(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6419154号
(P6419154)
(45)発行日　平成30年11月14日(2018.11.14)　(24)登録日　平成30年10月19日(2018.10.19)

(51)Int.Cl.		F I		
H04B 10/27	(2013.01)	H04B	10/27	
H04Q 3/52	(2006.01)	H04Q	3/52	C

請求項の数 7　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願2016-505141(P2016-505141)
(86)(22)出願日　平成27年2月12日(2015.2.12)
(86)国際出願番号　PCT/JP2015/053872
(87)国際公開番号　WO2015/129472
(87)国際公開日　平成27年9月3日(2015.9.3)
審査請求日　平成29年10月19日(2017.10.19)
(31)優先権主張番号　特願2014-39190(P2014-39190)
(32)優先日　平成26年2月28日(2014.2.28)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　503360115
国立研究開発法人科学技術振興機構
埼玉県川口市本町四丁目１番８号
(74)代理人　100085361
弁理士　池田　治幸
(74)代理人　100147669
弁理士　池田　光治郎
(72)発明者　佐藤　健一
愛知県名古屋市千種区不老町１番　国立大学法人名古屋大学内
(72)発明者　長谷川　浩
愛知県名古屋市千種区不老町１番　国立大学法人名古屋大学内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光ネットワーク

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

１又は２以上の再配置可能光分岐挿入装置或いは光パスクロスコネクト装置を介して所定の送信ノードから所定の受信ノードへ波長分割多重光信号を伝送する光ネットワークであって、

前記所定の送信ノードから前記所定の受信ノードに波長分割多重光信号を伝送する際に経由するすくなくとも１つの再配置可能光分岐挿入装置或いは光パスクロスコネクト装置において、いずれかの入力光ファイバから入力された光チャネル或いは連続した光サブキャリヤから構成される光スーパチャネルが１または２以上の出力光ファイバにルーティング或いはスイッチングされる際、各入力光ファイバにおいて同一出力光ファイバへ出力される周波数軸上で隣り合う複数の光チャネル或いは光スーパチャネルを、各々光チャネル毎或いは光スーパチャネル毎に分波することなく一括して分波して前記出力光ファイバへルーティング或いはスイッチングすることを行なうとともに、

前記光チャネル或いは光スーパチャネルの周波数軸上の片側或いは両側で波長分割フィルタ機構によるフィルタリングを受ける回数を規定値以下になるように該光チャネル或いは光スーパチャネル並びに途中の経由ノードで終端される光チャネル或いは光スーパチャネルのルーティング経路並びに周波数配置をコントロールする

ことを特徴とする光ネットワーク。

【請求項２】

前記光チャネル或いは光スーパチャネルのいずれか１つが前記送信ノードから複数のノ

ードを経由して前記受信ノードにルーティング或いはスイッチングされて到達する際に、各入力光ファイバにおいて同一の出力光ファイバへ出力される或いは前記受信ノードでドロップされる光チャネルを含む周波数軸上で隣り合う複数の光チャネル或いは光スーパチャネルを各々光チャネル毎或いは光スーパチャネル毎に分波することなく一括して分波して出力光ファイバへルーティング或いはスイッチングする際に、前記受信ノードでドロップされる光チャネル或いは光スーパチャネルについてのみドロップのための光信号のフィルタリングを行なうことを許容する

ことを特徴とする請求項１の光ネットワーク。

【請求項３】

前記経由ノードで複数の光チャネル或いは光スーパチャネルを入力光ファイバから出力光ファイバへ周波数軸上の一定の幅毎にまとめてルーティングし、該経由ノードで終端される光信号はその光信号のフィルタリングを行なうことを許容し、前記光ネットワーク内で前記一定幅を１又は２以上用いる

ことを特徴とする請求項１または請求項２の光ネットワーク。

【請求項４】

前記光ネットワーク内で用いる１又は２以上の前記一定幅の複数の周波数帯配置が、該光ネットワーク内で単一である

ことを特徴とする請求項３の光ネットワーク。

【請求項５】

トラフィック需要を与えて光ネットワークを設計する静的設計においては、周波数軸上での一定幅の光チャネル或いは光スーパチャネルの束に収容される光チャネル或いは光スーパチャネルにおいて、隣接する光チャネルの所定ノードでのドロップ処理が最少或いは規定値以下となるように光ネットワーク内での該光チャネル或いは光スーパチャネルの経路並びに周波数配置を探索して割り当てられる

ことを特徴とする請求項３又は請求項４の光ネットワーク。

【請求項６】

途中の経由ノードで複数の光チャネル或いは光スーパチャネルを入力光ファイバから出力光ファイバへ周波数軸上の一定の幅毎の束にまとめてルーティングするとともに、その束が設定されていない周波数帯域においては、光チャネル或いは光スーパチャネルを個別にルーティング或いはスイッチングするように制御する

ことを特徴とする請求項１乃至５のいずれか１の光ネットワーク。

【請求項７】

光チャネル或いは光スーパチャネルの需要が生じる毎に光ネットワークに収容していく動的設計においては、新たに到着した１つの需要に対して経路或いは周波数を割り当てる際、該需要の光チャネル或いは光スーパチャネル並びに隣接する既存の光チャネル或いは光スーパチャネルのノードでのドロップ処理が最少或いは規定値以下となる該需要光チャネルの経路或いは周波数を探索して割り当てる

ことを特徴とする請求項３又は請求項４の光ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、波長分割多重光を伝送する光ネットワークにおいて、光信号の周波数履行効率を高めることができる光ネットワークのコントロール方式に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

所定の通信波長帯のたとえば１００ＧＨｚ毎に波長分割された複数個の光（波長）チャネル（wavelength channel or light path）にそれぞれ対応する複数の波長毎にＧＨｚからＴＨｚオーダの所定のビットレートの光チャネル（波長チャネル）が合波された１群の波長群を複数群含む波長分割多重（ＷＤＭ：Wavelength Division Multiplexing）光が、所定の光ノードから他の複数の光ノードへ複数本ずつの光ファイバを介して光ノー

ド間で直列的或いは並列的に伝送される光ネットワークが知られている。このような光ネットワークにおいては、各光ノードを構成する光パスクロスコネクト装置が、光ファイバを介して伝送される波長分割多重光信号を構成する波長単位の光チャネルをその波長をラベルとして、所望の方路（行先）へ光信号のまま波長単位の光パスでルーティングを行なうことにより、大容量低消費電力の伝送が実現される。

【０００３】

そして、近年のＡＤＳＬやＦＴＴＨの普及、高精細動画の配信などのサービスの普及により、上記光ネットワークにおいてはトラフィック量の加速度的な増加が予想されることから、波長パスおよび光ファイバ、数の増加や、光ネットワーク内のノードを構成する光パスクロスコネクト装置の一層の大規模化が望まれている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２０１４－０２７５６２号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

これに対して、たとえば特許文献１の図３に示されるように、複数本の光ファイバから入力される波長群多重信号光をそれぞれ分岐する複数個の光カプラと、その光カプラにより分岐された光から所望の波長チャネルの光信号を選択して任意の方路へ出力する複数個の波長選択スイッチとから構成される光パスクロスコネクト装置が提案されている。しかし、この形式の光パスクロスコネクト装置では、その大規模化に伴って光カプラの分岐数が多くなると、光損失が増加して伝送される波長チャネルの光信号が微弱となるという欠点があった。

【０００６】

また、特許文献１の図１３に示すように、複数本の光ファイバからそれぞれ入力される波長群多重信号から所望の波長の光信号を選択して所望の素子へ出力する複数の入力側波長選択スイッチと、その入力側波長選択スイッチから出力された所望の波長の光信号を所望の光ファイバへ出力する複数の出力側波長選択スイッチとから構成される光パスクロスコネクト装置が提案されている。この形式の光コネクト装置によれば、それに用いる波長選択素子がたとえば３ＤＭＥＭＳ型光スイッチやＬＣＯＳ型光スイッチなどから構成され、それらの光スイッチは波長分割多重光から単一の波長を選択するためのフィルタ（回折格子）を備えており、そのフィルタの波長分離特性は下限周波数および上限周波数付近では比較的なだらかな曲線を示す。このフィルタによる波長分離特性の周波数幅を広くして波長チャネルの周波数を十分にカバーすると、周波数軸上の波長チャネルの間隔を広げる必要があるが、周波数の利用効率が低下し、反対に、周波数の利用効率を維持しようとすると、光信号の一部がフィルタの波長分離特性から外れ、その光信号の波長帯のフィルタの特性からはみ出した部分が削られて光信号が劣化する。この光信号の劣化は、光パスクロスコネクト装置においてルーティングのために波長選択される回数すなわちフィルタリングの回数が増加するに伴って進行するという問題があった。

【０００７】

本発明は以上の事情を背景として為されたものであり、その目的とするところは、波長分割多重光を伝送するに際して、光信号の周波数利用効率を高めることができる光ネットワークを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明者等は、かかる目的を達成するために種々検討を重ねた結果、上記光信号の劣化は、光パスクロスコネクト装置内でルーティングするために波長選択素子が所望の波長を選択するときと、光パスクロスコネクト装置から光信号をドロップさせるために所望の波長の光信号を選択するときであるが、光信号はいくつかのノードを通過した後に一度だけ

ドロップ処理を受けるため、ルーティング処理に比較するとドロップ処理の頻度は高くはない。近年では、光ネットワークは都市間の基幹回線だけでなく、地域網への導入が進んで行くことを考慮すると、ノード数が格段に増加してフィルタリング処理を受ける機会が増加することが予想される。そこで、フィルタリング処理の削減に関して検討するうち、光ネットワークのコントロール方法を工夫すると、通信機能を低下させることなくフィルタリング回数を削減できることを見出した。すなわち、第１点は、周波数軸上で隣接する複数の波長毎の光チャネルをまとめてルーティングすると、それら複数の光チャネルのうちの波長軸上で両端に位置する光チャネルだけがフィルタリングで一部削られ、それ以外の中央部に位置する光チャネルは全くフィルタリングの影響を受けないので、波長群で伝送することが得策であることである。第２点は、フィルタリング処理による影響には、隣接する光チャネルのフィルタリングを用いたドロップ処理により光信号が劣化することもあり、可及的にドロップ処理を受ける波長チャネルに隣接しないように信号の割り宛てをすることが得策である点である。本発明は、このような知見に基づいて為されたものである。

【０００９】

すなわち、第１発明の要旨とするところは、（ａ）１又は２以上の再配置可能光分岐挿入装置或いは光パスクロスコネクト装置を介して所定の送信ノードから所定の受信ノードへ波長分割多重光信号を伝送する光ネットワークであって、（ｂ）前記所定の送信ノードから前記所定の受信ノードに波長分割多重光信号を伝送する際に経由するすくなくとも１つの再配置可能光分岐挿入装置或いは光パスクロスコネクト装置において、いずれかの入力光ファイバから入力された光チャネル或いは連続した光サブキャリヤから構成される光スーパチャネルが１または２以上の出力光ファイバにルーティング或いはスイッチングされる際、各入力光ファイバにおいて同一出力光ファイバへ出力される周波数軸上で隣り合う複数の光チャネル或いは光スーパチャネルを、各々光チャネル毎或いは光スーパチャネル毎に分波することなく一括した束のままで分波して前記出力光ファイバへルーティング或いはスイッチングすることを行なうとともに、（ｄ）前記光チャネル或いは光スーパチャネルの周波数軸上の片側或いは両側で波長分割フィルタ機構によるフィルタリングを受ける回数を規定値以下になるように該光チャネル或いは光スーパチャネル並びに途中の経由ノードで終端される光チャネル或いは光スーパチャネルのルーティング経路並びに周波数配置をコントロールすることを特徴とする。

【００１０】

また、第２発明の要旨とするところは、第１発明の光ネットワークにおいて、（ｃ）１つの光チャネル或いは光スーパチャネルが前記送信ノードから複数のノードを経由して前記受信ノードにルーティング或いはスイッチングされて到達する際に、各入力光ファイバにおいて同一の出力光ファイバへ出力される或いは前記受信ノードでドロップされる光チャネルを含む周波数軸上で隣り合う複数の光チャネル或いは光スーパチャネルを各々光チャネル毎或いは光スーパチャネル毎に分波することなく一括して分波して出力光ファイバへルーティング或いはスイッチングする際に、前記受信ノードでドロップされる光チャネル或いは光スーパチャネルについてのみドロップのための光信号のフィルタリングを行なうことを許容することを特徴とする。

【００１１】

また、第３発明の要旨とするところは、第１発明または第２発明の光ネットワークにおいて、（ｅ）前記経由ノードで複数の光チャネル或いは光スーパチャネルを入力光ファイバから出力光ファイバへ周波数軸上の一定の幅毎にまとめてルーティングし、該経由ノードで終端される光信号はその光信号のフィルタリングを行なうことを許容し、前記光ネットワーク内で前記一定幅を１又は２以上用いることを特徴とする。

【００１２】

また、第４発明の要旨とするところは、第３発明の光ネットワークにおいて、（ｆ）前記光ネットワーク内で用いる１又は２以上の前記一定幅の複数の周波数帯配置が、該光ネットワーク内で単一であることを特徴とする。

【００１３】
また、第５発明の要旨とするところは、第３発明又は第４発明の光ネットワークにおいて、（ｇ）トラフィック需要を与えて光ネットワークを設計する静的設計においては、周波数軸上での一定幅の光チャネル或いは光スーパチャネルの束に収容される光チャネル或いは光スーパチャネルにおいて、隣接する光チャネルの所定ノードでのドロップ処理が最少或いは規定値以下となるように光ネットワーク内での該光チャネル或いは光スーパチャネルの経路並びに周波数配置を探索して割り当てることを特徴とする。
また、第７発明の要旨とするところは、第３発明又は第４発明の光ネットワークにおいて、（ｈ）光チャネル或いは光スーパチャネルの需要が生じる毎に光ネットワークに収容していく動的設計においては、新たに到着した１つの需要に対して経路或いは周波数を割り当てる際、該需要の光チャネル或いは光スーパチャネル並びに隣接する既存の光チャネル或いは光スーパチャネルのノードでのドロップ処理が最少或いは規定値以下となる該需要光チャネルの経路或いは周波数を探索して割り当てることを特徴とする。
【００１４】
また、第６発明の要旨とするところは、第１発明乃至第５発明のいずれか１つの光ネットワークにおいて、（ｉ）途中の経由ノードで複数の光チャネル或いは光スーパチャネルを入力光ファイバから出力光ファイバへ周波数軸上の一定の幅毎の束にまとめてルーティングするとともに、その束が設定されていない周波数帯域においては、光チャネル或いは光スーパチャネルを個別にルーティング或いはスイッチングするように制御することを特徴とする。
【発明の効果】
【００１５】
第１発明の光ネットワークによれば、所定の送信ノードから前記所定の受信ノードに波長分割多重光信号を伝送する際に経由するすくなくとも１つの再配置可能光分岐挿入装置或いは光パスクロスコネクト装置において、いずれかの入力光ファイバから入力された光チャネル或いは連続した光サブキャリヤから構成される光スーパチャネルが１または２以上の出力光ファイバにルーティング或いはスイッチングされる際、各入力光ファイバにおいて同一出力光ファイバへ出力される周波数軸上で隣り合う複数の光チャネル或いは光スーパチャネルが、各々光チャネル毎或いは光スーパチャネル毎に分波することなく一括して分波して前記出力光ファイバへルーティング或いはスイッチングされる。これにより、光チャネル毎或いは光スーパチャネルが受けるフィルタリングの回数が少なくなってフィルタリングによって受ける損失が少なくなるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が高められる。また、前記光チャネル或いは光スーパチャネルの周波数軸上の片側或いは両側で波長分割フィルタ機構によるフィルタリングを受ける回数を規定値以下になるように該光チャネル或いは光スーパチャネル並びに途中の経由ノードで終端される光チャネル或いは光スーパチャネルのルーティング経路並びに周波数配置がコントロールされる。これにより、光チャネル毎或いは光スーパチャネルが受けるフィルタリングの回数が少なくなってフィルタリングによって受ける損失が少なくなるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が高められる。
【００１６】
また、第２発明の光ネットワークによれば、前記光チャネル或いは光スーパチャネルのうちの１つが前記送信ノードから複数のノードを経由して前記受信ノードにルーティング或いはスイッチングされて到達する際に、各入力光ファイバにおいて同一の出力光ファイバへ出力される或いは前記受信ノードでドロップされる光チャネルを含む周波数軸上で隣り合う複数の光チャネル或いは光スーパチャネルを各々光チャネル毎或いは光スーパチャネル毎に分波することなく一括して分波して出力光ファイバへルーティング或いはスイッチングする際に、前記受信ノードでドロップされる光チャネル或いは光スーパチャネルについてのみドロップのための光信号のフィルタリングを行なうことが許容される。これにより、光チャネル毎或いは光スーパチャネルが受けるフィルタリングの回数が少なくなっ

てフィルタリングによって受ける損失が少なくなるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が高められる。

【００１７】

また、第３発明の光ネットワークによれば、前記経由ノードで複数の光チャネル或いは光スーパチャネルが前記入力光ファイバから前記出力光ファイバへ周波数軸上の一定の幅毎にまとめてルーティングされ、該経由ノードで終端される光信号はその光信号のフィルタリングを行なうことが許容され、前記光ネットワーク内で前記一定幅が１又は２以上用いられることから、これにより、光チャネル毎或いは光スーパチャネルが受けるフィルタリングの回数が少なくなってフィルタリングによって受ける損失が少なくなるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が高められる。

【００１８】

また、第４発明の光ネットワークによれば、前記光ネットワーク内で用いる１又は２以上の前記一定幅の複数の周波数帯配置が、該光ネットワーク内で単一であることから、コントロールが容易となる。

【００１９】

また、第５発明の光ネットワークによれば、トラフィック需要を与えて光ネットワークを設計する静的設計においては、周波数軸上での一定幅の光チャネル或いは光スーパチャネルの束に収容される光チャネル或いは光スーパチャネルにおいて、隣接する光チャネルの所定ノードでのドロップ処理が最少或いは規定値以下となるように光ネットワーク内での該光チャネル或いは光スーパチャネルの経路並びに周波数配置が探索されて割り当てられる。また、第７発明の光ネットワークによれば、光チャネル或いは光スーパチャネルの需要が生じる毎に光ネットワークに収容していく動的設計においては、新たに到着した１つの需要に対して経路或いは周波数を割り当てる際、該需要の光チャネル或いは光スーパチャネル並びに隣接する既存の光チャネル或いは光スーパチャネルのノードでのドロップ処理が最少或いは規定値以下となる該需要光チャネルの経路或いは周波数が探索されて割り当てられる。これらにより、光チャネル毎或いは光スーパチャネルが受けるフィルタリングの回数が少なくなってフィルタリングによって受ける損失が少なくなるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が高められる。

【００２０】

また、第６発明の光ネットワークによれば、前記途中の経由ノードで複数の光チャネル或いは光スーパチャネルが前記入力光ファイバから前記出力光ファイバへ周波数軸上の一定の幅毎の束にまとめてルーティングされるとともに、その束が設定されていない周波数帯域においては、光チャネル或いは光スーパチャネルが個別にルーティング或いはスイッチングされる。これにより、空いている帯域において光チャネル或いは光スーパチャネルが個別にルーティング或いはスイッチングされるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が一層高められる。

【図面の簡単な説明】

【００２１】

【図１】本発明の一実施例の光パスクロスコネクト装置を含む光ネットワークを説明するための概念図である。

【図２】図１の光ネットワークにおいてノードを構成する光パスクロスコネクト装置の機能を説明する図である。

【図３】図１の光ネットワークにおいて伝送される波長分割多重光であって、連続配置型波長群から構成される場合を説明する図である。

【図４】図１の光ネットワークのノードを構成する光パスクロスコネクト装置の構成例を説明する図である。

【図５】図４の光パスクロスコネクト装置において用いられる波長選択スイッチの構成例であって、三次元ＭＥＭＳ光スイッチを説明する図である。

【図６】図４の光パスクロスコネクト装置において用いられる波長選択スイッチの構成例であって、ＬＣＯＳ型光スイッチを説明する図である。

【図７】図４の光パスクロスコネクト装置におけるフィルタリング特性を破線で示した場合に、そのフィルタリングにより生じる光チャネルの損失を周波数軸上で説明する図である。
【図８】図７の破線に示すフィルタリングの特性を上記所定波長の光チャネルの周波数幅を示す矩形をカバーできるように拡大したときの光チャネルの数の減少を、周波数軸上で説明する図である。
【図９】波長選択スイッチでの光チャネルの選択において発生する図７のフィルタリングの原理を説明する図である。
【図１０】光パスクロスコネクト装置でのルーティング処理において発生する図７のフィルタリングを説明する図である。
【図１１】光パスクロスコネクト装置でのルーティング処理においてフィルタリングにより発生する光信号の損失を抑制する方式を説明する図である。
【図１２】光チャネルの一部を削る他のフィルタリング処理である隣接波長のドロップのためのフィルタリングを説明する図である。
【図１３】５つのノードから成る光ネットワークにおいて、波長分割多重信号を伝送する場合に発生する説明する光信号の損失を説明する図である。図中の星印が光信号の損失が発生することを表している。
【図１４】５つのノードから成る光ネットワークにおいて、隣接波長のドロップによるフィルタリングの影響を減少させる伝送方式を説明する図である。図中の星印が光信号の損失が発生することを表している。図１３に比べて星印の数が減少していることが示されている。
【図１５】５つのノードから成る光ネットワークにおいて、隣接波長のドロップによるフィルタリングの影響を減少させるさらに他の伝送方式を説明する図である。
【図１６】５つのノードから成る光ネットワークにおいて、隣接波長のドロップによるフィルタリングの影響を解消させる他の伝送方式を説明する図である。
【図１７】フィルタリングを抑制したときに発生するノード間の空き帯域を利用して利用効率を一層高める方式を説明する図である。
【図１８】光スーパチャネルの構成を説明する図である。
【発明を実施するための形態】
【００２２】
以下に、本発明の一実施例を図面に基づいて詳細に説明する。
【実施例】
【００２３】
図１は、複数個のノード＃０～＃Ｄと、それらの間を接続する出力光ファイバＦとから成り、所定の送信ノードから所定の受信ノードへ波長分割多重光信号を伝送する光ネットワークＮＷの一部を例示している。Ｄは、ノード＃０を除いたノードの個数を示す正の整数である。図２は、ノード＃０を構成する光パスクロスコネクト装置ＯＸＣの入出力を示している。図２に示すように、光パスクロスコネクト装置ＯＸＣには、ノード＃０に隣接する各ノード＃１～＃Ｄからの合計Ｎ本の入力光ファイバＦi1～ＦiNが接続され、各ノード＃１～＃Ｄへの合計Ｎ本の出力光ファイバＦo1～ＦoNが接続されている。入力光ファイバＦi1～ＦiNおよび出力光ファイバＦo1～ＦoNがそれぞれｎ本ずつの束であるとすると、上記Ｎは、ｎ×Ｄにより表わされる。なお、各ノード間ファイバは、一定数ｎで無く、ノード毎に異なる本数で構わない。
【００２４】
本実施例では、所定の通信波長帯のたとえば１００ＧＨｚ毎に分割された複数の波長に対応する光チャネル（波長チャネルwavelength channel或いは光パスlight path）にそれぞれ対応するＬ個の複数波長の光が合波されることにより１つの波長群ＷＢが構成され、その波長群ＷＢがＭ個（Ｍ組）合波されて１つの波長分割多重（ＷＤＭ：Wavelength Division Multiplexing）光が構成され、その波長分割多重光が１本の光ファイバ毎に伝送される。すなわち、ＷＢ11～ＷＢ1M、ＷＢ21～ＷＢ2M、・・・ＷＢK1～ＷＢKMが、入力

光ファイバＦi1、Ｆi2、・・・ＦiNをそれぞれ介して並列に入力され、ルーティングされた新たな波長群ＷＢ11～ＷＢ1M、ＷＢ21～ＷＢ2M、・・・ＷＢK1～ＷＢKMが、出力光ファイバＦo1、Ｆo2、・・・ＦoNをそれぞれ介して並列に出力される。上記Ｌ、Ｍ、Ｎは整数であり、たとえば、Ｌ＝４～８、Ｍ＝８～１０、Ｎ＝１０～１２などに設定される。１本の光ファイバ毎の波長数ｍは、Ｌ×Ｍにより表わされる。

【００２５】

ここで、たとえば波長群ＷＢ11に含まれる波長チャネルの波長はλ111～λ11L、波長群ＷＢ12に含まれる波長チャネルの波長はλ121～λ12L、波長群ＷＢ1Mに含まれる波長チャネルの波長はλ1M1～λ1ML、波長群ＷＢKMに含まれる波長チャネルの波長はλKM1～λKMLとなるが、それらの波長、たとえばλ121～λ12Lは、周波数軸上において順次連続的に増加するものである。図３は、上記各波長群を構成する波長λの構成例であって、連続配置型波長群の例を示しており、連続する波長のうちから選択された互いに連続する１６波長毎に１群を構成するように順次選択された複数の波長群が設定されている。この図３において、波長分割多重信号を構成する波長チャネルは、相互に同じビットレートの光信号であってもよいし、一部または全部が相互に異なるビットレードの光信号であってもよい。

【００２６】

上記光パスクロスコネクト装置ＯＸＣは、波長選択スイッチベースで構成されており、たとえば図４に示すように、Ｎ本の入力光ファイバＦi1、Ｆi2、・・・ＦiNを介してそれぞれ入力された波長分割多重光に含まれる所定の波長群或いは波長を抽出して方路切り換えを行い、所望の他の波長分割多重光に組み入れてＮ本の出力光ファイバＦo1、Ｆo2、・・・ＦoNのうちの所望の出力光ファイバを介して伝送する。この光パスクロスコネクト装置ＯＸＣは、Ｎ本の入力光ファイバＦi1～ＦiN毎に設けられて、それら入力光ファイバＦi1～ＦiNからの波長分割多重光を構成する波長群から複数本（Ｎ本）の出力光ファイバＦo1～ＦoNのうちの任意の出力光ファイバへ向かう波長を選択するＮ個の１×Ｎ波長選択スイッチＷＳＳと、複数本（Ｎ本）の出力光ファイバＦo1～ＦoN毎に設けられ、前記Ｎ個の１×Ｎ波長選択スイッチＷＳＳからそれぞれ出力される波長群を合波して複数本（Ｎ本）の出力光ファイバＦo1～ＦoNのうちその波長群が指向する所望の出力光ファイバへ出力するＮ個のＮ×１光合流器ＷＢＣとを、備えている。このＮ×１光合流器ＷＢＣは、上記１×Ｎ波長選択スイッチＷＳＳと同様に構成されて逆方向に用いられたものであり、入出力が反転しても同じ機能を出すことができる対称構造に構成されている。この光パスクロスコネクト装置ＯＸＣでは、電気レイヤＥＬのルータから所定波長で送信されるアド信号をＮ本の出力光ファイバＦo1～ＦoNのうち、そのアド信号が指向する所望の出力光ファイバ内の波長分割多重光へ加えるためのアド用１×Ｎ波長選択スイッチＷＳＳが設けられている。また、入力光ファイバＦi1～ＦiNからの波長分割多重光に含まれる所定波長のドロップ信号を電気レイヤＥＬの所望のルータへドロップさせるためのドロップ用Ｎ×１光合流器ＷＢＣが設けられている。

【００２７】

上記１×Ｎ波長選択スイッチＷＳＳは、１入力に対して基本的には複数個の出力ポートすなわちノード＃０に隣接するノード＃１～＃Ｄの間のファイバ数と同じＮ個の出力ポートを有している。１×Ｎ波長選択スイッチＷＳＳは、たとえば図５に示す三次元ＭＥＭＳ光スイッチや、図６に示すＬＣＯＳ光スイッチから構成される。この三次元ＭＥＭＳ光スイッチは、図５に示すように、分光用回折格子Ｇ、集光レンズＬの他に、波長数ｍ個（図５では４個）のマイクロミラーＭＭおよびそれを駆動する図示しないアクチュエータを備え、入力光ファイバＦi1から入力された波長群が分光用回折格子Ｇで波長単位に分光された後に集光レンズＬによりマイクロミラーＭＭ上に集光され、マイクロミラーＭＭからの反射光が出力光ファイバＦoN（図５では４本のＦo1～Ｆo4）のうちの所望の出力光ファイバＦoNの端面に入射するように駆動されることで、波長選択スイッチ機能が得られるようになっている。また、ＬＣＯＳ光スイッチは、図６に示すように、分光用回折格子Ｇ、集光レンズＬ1、Ｌ2、円筒面ミラーＣＭ、光学補償板ＣＰ、偏光板ＰＤの他に、シリコン基板上の多数のミラーが電気的にオンオフされる反射型液晶板ＬＣＯＳおよびそれを駆

動する図示しない制御回路を備え、入力光ファイバＦiから入力された波長群が円筒面ミラーＣＭを経て分光用回折格子Ｇで波長単位に分光され、再度円筒面ミラーＣＭを経てた後に反射型液晶板ＬＣＯＳにより上に集光され、その反射型液晶板ＬＣＯＳから選択的反射され且つ円筒面ミラーＣＭを経た反射光が出力光ファイバＦoＮ（図６では４本のＦo1～Ｆo4）のうちの所望の出力光ファイバＦ0Ｎの端面に入射するように駆動されることで、波長選択スイッチ機能が得られるようになっている。

【００２８】

上記のようにそれぞれ構成された１×Ｎ波長選択スイッチＷＳＳでは、分光用回折格子Ｇおよび微小のミラーを用いて所望の波長を抽出するためのフィルタリングが行なわれるが、このフィルタリングの光学的特性Ｔは、図７の破線に示すように、周波数軸上において所定の選択波長を中心とし且つ左右の両端が傾斜した台形形状である。このため、ルーティング或いはドロッピングに際してフィルタリングによって所定波長の光チャネルが選択されるときにはその周波数幅を示す矩形のうちの一部である肩部が上記破線から外れることによりその肩部が削られる損失を受け、フィルタリング処理の多く受けるほど信号ゲインが損なわれる。なお、光ネットワークＮＷでは、上記ドロップでのフィルタリングの影響は、終端ノードにおける１回だけであるが、各ノードにおいてルーティング処理されるときに受ける複数回のフィルタリングの影響を受ける割合が高い。これに対して、図８に示すように、破線に示すフィルタリングの特性を上記所定波長の光チャネルの周波数幅を示す矩形枠をカバーできるように拡大することが考えられるが、このようにすると、周波数軸上で波長分割により設けられる光チャネルの数が減少するので、光ネットワークＮＷにおいて行なわれる光通信の周波数の利用効率が低下する。

【００２９】

図９は、ルーティング中の１×Ｄ波長選択スイッチＷＳＳにおいて或いはドロップ中にＤ×１ドロップ用光合流器ＷＢＣとして機能する１×Ｄ波長選択スイッチＷＳＳにおいて、フィルタリングの影響を説明する図である。図９において、入力された波長分割多重光信号は、１×Ｄ波長選択スイッチＷＳＳによるフィルタリングによって実線に示す所望の波長の光チャネルが所望の出力ポートから取り出される。このとき、破線の矢印で示す所望でない波長の光チャネルはフィルタリングの光学特性Ｔにより選択されないが、同時に実線の矢印に示す所望の波長の光チャネルの肩部もそのフィルタリングの光学特性Ｔによりそれぞれ少し削られる。

【００３０】

図１０は、ルーティング中に経由するノード全体すなわち光パスクロスコネクト装置ＯＸＣ全体におけるルーティング中のフィルタリングの影響を説明する図である。図１０において、いずれかの入力光ファイバＦiＮへ入力された波長分割多重光信号に含まれる所望の光チャネルが光パスクロスコネクト装置ＯＸＣから各出力光ファイバＦo1～ＦoＮへそれぞれルーティングされると、実線で示す所望の光チャネルは、波長選択スイッチＷＳＳにおけるフィルタリングによって、入力された波長分割多重光信号から波長選択される。このとき、破線の矢印で示す所望でない波長の光チャネルはフィルタリングの光学特性Ｔにより選択されないが、同時に実線の矢印で示す所望の波長の光チャネルの肩部もそのフィルタリングによりそれぞれ少し削られる。

【００３１】

図１１は、ルーティング中に経由する光パスクロスコネクト装置ＯＸＣから受けるフィルタリングの影響を可及的に抑制する光ネットワークＮＷの制御機能を説明する図である。図１１に示すように、光ネットワークＮＷは、ルーティング中に経由する光パスクロスコネクト装置ＯＸＣから受けるフィルタリングの影響を可及的に抑制する機能を備えている。すなわち、光ネットワークＮＷは、送信ノード、経由ノード、或いは受信ノードにおいて、いずれかの入力光ファイバＦiＮへ入力された波長分割多重光信号に含まれる所望の光チャネルが出力光ファイバＦo1～ＦoＮのいずれかへルーティングされる際には、いずれかの入力光ファイバＦiＮにおいて行き先が同一の出力光ファイバＦoＮへ出力される

周波数軸上で隣り合う複数の光チャネルを、各々光チャネル毎に分波することなく一括してその同一の出力光ファイバＦoＮへルーティングさせる。この周波数軸上で隣り合う複数の光チャネルは、１組であってもよいが、複数組であってもよく、周波数軸上の周波数帯配置は光ネットワークＮＷ内で単一（一定の周波数帯）に設定される。

【００３２】

図１２は、光チャネルの一部を削除する作用を有する他のフィルタリング処理である、隣接波長のドロップのためのフィルタリングを説明する図である。図１２に示すように、周波数軸上に配置された光チャネルが比較的密に配置されている場合に、所定のノードにおいてドロップ波長λ2の光チャネルがフィルタリングの光学特性Ｔにより選択されるとき、光学特性Ｔの裾により、そのドロップ波長λ2の光チャネルに隣接する波長λ1の光チャネルおよび波長λ3の光チャネルの一部が削除される。このように、波長λ1の光チャネルおよび波長λ3の光チャネルに隣接する隣接波長λ2の光チャネルのドロップにより、波長λ1の光チャネルおよび波長λ3の光チャネルの一部が削除される隣接波長のドロップによるフィルタリングの影響は、光ネットワークＮＷ内の各ノードにおいて発生する可能性がある。

【００３３】

図１３は、そのような隣接波長の光チャネルのドロップによるフィルタリングの影響の発生を、たとえば、ノード＃１、ノード＃２、ノード＃３、ノード＃４、ノード＃５を接続した光ネットワークＮＷにおいて図１２に示す波長λ1の光チャネル、波長λ2の光チャネル、波長λ3の光チャネル、波長λ4の光チャネルが一束（一群）で伝送される場合を用いて説明する図である。図１３では、波長λ3の光チャネルの信号Ｃおよび波長λ4の光チャネルの信号Ｄがノード＃１からアドされ、波長λ1の光チャネルの信号Ａおよび波長λ2の光チャネルの信号Ｂがノード＃３からアドされるとともに、波長λ4の光チャネルの光信号Ｄがノード＃３からドロップされ、波長λ2の光チャネルの信号Ｂがノード＃４からドロップされ、波長λ1の光チャネルの信号Ａおよび波長λ3の光チャネルの信号Ｃがノード＃５からドロップされる。このとき、ノード＃３では、波長λ4の光チャネルをドロップさせるフィルタリング処理によりその波長λ4の光チャネルに隣接する波長λ3の光チャネルの一部が削除される。また、ノード＃４では、波長λ2の光チャネルをドロップさせるフィルタリング処理によりその波長λ2の光チャネルに隣接する波長λ1の光チャネルおよび波長λ3の光チャネルの一部がそれぞれ削除される。図１３中の☆印は、光チャネルの一部が削除されたことを示している。

【００３４】

図１４は、図１３に示す光ネットワークＮＷにおいて図１２に示す波長λ1の光チャネル、波長λ2の光チャネル、波長λ3の光チャネル、波長λ4の光チャネルにより信号Ａ、信号Ｂ、信号Ｃ、信号Ｄがそれぞれ伝送される場合を用いて、隣接波長の光チャネルのドロップによるフィルタリングの影響を削減する光ネットワークＮＷを説明する図である。この図１４の光ネットワークＮＷでは、複数の波長チャネルを束にしてルーティングする場合は束の中のどの波長チャネルによりどの信号を割り当てるかについて制約がないことを利用して、隣接波長の光チャネルのドロップによるフィルタリングの影響を削減する割り当てを行なっている。すなわち、図１３で波長λ１の光チャネルを用いて伝送された信号Ａと波長λ3の光チャネルを用いて伝送された信号Ｃとが、それぞれの波長チャネル（キャリヤ波長）の割り当てが相互に入れ換えられている。換言すれば、図１３で波長λ１の光チャネルを用いて伝送された信号Ａは図１４では波長λ3の光チャネルを用いてノード＃３からノード＃５へ伝送され、図１３で波長λ3の光チャネルを用いて伝送された信号Ｃは図１４では波長λ１の光チャネルを用いてノード＃１からノード＃５へ伝送される。この図１４に示された光ネットワークＮＷのノード＃４では、波長λ2の光チャネルをドロップさせるフィルタリング処理によりその波長λ2の光チャネルに隣接する波長λ1の光チャネルおよび波長λ3の光チャネルの一部がそれぞれ削除され、☆印に示す光チャネルの削除点が、図１３の光ネットワークＮＷよりも少なくされる。

【００３５】

図１５に示す光ネットワークＮＷは、図１３および図１４に示す光ネットワークＮＷと同様に、図１２に示す波長λ1の光チャネル、波長λ2の光チャネル、波長λ3の光チャネル、波長λ4の光チャネルにより信号Ａ、信号Ｂ、信号Ｃ、信号Ｄがそれぞれ伝送される場合を用いて、隣接波長の光チャネルのドロップによるフィルタリングの影響を削減するために、複数の波長チャネルを束にしてルーティングする場合は束の中のどの波長チャネルによりどの信号を割り当てるかについて制約がないことを利用して、隣接波長の光チャネルのドロップによるフィルタリングの影響を削減する割り当てを行なっている。すなわち、図１３で波長λ１の光チャネルを用いて伝送された信号Ａは図１５では波長λ2の光チャネルを用いてノード＃３からノード＃５へ伝送され、図１３で波長λ2の光チャネルを用いて伝送された信号Ｂは図１５では波長λ3の光チャネルを用いてノード＃３からノード＃４へ伝送され、図１３で波長λ3の光チャネルを用いて伝送された信号Ｃは図１５では波長λ１の光チャネルを用いてノード＃１からノード＃５へ伝送される。この図１５に示された光ネットワークＮＷのノード＃４では、波長λ3の光チャネルをドロップさせるフィルタリング処理によりその波長λ3の光チャネルに隣接する波長λ2の光チャネルの一部がそれぞれ削除され、☆印に示す光チャネルの削除点が、図１３および図１４の光ネットワークＮＷよりも少なくされる。

【００３６】

図１６に示す光ネットワークＮＷは、図１３、図１４および図１５に示す光ネットワークＮＷと同様に、図１２に示す波長λ1の光チャネル、波長λ2の光チャネル、波長λ3の光チャネル、波長λ4の光チャネルにより信号Ａ、信号Ｂ、信号Ｃ、信号Ｄがそれぞれ伝送される場合を用いて、隣接波長の光チャネルのドロップによるフィルタリングの影響を削減するために、複数の波長チャネルを束にしてルーティングする場合は束の中のどの波長チャネルによりどの信号を割り当てるかについて制約がないことを利用して、隣接波長の光チャネルのドロップによるフィルタリングの影響を削減する割り当てを行なっている。すなわち、図１３で波長λ１の光チャネルを用いて伝送された信号Ａは図１６では波長λ2の光チャネルを用いてノード＃３からノード＃５へ伝送され、図１３で波長λ2の光チャネルを用いて伝送された信号Ｂは図１６では波長λ４の光チャネルを用いてノード＃３からノード＃４へ伝送され、図１３で波長λ3の光チャネルを用いて伝送された信号Ｃは図１６では波長λ１の光チャネルを用いてノード＃１からノード＃５へ伝送され、図１３で波長λ4の光チャネルを用いて伝送された信号Ｄは図１６では波長λ3の光チャネルを用いてノード＃１からノード＃３へ伝送される。この図１６に示された光ネットワークＮＷのノード＃１乃至ノード＃５のいずれにおいても、所定の波長の光チャネルをドロップさせるフィルタリング処理によりそれに隣接する波長の光チャネルの一部が削除されることが解消されている。

【００３７】

上述のように、本実施例の光ネットワークＮＷは、ルーティング中に経由する光パスクロスコネクト装置ＯＸＣから受けるフィルタリングの影響を可及的に抑制する機能だけでなく、隣接波長の光チャネルのドロップによるフィルタリングの影響を可及的に抑制する制御機能を備えている。すなわち、本実施例の光ネットワークＮＷは、送信ノード、経由ノード、或いは受信ノードにおいて、いずれかの入力光ファイバＦiNへ入力された波長分割多重光信号に含まれる所望の光チャネルが出力光ファイバＦo1～ＦoNのいずれかへルーティングされる際には、いずれかの入力光ファイバＦiNにおいて行き先が同一の出力光ファイバＦoNへ出力される周波数軸上で隣り合う複数の光チャネルを、各々光チャネル毎に分波することなく一括してその同一の出力光ファイバＦoNへルーティングさせる。この周波数軸上で隣り合う複数の光チャネルは、１組であってもよいが、複数組であってもよく、周波数軸上の周波数帯配置は光ネットワークＮＷ内で単一（一定の周波数帯）に設定される。そして、この光ネットワークＮＷは、上記ルーティングの際には、受信ノードにおいて、その受信ノードでドロップされる光チャネルについてのみドロップのための光信号のフィルタリングを行なうことを許容し、該光チャネルの周波数軸上の片側或いは両側で波長分割フィルタ機構によるフィルタリングを受ける回数を規定値以下になる

ようにその光チャネル並びに途中の経由ノードで終端される光チャネルのルーティング経路並びに周波数配置を制御する。

【００３８】

その光ネットワークＮＷは、予めトラフィック需要を与えて光ネットワークＮＷを設計する静的設計の場合では、周波数軸上での一定幅の光チャネルの束に収容される光チャネルにおいて隣接する光チャネルの所定ノードでのドロップ処理が最少或いは規定値以下となるように光ネットワークＮＷ内でのその光チャネルの経路並びに周波数配置が探索されて割り当てられて構成されている。また、その光ネットワークＮＷは、光チャネルの需要が生じる毎に光ネットワークＮＷに収容していく動的設計の場合では、新たに到着した１つの需要に対して経路或いは周波数を割り当てる際に、その需要の光チャネル並びに隣接する既存の光チャネルのノードでのドロップ処理が最少或いは規定値以下となるその需要光チャネルの経路或いは周波数が探索して割り当てるよう構成される。

【００３９】

上記光ネットワークＮＷは、経由ノードで複数の光チャネルを入力光ファイバから出力光ファイバへ周波数軸上の一定の幅毎にまとめてルーティングし、その経由ノードで終端される光信号はその光信号のフィルタリングを行なうことを許容し、光ネットワークＮＷ内で一定幅を１又は２以上用いるように構成されている。この１又は２以上の一定幅の複数の周波数帯配置は、光ネットワークＮＷ内では単一である。

【００４０】

また、上記光ネットワークＮＷは、途中の経由ノードで複数の光チャネルを入力光ファイバＦi1～ＦiNから出力光ファイバＦo1～ＦoNへ周波数軸上の一定の幅毎の束にまとめてルーティングするとともに、その束が設定されておらず空いている所定のノード間たとえばノード＃（Ｄ－１）とノード＃Ｄとの間の伝送周波数帯域を検出し、そのノード＃（Ｄ－１）とノード＃Ｄとの間の伝送周波数帯域においては、光チャネルを個別にルーティングするように制御するように構成されている。図１７は、上記ノード＃（Ｄ－１）およびノード＃Ｄを含む光ネットワークＮＷの一部を拡大して示す概略図である。図１７において、光ネットワークＮＷによる制御によって、たとえば図１２に示す波長λ1の光チャネル、波長λ2の光チャネル、波長λ3の光チャネル、波長λ4の光チャネルの一束（一群）を始めとする複数の束Ｂ１、Ｂ２、Ｂ３、Ｂ４のルーティングが行なわれている状況下で、ノード＃（Ｄ－１）とノード＃Ｄとの間で束Ｂが設立されていない空き帯域が発生すると、その空き帯域において、波長単位の光チャネルのルーティングが許容される。

【００４１】

上述のように、本実施例の光ネットワークＮＷによれば、所定の送信ノードから前記所定の受信ノードに波長分割多重光信号を伝送する際に経由するすくなくとも１つの光パスクロスコネクト装置ＯＸＣにおいて、いずれかの入力光ファイバＦi1～ＦiNから入力された光チャネルが１または２以上の出力光ファイバＦo1～ＦoNにルーティング或いはスイッチングされる際、各入力光ファイバＦi1～ＦiNにおいて同一の出力光ファイバＦoNへ出力される周波数軸上で隣り合う複数の光チャネルが、各々光チャネル毎に分波することなく一括した束のままで分波して出力光ファイバへルーティング或いはスイッチングされる。これにより、光チャネルが受けるフィルタリングの回数が少なくなってフィルタリングによって受ける損失が少なくなるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が高められる。

【００４２】

また、本実施例の光ネットワークＮＷによれば、光チャネルのうちの１つが送信ノードから複数のノードを経由して受信ノードにルーティング或いはスイッチングされて到達する際に、各入力光ファイバＦi1～ＦiNにおいて同一の出力光ファイバＦoNへ出力される或いは前記受信ノードでドロップされる光チャネルを含む周波数軸上で隣り合う複数の光チャネルを各々光チャネル毎に分波することなく一括して分波して出力光ファイバＦoNへルーティング或いはスイッチングする際に、受信ノードでドロップされる光チャネルについてのみドロップのための光信号のフィルタリングを行なうことが許容され、且つ、そ

の光チャネルの周波数軸上の片側或いは両側で波長分割フィルタ機構によるフィルタリングを受ける回数を規定値以下になるように該光チャネル並びに途中の経由ノードで終端される光チャネルのルーティング経路並びに周波数配置がコントロールされる。これにより、光チャネルが受けるフィルタリングの回数が少なくなってフィルタリングによって受ける損失が少なくなるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が高められる。

【００４３】

また、本実施例の光ネットワークＮＷによれば、経由ノードで複数の光チャネルが入力光ファイバＦi1～ＦiNから出力光ファイバＦo1～ＦoNへ周波数軸上の一定の幅毎にまとめてルーティングされ、その経由ノードで終端される光信号はその光信号のフィルタリングを行なうことが許容され、光ネットワークＮＷ内で一定幅が１又は２以上用いられる。これにより、光チャネルが受けるフィルタリングの回数が少なくなってフィルタリングによって受ける損失が少なくなるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が高められる。

【００４４】

また、本実施例の光ネットワークＮＷによれば、その光ネットワークＮＷ内で用いる１又は２以上の前記一定幅の複数の周波数帯配置が、その光ネットワークＮＷ内で単一であることから、コントロールが容易となる。

【００４５】

また、本実施例の光ネットワークＮＷは、トラフィック需要を与えて光ネットワークを設計する静的設計の場合には、周波数軸上での一定幅の光チャネルの束に収容される光チャネル或いは光スーパチャネルにおいて、隣接する光チャネルの所定ノードでのドロップ処理が最少或いは規定値以下となるように光ネットワークＮＷ内での該光チャネルの経路並びに周波数配置が探索されて割り当てられることで構成されている。また、本実施例の光ネットワークＮＷは、光チャネルの需要が生じる毎に光ネットワークＮＷに収容していく動的設計の場合には、新たに到着した１つの需要に対して経路或いは周波数を割り当てる際、該需要の光チャネル或いは光スーパチャネル並びに隣接する既存の光チャネル或いは光スーパチャネルのノードでのドロップ処理が最少或いは規定値以下となる該需要光チャネルの経路或いは周波数が探索して割り当てるように構成される。これにより、光チャネルが受けるフィルタリングの回数が少なくなってフィルタリングによって受ける損失が少なくなるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が高められる。

【００４６】

また、本実施例の光ネットワークＮＷによれば、途中の経由ノードで複数の光チャネルが入力光ファイバＦi1～ＦiNから出力光ファイバＦo1～ＦoNへ周波数軸上の一定の幅毎の束にまとめてルーティングされるとともに、その束が設定されていないノード間の周波数帯域においては、光チャネルが個別にルーティング或いはスイッチングされる。これにより、空いている帯域において光チャネル或いは光スーパチャネルが個別にルーティング或いはスイッチングされるので、波長分割多重光を伝送する際の光信号の周波数利用効率が一層高められる。

【００４７】

以上、本発明の一実施例を図面に基づいて説明したが、本発明はその他の態様においても適用される。

【００４８】

たとえば、前述の実施例の光ネットワークＮＷでは、波長分割多重光信号から選択される光信号の単位として光チャネルが用いられていて、その光チャネルがフィルタリング処理による影響を受けないようにする制御が行なわれていたが、その光チャネルに替えて、図１８に示す光スーパチャネルが用いられても差し支えない。この光スーパチャネルは、大容量の信号を生成するために所定のビットレートの信号を複数の光サブキャリヤを用いて１つのチャネルを構成したものであり、最少単位の１つの光信号として取り扱われるものである。すなわち、光スーパチャネルは、複数の異なる光信号の群ではなく、その一部

のサブキャリヤがフィルタリングされないように、光ネットワークＮＷ内において途中のノードで分離することなく送信ノードから受信ノードまで一体として取り扱われる。

【００４９】

また、前述の実施例において、ノードに入力された波長分割多重光信号に含まれる光チャネル（波長パス）をその波長ラベルに示される行き先の受信ノードへ向かう出力光ファイバに乗るように波長選択して出力することを、ルーティングと称していたが、同じ意味でスイッチングという用語が用いられてもよい。また、光チャネル相互の周波数の相対関係を表す場合に周波数軸上という用語を用いていたが、波長軸上と同じ意味で用いられている。

【００５０】

また、前述の実施例において、波長分割多重光信号から所望の波長の光チャネルを選択し、或いは所望の波長の光チャネルを所望の方路の波長分割多重光に合波することができるＲＯＡＤＭ光スイッチが、光パスクロスコネクト装置ＯＸＣに替えて用いられてもよい。要するに、再配置可能光分岐挿入装置が、光パスクロスコネクト装置ＯＸＣに替えて或いは加えて用いられてもよい。

【００５１】

また、前述の実施例では、図４に示すように、光パスクロスコネクト装置ＯＸＣ内の光合流器ＷＢＣ（波長選択スイッチＷＳＳ）によるフィルタリングによりドロップ波長の光チャネルが分離されて電気レイヤＥＬへドロップさせられていたが、入力光ファイバＦi1～ＦiNに設けられた波長選択スイッチＷＳＳにおるフィルタリングによりドロップ波長の光チャネルが分離されて電気レイヤＥＬへドロップされるようにしてもよい。

【００５２】

また、前述の実施例の光パスクロスコネクト装置ＯＸＣは、たとえば、波長群選択スイッチを波長選択スイッチＷＳＳと光合流器ＷＢＣとの間に設けたり、増設用光クロスコネクト部（サブシステム）を設けるなど、必要に応じて、種々の変形が加えられ得るものである。

【００５３】

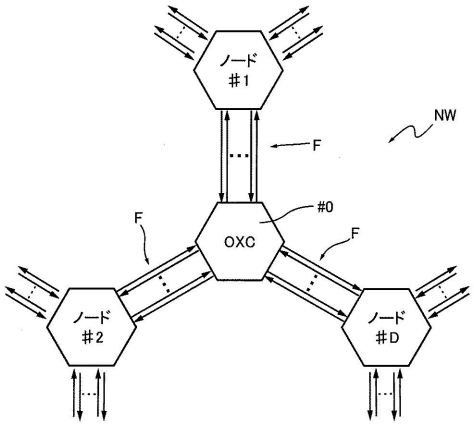
その他、一々例示はしないが、本発明はその趣旨を逸脱しない範囲で種々変更を加え得るものである。

【符号の説明】

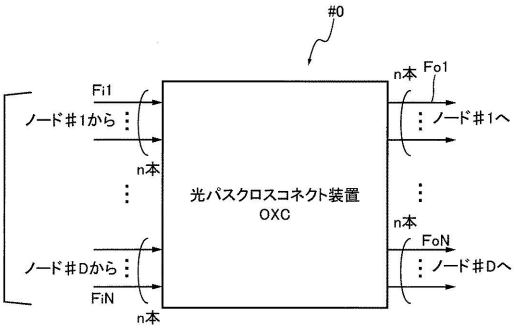
【００５４】

ＮＷ：光ネットワーク
＃０～＃Ｄ：ノード
ＯＸＣ：光パスクロスコネクト装置
ＷＳＳ：波長選択スイッチ
Ｆi1～ＦiN：入力光ファイバ
Ｆo1～ＦoN：出力光ファイバ

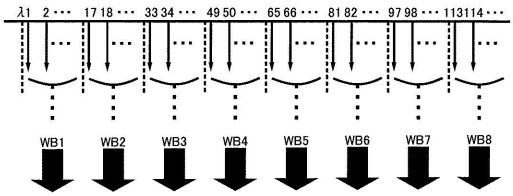
【図１】



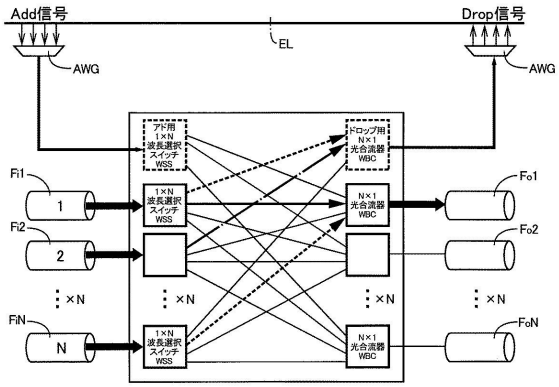
【図２】



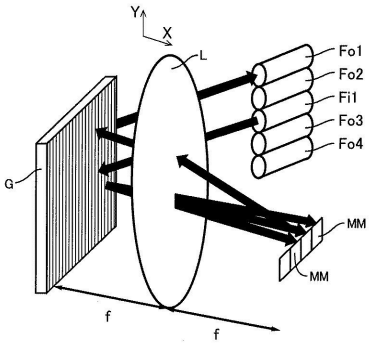
【図３】



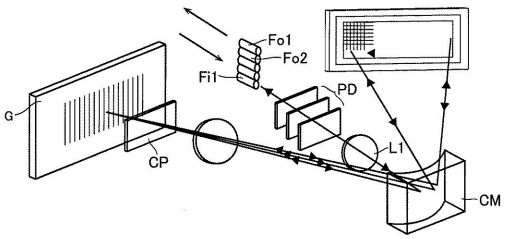
【図４】



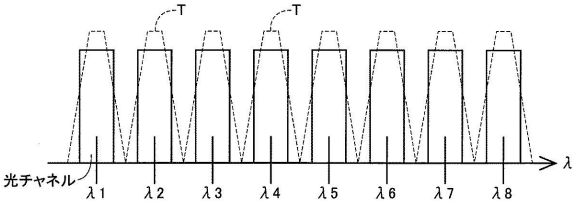
【図５】



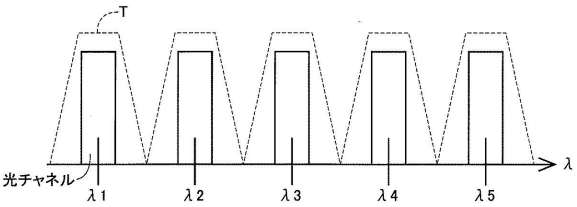
【図６】



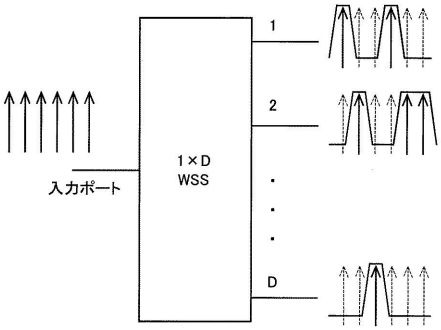
【図７】



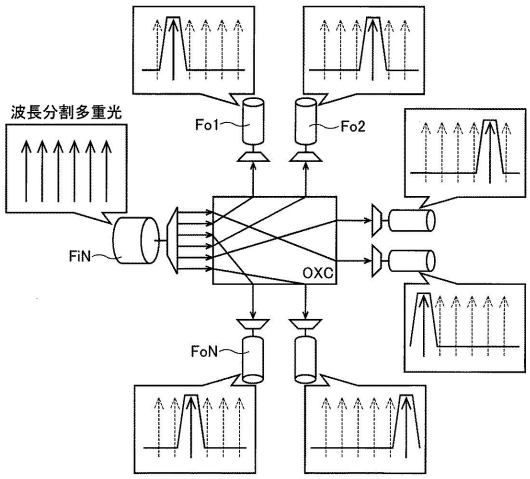
【図８】



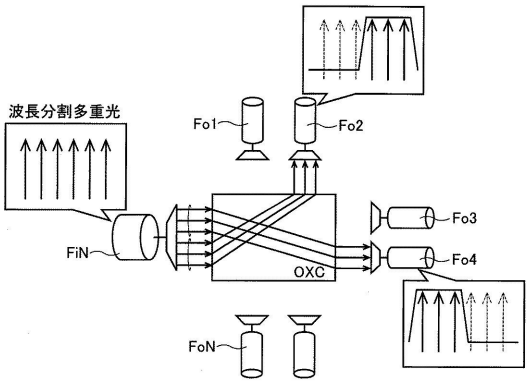
【図９】



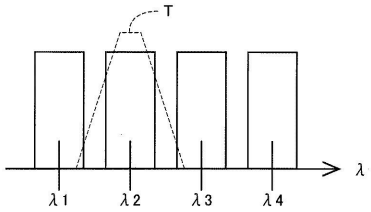
【図１０】



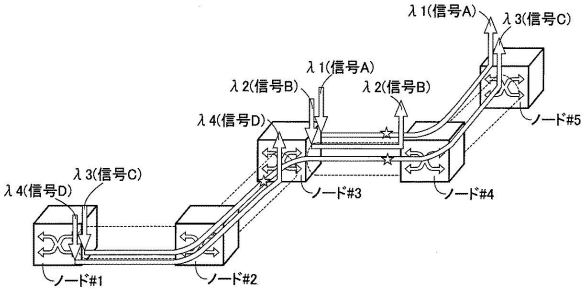
【図１１】



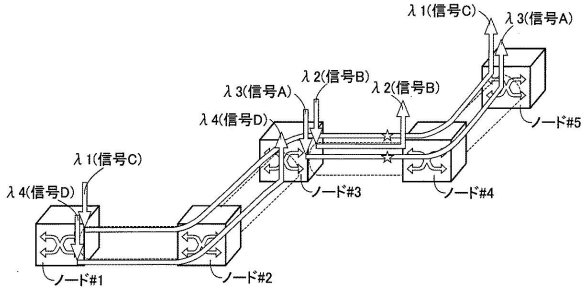
【図１２】



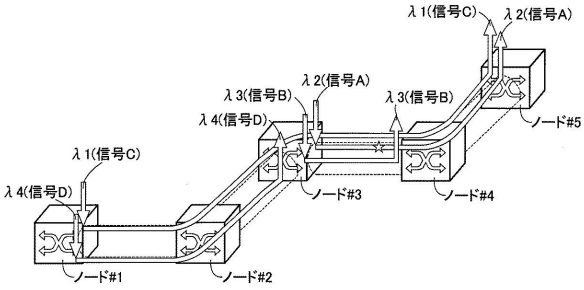
【図１３】



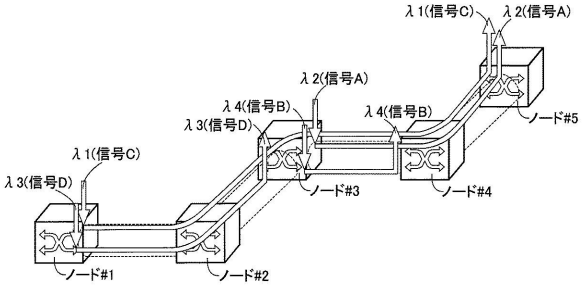
【図１４】



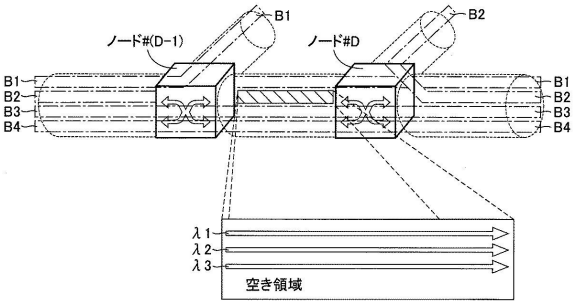
【図１５】



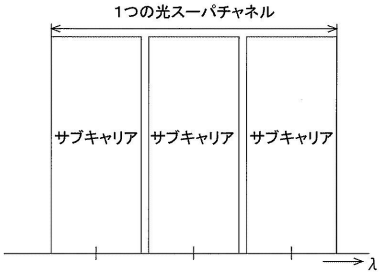
【図１６】



【図１７】


B1
B2
ノード#(D−1)
ノード#D
B1
B2
B3
B4
B1
B2
B3
B4
λ1
λ2
λ3
空き領域

【図１８】


1つの光スーパチャネル
サブキャリア
サブキャリア
サブキャリア
λ

フロントページの続き

(72)発明者　森　洋二郎
愛知県名古屋市千種区不老町１番　国立大学法人名古屋大学内
(72)発明者　寺田　佑貴
愛知県名古屋市千種区不老町１番　国立大学法人名古屋大学内

審査官　前田　典之

(56)参考文献　特開２０１３－０８５０１０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０８５０１１（ＪＰ，Ａ）
TANIGUCHI, Yuki et al., Coarse granular optical routing networks utilizing fine granular add/drop, IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking, 米国, IEEE, ２０１３年　７月, Vol.5, Issue.7, pages.774-783
TANIGUCHI, Yuki et al., Dynamic grouped routing optical networks for cost effective and agile wavelength services, Optical Fiber Communication Conference and Exposition and the National Fiber Optic Engineers Confere, 米国, IEEE, ２０１３年　３月１７日, pages.1-3
TERADA, Yuki et al., Enhancement of fiber frequency utilization by employing grouped optical path routing, Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC), 米国, IEEE, ２０１４年　３月　９日, pages.1-3

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０４Ｂ　１０／２７
Ｈ０４Ｑ　３／５２