出力ポートにはノード#3が接続され、ノード#1からノード#3へは波長 $\lambda_4 \sim \lambda_6$ 、 $\lambda_{11} \sim \lambda_{13}$ が出力される。

[0070] 光中継装置1bは、OSC処理部51Aおよび51Bと、OSC処理部52Aおよび52Bと、分波器61Aおよび61Bと、増幅器62Aおよび62Bと、分波装置63Aおよび63Bと、合波装置64Aおよび64Bと、増幅器65Aおよび65Bと、合波器66Aおよび66Bとを備えている。

[0071] 光中継装置1bのOSC処理部51Aおよび51B、OSC処理部52Aおよび52B、分波器61Aおよび61B、増幅器62Aおよび62B、分波装置63Aおよび63B、合波装置64Aおよび64B、増幅器65Aおよび65B、合波器66Aおよび66Bは、それぞれ、実施の形態2の光中継装置1aを構成しているOSC処理部51、OSC処理部52、分波器61、増幅器62、分波装置63、合波装置64、増幅器65、合波器66、と同様の処理を実施する。

[0072] ただし、OSC処理部51Aおよび51Bは、OSC光から抽出した利得制御情報を合波装置64Aおよび64Bの双方へ出力する構成としている。また、分波装置63Aおよび63Bから出力される分波後の各波長が合波装置64Aおよび64Bのどちらにも入力可能な構成としている。

[0073] また、合波装置64Aおよび64Bの図示を省略している制御対象波長管理部33aは、OSC処理部51Aおよび51Bから入力された利得制御情報の各々に基づいて、自身が配置されている方路において合波される波長ごとの動的利得制御の設定、すなわち、光レベル調整を有効とする波長および光レベル調整を無効とする波長を設定する。また、制御対象波長管理部33

aは、利得制御情報を生成して出力する。

[0074] 図7に示した構成とすることにより、多方路の場合においても、光中継装置1bが光レベル変動を検知してから光レベル調整を開始するまでの所要時間を、最大で動的利得制御実行周期の時間だけ短縮できる。

[0075] なお、光伝送システム300を構成する全ての光中継装置を実施の形態3にかかる光中継装置1bとする必要はなく、一部の光中継装置を光中継装置1bとすることにより光伝送システム300における信号伝送品質を向上させることができる。直接接続された2台以上の光中継装置1bを備え、上流側の光中継装置1bが下流側の光中継装置1bへ利得制御情報を送信する構成の光伝送システム300とすればよい。

[0076] また、図7では光中継装置1bのみにより構成された光伝送システムの例を示したが、実施の形態2の光伝送装置1aと光中継装置1bとを混在させて光伝送システムを構成することも可能である。

[0077] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0078] 1, 1a, 1b 光中継装置、10 WSS、20 OCM、30, 30a 制御装置、31 OCM-IF、32 光レベル変動検出部、33, 33a 制御対象波長管理部、34 調整実施判定部、35 波長数カウント部、36 レベル調整量決定部、37 WSS-IF、40 光スプリッタ、51, 51A, 51B, 52, 52A, 52B OSC処理部、53 OSC受信部、54 OSC送信部、61, 61A, 61B 分波器、62, 62A, 62B, 65, 65A, 65B 増幅器、63, 63A, 63B 分波装置、64, 64A, 64B 合波装置、66, 66A, 66B 合波器、200, 300 光伝送システム。

請求の範囲

- [請求項1] 波長単位での経路切り替えおよび波長ごとの光レベル調整が可能な波長選択スイッチと、
- 前記波長選択スイッチから出力される光信号の波長ごとの光レベルの変動量と前記光信号の各波長の光レベル調整が有効か否かを波長ごとに示す設定情報とに基づいて、前記波長選択スイッチに対して前記光信号の光レベル調整量の設定変更を指示する制御装置と、
- を備えることを特徴とする光中継装置。
- [請求項2] 前記制御装置は、
- 前記波長選択スイッチから出力される各波長の光レベルが変動したか否かを波長ごとに判定する光レベル変動検出部と、
- 前記設定情報を保持する制御対象波長管理部と、
- 前記光レベル変動検出部による判定結果および前記設定情報に基づいて、光レベル調整が必要か否かを波長ごとに判定する調整実施判定部と、
- 前記調整実施判定部により光レベル調整が必要と判定された波長の前記光レベル調整量を決定するレベル調整量決定部と、
- 前記レベル調整量決定部で決定された前記光レベル調整量に基づく各波長の透過率を前記波長選択スイッチに通知し、前記波長選択スイッチが前記光信号を出力する際の光レベル調整量の設定変更を指示する波長選択スイッチ制御部と、
- を備えることを特徴とする請求項1に記載の光中継装置。
- [請求項3] 前記調整実施判定部は、前記設定情報が光レベル調整有効を示している波長の光レベル変動が前記光レベル変動検出部で検出されると当該波長の光レベル変動が必要と判定することを特徴とする請求項2に記載の光中継装置。
- [請求項4] 前記制御対象波長管理部は、外部の作業端末から前記設定情報を取得して保持することを特徴とする請求項2または3に記載の光中継装

置。

[請求項5] 前記制御対象波長管理部は、他の光中継装置で光レベル調整が実施されている波長の情報を前記他の光中継装置から取得し、取得した情報に基づいて前記設定情報を生成して保持することを特徴とする請求項2または3に記載の光中継装置。

[請求項6] 前記制御対象波長管理部は、前記波長選択スイッチで光レベル調整を実施している波長の情報を前記波長選択スイッチから出力される光信号の送信先の他の光中継装置へ送信することを特徴とする請求項5に記載の光中継装置。

[請求項7] 他の光中継装置から出力された光信号が入力される入力ポートを複数備え、

前記制御対象波長管理部は、前記複数の入力ポートの各々に接続された他の光中継装置で光レベル調整が実施されている波長の情報を前記複数の入力ポートの各々に接続された前記他の光中継装置の各々から取得し、取得した情報に基づいて前記設定情報を生成して保持することを特徴とする請求項2に記載の光中継装置。

[請求項8] 波長単位での経路切り替えおよび波長ごとの光レベル調整が可能な波長選択スイッチの制御方法であって、

前記波長選択スイッチから出力される各波長の光レベルが変動したか否かを波長ごとに判定する光レベル変動判定ステップと、

前記波長選択スイッチから出力される光信号の各波長の光レベル調整が有効か否かを波長ごとに示す設定情報と、前記光レベル変動判定ステップにおける判定結果とに基づいて、光レベル調整が必要か否かを波長ごとに判定する調整実施判定ステップと、

前記調整実施判定ステップで光レベル調整が必要と判定した波長の光レベル調整量を決定するレベル調整量決定ステップと、

前記レベル調整量決定ステップで決定した光レベル調整量に基づく各波長の透過率を前記波長選択スイッチに通知して、前記波長選択ス

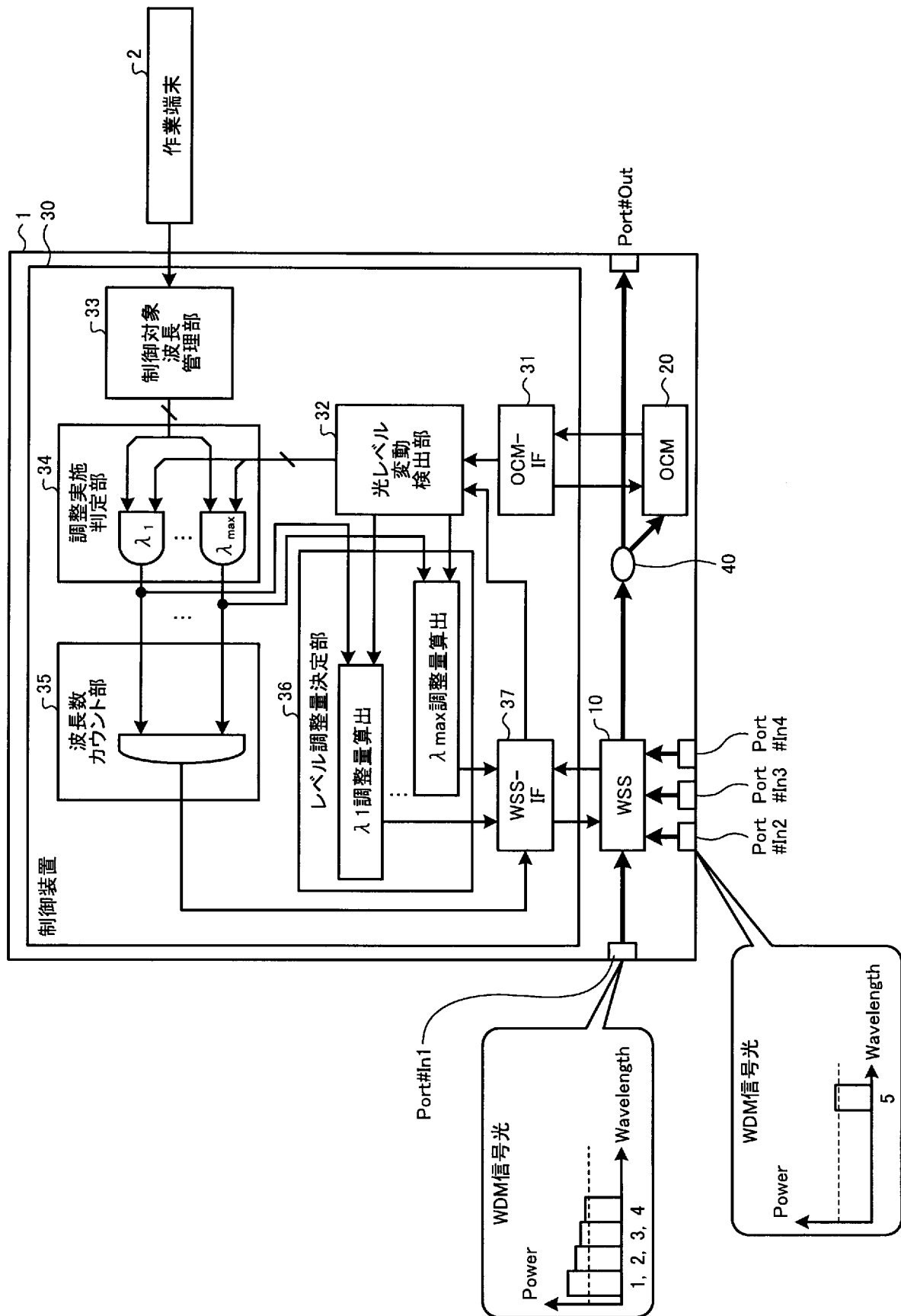
イチが前記光信号を出力する際の光レベル調整量の設定変更を指示する指示ステップと、

を含むことを特徴とする制御方法。

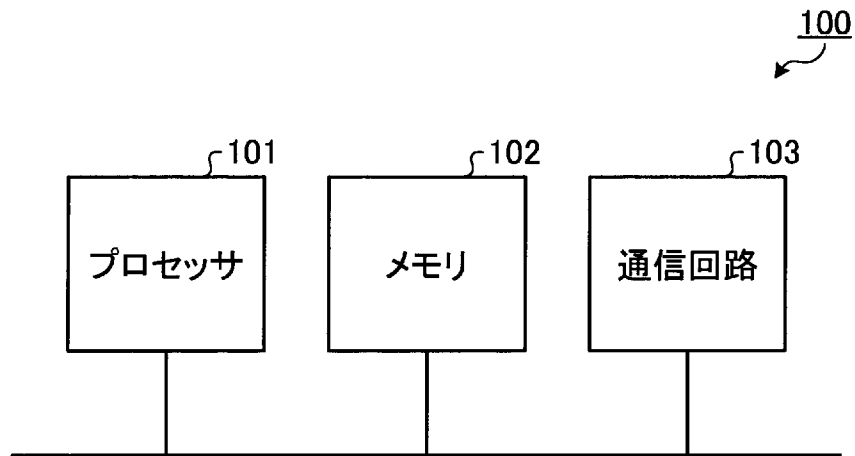
[請求項9] 請求項 1 から 4 のいずれか一つに記載の光中継装置を 1 台以上備えて構成されたことを特徴とする光伝送システム。

[請求項10] 請求項 5 から 7 いずれか一つに記載の光中継装置を 2 台以上備え、かつ当該 2 台以上の光中継装置の間で前記設定情報を送受信可能に構成されたことを特徴とする光伝送システム。

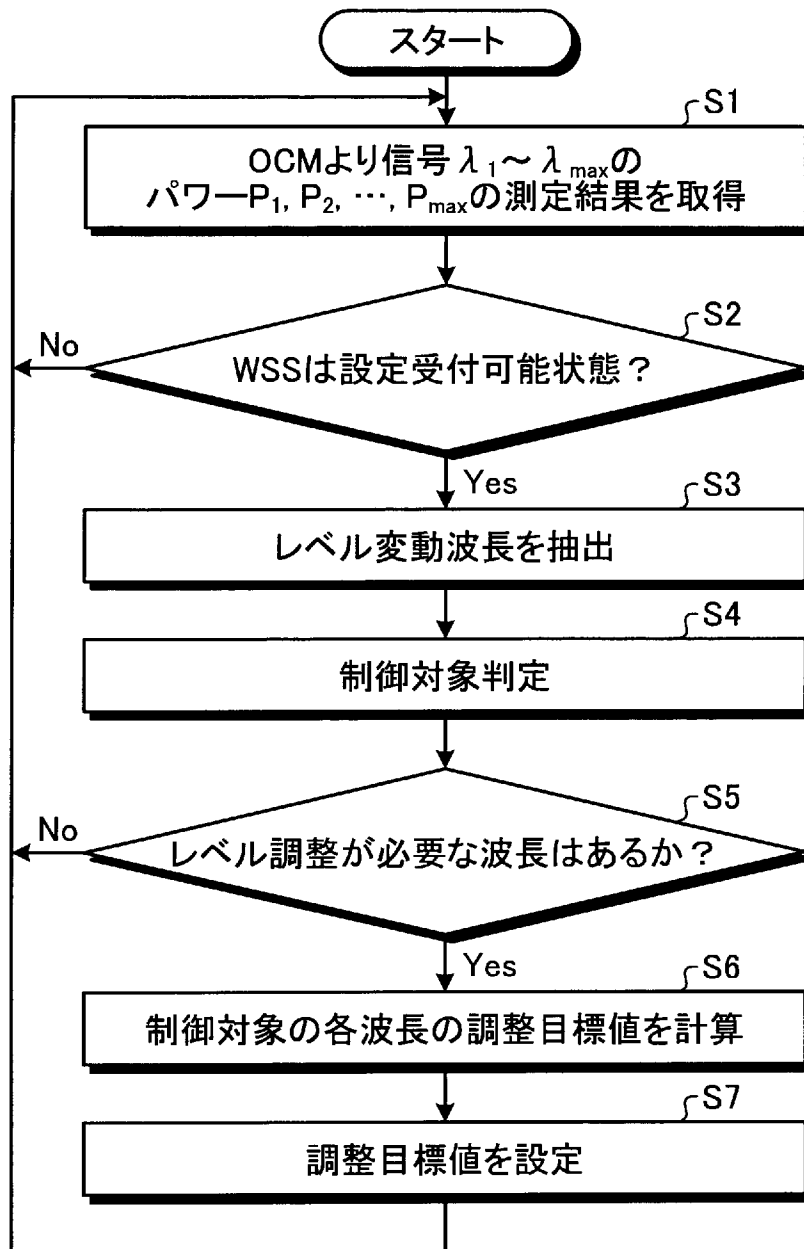
[図1]



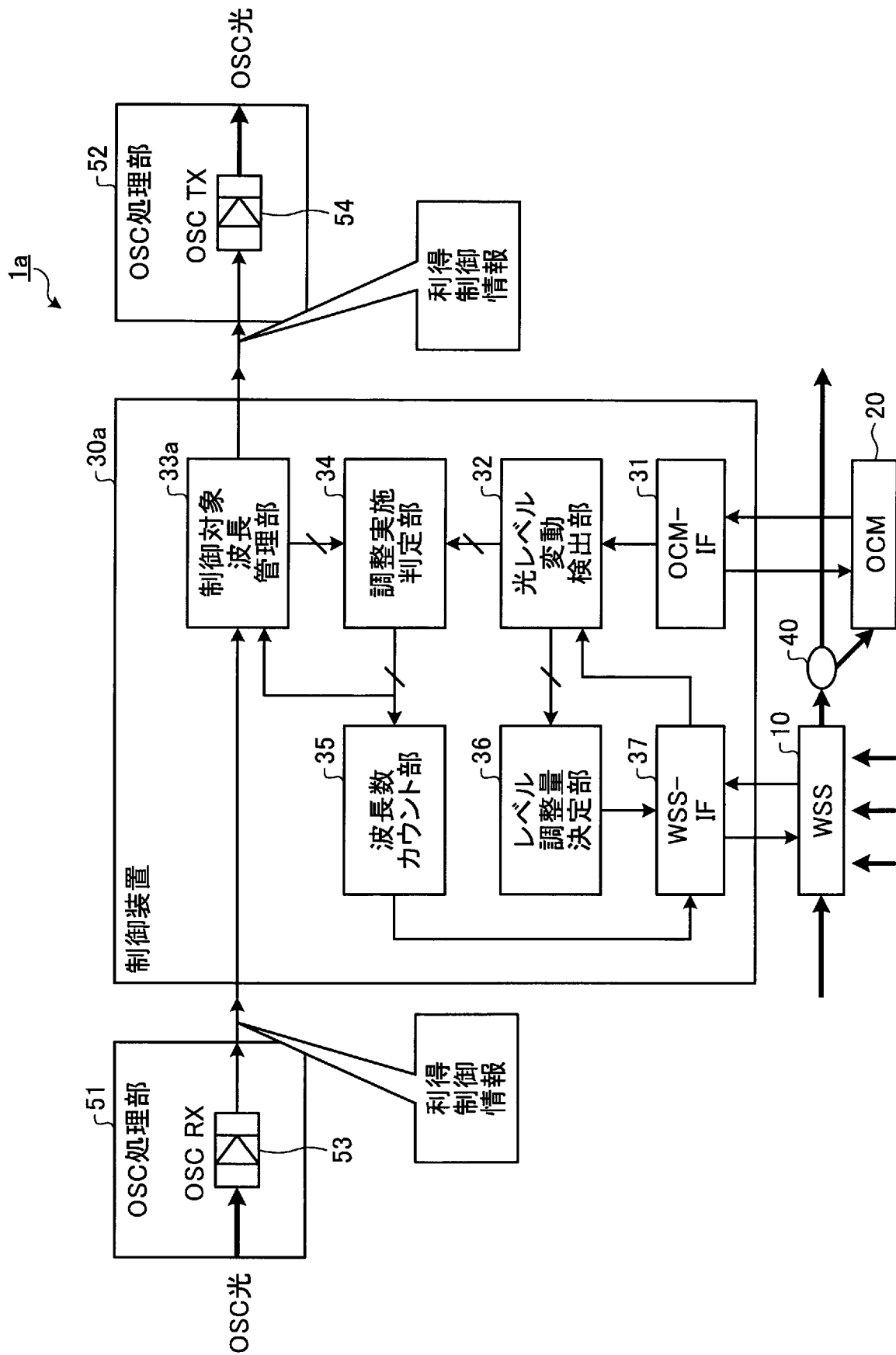
[図2]



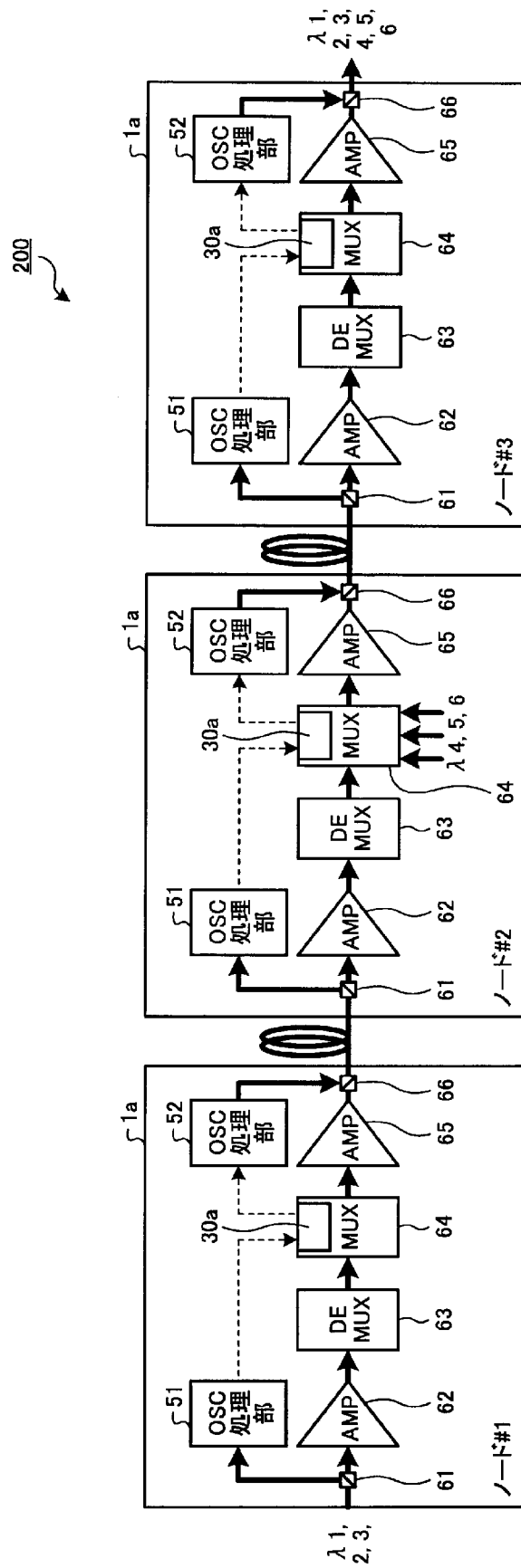
[図3]



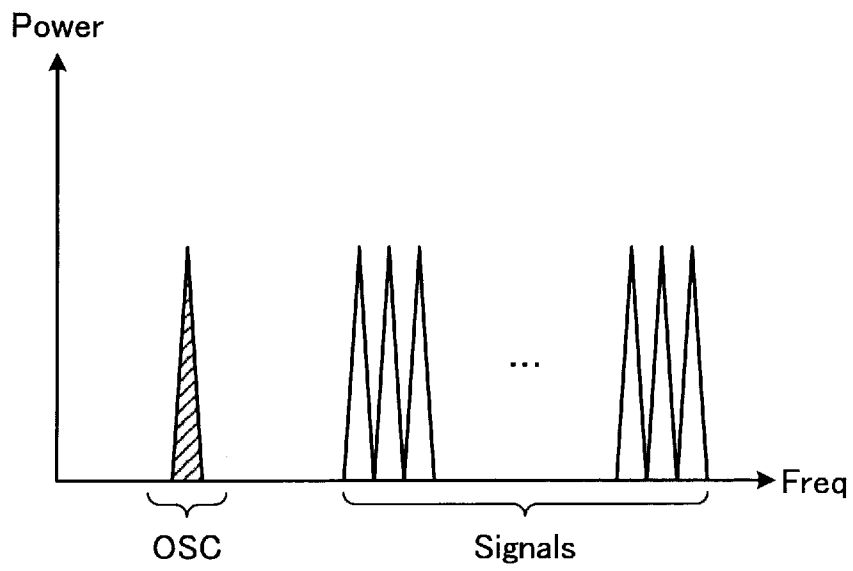
[図4]



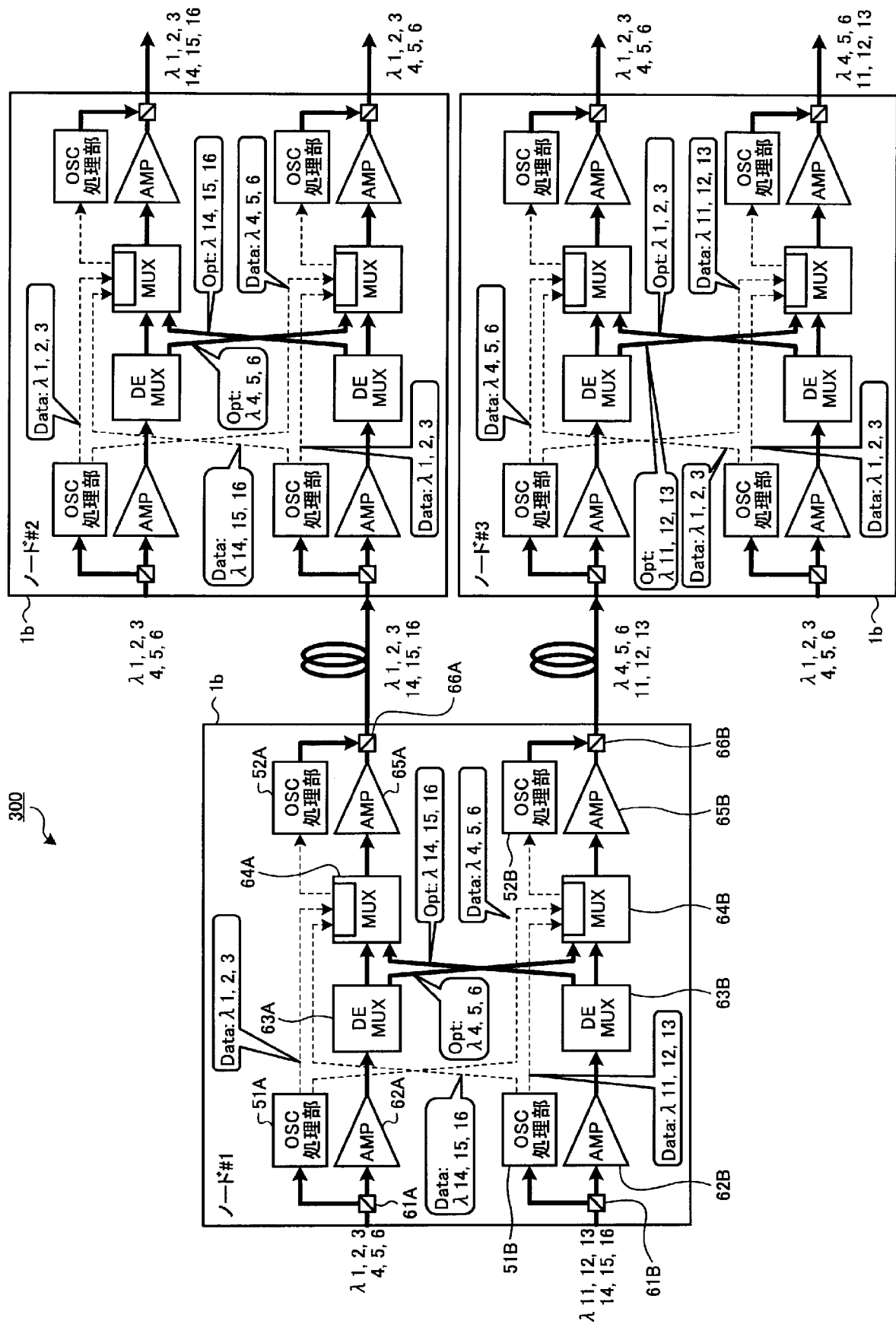
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/085662

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B10/294(2013.01)i, H04J14/00(2006.01)i, H04J14/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B10/294, H04J14/00, H04J14/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2006-33542 A (Fujitsu Ltd.), 02 February 2006 (02.02.2006), paragraphs [0025] to [0026], [0033] to [0038], [0050]; fig. 1 & US 2006/0018658 A1 paragraphs [0047] to [0048], [0058] to [0063], [0080]; fig. 1	1-3, 5-10 4
Y A	JP 2014-165543 A (Fujitsu Ltd.), 08 September 2014 (08.09.2014), paragraphs [0014] to [0025]; fig. 1 to 2 & US 2014/0233943 A1 paragraphs [0031] to [0042]; fig. 1 to 2	1-3, 5-10 4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22 January 2016 (22.01.16)

Date of mailing of the international search report
02 February 2016 (02.02.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/085662

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2014/139557 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON (PUBL)), 18 September 2014 (18.09.2014), description, page 22, line 15 to page 23, line 2; fig. 1 (Family: none)	2-3, 5-8, 10 4
A	JP 2010-541478 A (NEC Laboratories America Inc.), 24 December 2010 (24.12.2010), paragraphs [0012] to [0073]; fig. 1A to 8 & US 2009/0092391 A1 paragraphs [0028] to [0089]; fig. 1A to 8 & WO 2009/048643 A1	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04B10/294(2013.01)i, H04J14/00(2006.01)i, H04J14/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04B10/294, H04J14/00, H04J14/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2006-33542 A（富士通株式会社）	1-3, 5-10
A	2006.02.02, 段落[0025]-[0026], [0033]-[0038], [0050], 図 1 & US 2006/0018658 A1, 段落[0047]-[0048], [0058]-[0063], [0080], 図 1	4
Y	JP 2014-165543 A（富士通株式会社）	1-3, 5-10
A	2014.09.08, 段落[0014]-[0025], 図 1-2 & US 2014/0233943 A1, 段落[0031]-[0042], 図 1-2	4

☑ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 2 . 0 1 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 2 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

後澤 瑞征

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 3 4

5 J

4 5 4 0

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2014/139557 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON (PUBL)) 2014.09.18, 明細書第 22 頁第 15 行-第 23 頁第 2 行, 図 1	2-3, 5-8, 10
A	(ファミリーなし)	4
A	JP 2010-541478 A (エヌイーシー ラボラトリーズ アメリカ インク) 2010.12.24, 段落[0012]-[0073], 図 1A-8 & US 2009/0092391 A1, 段落[0028]-[0089], 図 1A-8 & WO 2009/048643 A1	1-10