

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4457005号
(P4457005)

(45) 発行日 平成22年4月28日 (2010. 4. 28)

(24) 登録日 平成22年2月12日 (2010. 2. 12)

| (51) Int. Cl. | F I |
|----------------------|---------------|
| HO4B 10/16 (2006.01) | HO4B 9/00 J |
| HO4B 10/17 (2006.01) | GO2F 1/35 501 |
| GO2F 1/35 (2006.01) | HO4B 9/00 N |
| HO4B 10/20 (2006.01) | HO4B 9/00 U |
| HO4B 10/02 (2006.01) | |

請求項の数 15 (全 30 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2004-521595 (P2004-521595) | (73) 特許権者 | 000005223 富士通株式会社 |
| (86) (22) 出願日 | 平成15年7月10日 (2003. 7. 10) | | 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 |
| (65) 公表番号 | 特表2005-533437 (P2005-533437A) | (74) 代理人 | 100070150 弁理士 伊東 忠彦 |
| (43) 公表日 | 平成17年11月4日 (2005. 11. 4) | (72) 発明者 | 木下 進 アメリカ合衆国, テキサス州 75024 、プレーノ, プレストン・ロード 660 0番 ストーンゲイト・アパートメント 1126号 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/US2003/021512 | (72) 発明者 | 青木 泰彦 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 |
| (87) 国際公開番号 | W02004/008666 | | |
| (87) 国際公開日 | 平成16年1月22日 (2004. 1. 22) | | |
| 審査請求日 | 平成18年2月16日 (2006. 2. 16) | | |
| (31) 優先権主張番号 | 10/193, 538 | | |
| (32) 優先日 | 平成14年7月11日 (2002. 7. 11) | | |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ネットワーク、光ネットワーク用のノード及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のノード間でトラフィックを伝送する光リングと、
前記光リングに接続され、前記光リングの少なくとも一部にポンプパワーを与えるラマンポンプソースと

を備える光ネットワークであって、前記複数のノードは前記光リングで接続され、
各ノードは、前記光リングから少なくとも受動的にトラフィックを落とす第1光スプリッタと、前記光リングにトラフィックを少なくとも受動的に付加する第2光スプリッタとを有し、

前記各ノードの中で前記ラマンポンプソースを備えていないノードは、前記第1光スプリッタの前段に設けられ、ラマンポンプパワーを前記トラフィックから分離するポンプフィルタと、前記第2光スプリッタの後段に設けられた合成器とを有し、

前記合成器は、前記ポンプフィルタにより分離され、少なくとも前記第1及び第2光スプリッタを迂回した前記ラマンポンプパワーを、前記光リングのトラフィックに再合成する、光ネットワーク。

【請求項2】

前記ラマンポンプソースが、トラフィックの伝送方向に対して逆に伝搬する方向にポンプパワーを送る、請求項1記載の光ネットワーク。

【請求項3】

前記ラマンポンプソースが、第1のポンプソースを有し、前記第1のポンプソースのラ

10

20

マン増幅用に、前記トラフィックのポンプパワーと同じ向きに伝搬する方向にポンプパワーを送る第2のポンプソースをさらに有する、請求項2記載の光ネットワーク。

【請求項4】

前記ラマンポンプソースが、第1のポンプソースを有し、前記トラフィックのラマン増幅用に、前記トラフィックのポンプパワーと同じ向きに伝搬する方向にポンプパワーを送る第2のポンプソースをさらに有する、請求項2記載の光ネットワーク。

【請求項5】

前記第2のポンプソースが、前記第1のポンプソースが故障した際に、ポンプパワーを送るように選択的に動作する、請求項4記載の光ネットワーク。

【請求項6】

前記第1のポンプソース及び前記第2のポンプソースが、前記トラフィックの波長より約100ナノメートル短い波長を出力する、請求項4記載の光ネットワーク。

【請求項7】

前記第1のポンプソースが、前記トラフィックの波長より約100ナノメートル短い波長を出力し、前記第2のポンプソースが、前記第1のポンプソースの波長より約100ナノメートル短い波長を出力する、請求項3記載の光ネットワーク。

【請求項8】

前記光リングが、約40キロメートルの外周を有し、実質的にリング全体が、約0.5ワットの単独のラマンレーザにより増幅される、請求項1記載の光ネットワーク。

【請求項9】

光ネットワークに使用される複数のノードの内、ラマンポンプソースを備えていないノードであって、

光ファイバリングからトラフィックを少なくとも受動的に落とす第1光スプリッタの前段に設けられ、前記光ネットワーク上で搬送されるトラフィックからラマンポンプパワーを分離するポンプフィルタと、

前記第1光スプリッタの前段で分離されたラマンポンプパワーを迂回させるバイパス要素と、

前記光ファイバリングにトラフィックを少なくとも受動的に付加する第2光スプリッタの後段に設けられた合成器と、

を有し、前記合成器は、前記ポンプフィルタにより分離され、少なくとも前記第1及び第2スプリッタを迂回した前記ラマンポンプパワーを、前記光ファイバリングのトラフィックに再合成する、光ネットワーク用のノード。

【請求項10】

前記バイパス要素が、ポンプパワーを選択的に終端するスイッチを有する、請求項9記載のノード。

【請求項11】

前記第1及び第2光スプリッタが、受動的な付加/除去要素である、請求項9記載のノード。

【請求項12】

光ファイバリングで伝送されるトラフィックのラマン増幅用に、光ファイバリングの少なくとも一部にポンプパワーを提供する光ネットワークで使用される方法であって、当該方法は、前記光ファイバリングによって接続された複数のノードの内、ラマンポンプソースを備えていないノードにおいて使用され、当該方法は、

光ファイバリングからトラフィックを受動的に落とす第1光スプリッタの前段で、ポンプフィルタにより前記トラフィックからポンプパワーを分離するステップと、

前記第1光スプリッタにより光ファイバリングからトラフィックを落とし、第2光スプリッタによりトラフィックを光ファイバリングに付加するステップと、

前記ポンプフィルタにより分離され、少なくとも前記第1及び第2スプリッタを迂回した前記ポンプパワーを、前記第2光スプリッタの後段で前記光ファイバリングのトラフィックに再合成するステップと

10

20

30

40

50

を有する方法。

【請求項 1 3】

分離したポンプパワーを前記ノードにて選択的に終端するステップを更に有する、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 4】

前記光ファイバリングが、約 40 キロメートルの外周を有し、実質的にリング全体が、約 0.5 ワットの単独のラマンレーザにより増幅される、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 5】

前記ポンプパワーが、前記トラフィックの波長より約 100 ナノメートル短い波長を有する、請求項 1 2 記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に光伝送システムに関し、光ネットワーク用の分散ラマン増幅器及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

テレコミュニケーションシステム、ケーブルテレビジョンシステム及びデータ通信ネットワークは、遠隔した地点間で大量の情報を速やかに搬送するために光ネットワークを利用する。光ネットワークでは、情報は、光信号の形式で光ファイバを介して搬送される。光ファイバは、非常に低損失で長距離にわたって信号を伝送することの可能な細いガラス線より成る。

20

【0003】

光ネットワークは伝送容量を増やすために波長分割多重化(WDM)又は高密度波長分割多重化(DWDM)を利用することが間々ある。WDM及びDWDMネットワークでは、多くの光チャネルが異なる波長で各ファイバにて搬送される。ネットワーク容量は、各ファイバ又はチャネルにおける波長又はチャネルの数、又はチャネルのサイズ等に基づく。WDM、WDM及び他の光ネットワークでは、マイクロエレクトロメカニカルスイッチ(MEMS: microelectro-mechanical switches)、アレイウエーブガイドグレーティング(AWG: array waveguide grating)、インターリーブ及び/又はファイバグレーティング(FG: fiber grating)が、ネットワークノードでトラフィックを付加する及び除くために使用され、ネットワークノードでトラフィックを多重化及び分離するために使用されるのが一般的である。WDM及び他の光ネットワークでは、一般に、エルビウムドープファイバ増幅器が、各ノードで光信号入力及び出力を増幅するために配備される。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本願課題は、従来のシステム及び方法に関連する問題点や欠点を排除する又は軽減する、光ネットワーク用の分散ラマン増幅器及び関連する方法を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

特定の態様では、ポンプソースが光ファイバリングに結合され、その光ファイバリングはノード間でトラフィック信号を伝送するよう動作可能である。ポンプソースは、トラフィック信号のラマン増幅用に、ポンプパワーを光ファイバリングの少なくとも一部に提供するよう動作する。各ノードは、少なくとも一部のトラフィックを光ファイバリングに落とすよう動作する光スプリッタより成る。各ノードは、そのノードにて、トラフィック信号からのポンプパワーを分けるよう動作するポンプフィルタから更に構成される。

【0006】

本発明の一実施例によれば、ノードは、そのノードの付加/除去の要素からポンプパワ

50

ーを迂回させるバイパス要素、及びノードの付加/除去要素のバイパス後にポンプパワーをトラフィック信号に再結合する合成器(コンバイナ)から更に構成される。

【発明の効果】

【0007】

本発明による技術的利益は、光ファイバリング用の分散されたラマン増幅器及びその方法を提供することを含む。一態様では、1つのラマン増幅ポンプが、光リングネットワーク全体に対するラマン増幅を行ってもよい。ポンプバイパス要素、リフレクタを通じて及び/又は別のリングへ及び別のリングから過剰なポンプパワーを伝送することで、ポンプパワーは再利用され(リサイクルされ)及び/又は保存されてもよい。

【0008】

本発明による他の技術的利益は、速やかな過度特性及び広帯域増幅性を備えた光リングネットワークを提供することを含む。特定の態様では、ゲイン幅(利得幅)は100ナノメートルより大きくてもよい。過度応答は、サージの低い又は全くない低雑音性で、ピコ秒のオーダーであってもよい。

【0009】

他の技術的利益は、より広い帯域、より大きなリング又はより多数のノードをカバーするために、様々な波長のポンプソースを加えることで、ペイズグロウ(pay-grow)(進展に応じた支払料金性)又はサービス中のアップグレード可能性を備えた光リングネットワークを提供する。特定の態様では、ポンプ帯域間で10-20ナノメートルしかない粒度の広範な帯域を増幅するために、ポンプが付加されてもよい。特定の態様では、Cバンド及びLバンドの波長の全範囲を増幅するために、複数のポンプが使用されてもよい。

【0010】

本発明による更なる技術的利益は、単独のラマンポンプレーザーダイオードユニット又は限定数個のそのようなユニットを用いて、複数の光リングを増幅することを含む。特定の態様では、メトロコアハブにて接続された4つのメトロアクセスリングを増幅するために、2ワットレーザーが使用されてもよい。

【0011】

本発明による更なる技術的利益は、フレキシブルなチャンネルスペーシング機能及び低ノイズ損失性を備えたラマン増幅光リングネットワークを提供することを含む。トラフィックを付加及び/又は除去するために、受動的なカブラが使用されてもよい。ノード損失は、約4-5dBに制限されてもよい。

【0012】

本発明による様々な態様は、列挙された技術的の全部又は一部を含んでもよいし、全く含まなくてもよい。更に、本発明による他の技術的利益は、以下の詳細な説明、特許請求の範囲及び図面により当業者に明瞭に理解されるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明及びその利益を更に理解するため、添付図面に関連して以下の説明が参照され、同様な番号は同様な要素を表す。

【0014】

図1は、本発明の一実施例による光ネットワーク10を示すブロック図である。本実施例では、光ネットワーク10は、フレキシブルな単独のオープンリングネットワークである。

【0015】

図1を参照するに、ネットワーク10は、単一の光ファイバ12、ハブノード16及び複数の付加/除去ノード14から構成される。多数の光チャンネルが、様々な波長でネットワーク10内で共通の経路を通じて搬送される。ネットワーク10は、波長分割多重化(WDM)方式、高密度波長分割多重化(DWDM)方式その他適切なマルチチャンネルネットワークでもよい。ネットワーク10は、短距離大都市ネットワーク、長距離都市間ネッ

10

20

30

40

50

トワーク若しくは他の適切なネットワーク又はそれらのネットワークの組み合わせに使用されてもよい。光信号は、音声の、映像の、文字の、リアルタイム、非リアルタイムの及び/又は他の適切なデータをエンコードするために変調された少なくとも1つの属性を有する。変調は、位相シフトキーイング (P S K)、強度変調 (I M) 及び他の適切な方法に基づいてもよい。

【 0 0 1 6 】

ハブノード 1 6 及び付加/除去ノード 1 4 の各々は、リング 1 2 へ及びそこからトラフィックを付加及び除去するように動作する。ここで使用されるように、「各々」なる語は、指定された項目の少なくとも1つの部分集合中の1つ1つ総てを意味する。トラフィックを付加する及び除去する場合に、ノード 1 4 及び 1 6 は、リング 1 2 で伝送するために

10

【 0 0 1 7 】

少なくとも一部がリング上で伝送される伝送信号に、トラフィックチャンネルを挿入する或いはそのチャンネルの信号を合成することで、トラフィックはリング 1 2 に付加される。トラフィックは、そのトラフィックをローカルクライアントへの伝送に利用可能にすることによって、除去されてもよい。そして、トラフィックは除去されてもよいし、リング上で更に巡回させてもよい。特定の実施例では、トラフィックはリング 1 1 2 に受動的に付加又はそこから受動的に除去される。この文脈での「受動的」 (p a s s i v e) なる語は、パワー、電気及び/又は可動部なしにチャンネルを付加又は除去することを意味する。従って、能動的な素子は、処理を実行するために、パワー、電気又は可動部を使用する。特定の実施例では、トラフィックは、リング 1 2 内で多重化/分離 (マルチプレクシング / デマルチプレクシング) なしに及び/又はリング内の信号の一部を分離せずに、受動的付加カプラ/スプリッタ 2 0 及び受動的除去カプラ/スプリッタ 2 2 によりリング 1 2 に受動的に付加される。本実施例では、チャンネル間隔 (チャンネルスペーシング) はリング 1 2 内で柔軟に設定可能 (フレキシブル) であり、リング 1 2 での付加/除去要素はチャンネルスペーシングを考慮して構築されることを要しない。従って、チャンネルスペーシングは、単独又は複数のクライアントに結合されるノード 1 4 , 1 6 の付加/除去の受信機及び送信機により及び/又はそこで設定されてもよい。

20

【 0 0 1 8 】

リング 1 2 により搬送されるトラフィック信号は、ハブノード 1 6 内の 1 以上のポンプ 2 8 によりラマン増幅されてもよい。ノード 1 4 内では、W D M フィルタ 1 8 によりポンプパワーを選別し、バイパス要素 2 4 により付加/除去要素を迂回することで、ポンプパワーが保存されてもよい。ポンプパワーは、光終端器 2 6 によりハブノード 1 6 で終端されてもよい。付加/除去要素は、光リングにトラフィック搬送信号を付加する装置、又は光リングからトラフィック搬送信号を除去する装置から構成される。図示の例では、付加/除去要素は、フレキシブルなチャンネル間隔設定を可能にする受動的カプラより成る。他の実施例では、付加/除去要素は、薄膜フィルタ又はファイバブラッグ回折格子のようなフィルタから構成され、そのフィルタは単独の波長又は波長の帯域を除去してもよい。

30

【 0 0 1 9 】

ラマン増幅では、増幅される信号よりも約 1 0 0 n m 波長の短いレーザー光が、信号と同じ光ファイバに沿って送信される。増幅レーザー光は、信号と同一方向に (同方向伝搬) 又は信号と逆向きに (逆方向伝搬) 伝搬してもよい。その増幅レーザー光がファイバ中の原子により散乱する場合に、光子を吸収した信号及びその強度は増幅される。図示の例では、ポンプパワーは、トラフィック搬送信号の向きに対して (時計回りで) 反対の回転方向に伝送される (反時計回り) 。他の実施例では、ポンプパワーはトラフィック信号と同一方向に送信されてもよく、或いは同一方向に及び反対回りの双方向に送信されてもよい。

40

【 0 0 2 0 】

特定の実施例では、ネットワーク 1 0 は約 4 0 キロメートルの周囲を有するメトロアクセスネットワーク構成し、ポンプ 2 8 は単独の 0 , 5 ワットポンプソースより成る。より長い周囲を有し或いはより多くの付加/除去ノードを有するリングは、1つ又は複数のよ

50

り高いパワーのポンプソースを要するかもしれない。更に、様々な波長の複数のポンプソースを用いることで、広帯域に関するラマン増幅機能が提供される。特定の実施例では、約1430ナノメートルのラマンポンプ及び約1470ナノメートルのラマンポンプは、約1530乃至1565ナノメートルのCバンド範囲を共にカバーする。ラマン増幅は、100ナノメートルを超えるゲイン利得を与えるかもしれない。付加的なポンプソースにより、それが可能ならば、例えば、ネットワークでCバンド及びLバンドの波長をラマン増幅できる。

【0021】

図2は、本発明の他の実施例による光ネットワーク200を示す。本実施例では、光ネットワーク200はフレキシブルなオープンリングネットワークである。

10

【0022】

図2を参照するに、ネットワーク200は光リングである。光リングは、適切であるならば、単独の単方向ファイバ、単独の双方向ファイバ、又は単独若しくは双方向のファイバの複数個を含んでもよい。図示の例では、ネットワーク200は、単方向のファイバ1対を含み、各ファイバは反対方向にトラフィックを伝送し、具体的には、第1のファイバ又はリング202及び第2のファイバ又はリング204であり、各々はリング接続ノード206, 208, 210, 212を備える。図1のネットワークと同様に、多数の光チャネルが、様々な波長でネットワーク200内の共通の経路で搬送される。ネットワーク200は、波長分割多重化(WDM)方式、高密度波長分割多重化(DWDM)方式又は他の適切なマルチチャネルネットワークでもよい。ネットワーク200は、短距離大都市ネットワーク、長距離都市間ネットワーク若しくは他の適切なネットワーク又はそれらのネットワークの組み合わせに使用されてもよい。

20

【0023】

ネットワーク200では、光情報信号は、耐障害性を与えるために、リング202, 204上で異なる向きに伝送される。光信号は、音声の、映像の、文字の、リアルタイムの、非リアルタイムの及び/又は他の適切なデータをエンコードするために変調された少なくとも1つの属性を有する。変調は、位相シフトキーイング(PSK)、強度変調(IM)及び他の適切な方法に基づいてもよい。

【0024】

図示の例では、第1のリング202は、トラフィックが時計回りに伝送される時計回りリングである。第2のリング204は、トラフィックが反時計回りに伝送される反時計回りリングである。ノード201の各々は、リング202, 204に及びそこからトラフィックを付加及び除去するよう動作する。特に、各ノード201は、ローカルクライアントからトラフィックを受信し、リング202, 204にそのトラフィックを付加する。また、各ノード201は、リング202, 204からトラフィックを受信し、ローカルクライアント宛のトラフィックを除く。トラフィックを付加及び除去する際に、ノード201は、リング202, 204で伝送するためにクライアントからのデータを多重化し、リング202, 204からのデータのチャネルをクライアント用に分離する。

30

【0025】

少なくとも一部がリングで伝送される伝送信号に、トラフィックチャネルを挿入することで又はチャネルの信号を合成することで、トラフィックはリング202, 204に付加される。トラフィックをローカルクライアントに伝送するのに利用可能にすることで、トラフィックは除去されてもよい。そして、トラフィックは除去され、リング上で更に巡回し続けてもよい。特定の実施例では、トラフィックはリング202, 204に及びそこから受動的に付加及び除去される。特定の実施例では、伝送リング内で多重化/分離なしに及び/又はリング内で信号の一部を分離せずに、合成/分離することによって、トラフィックが、受動的にリング202, 206に付加及び/又はそこから除去されてもよい。

40

【0026】

特定の実施例では、トラフィックは、受動的にリング202, 204に及び/又はそこから除去される。この実施例では、チャネルスペーシングはリング202, 204ではフ

50

レキシブルであり、リング 202, 204 上のノード要素はチャンネルスペーシングを考慮して構築されることを要しない。従って、チャンネルスペーシングは、クライアントに接続されたノード 201 の付加/除去の受信機及び送信機によって及び/又はそこで設定されてもよい。ノード 201 の伝送要素は、トラフィックのチャンネルスペーシングによらず、リング 202, 204 上で受信したトラフィックを通信する。

【0027】

リング 202, 204 の各々は、リング 202, 204 が「開放的な (open)」リングであるように、終端する地点を有する。リング 202, 204 の開放は、物理的に開放すること、開いた、クロスした又は他の閉じていないスイッチ、動作していない伝送装置又は他の障害物としてもよく、その障害物等は、その終端地点でリング 202, 204 からのチャンネルを完全に又は実効的に終端して除去し、再循環させることに起因する各チャンネルの自身との干渉が回避され又は最小化され、そのチャンネルが通常の動作制限の範疇で受信されデコードされるようにする。

10

【0028】

一実施例では、リング 202, 204 はノード 201 内で開放的 (オープン) であり、終端する。特定の実施例では、リング 202, 204 は、リング 202, 204 に沿って対応する地点における隣接するノード 201 で終端してもよい。リング 202, 204 内の終端地点は、例えば、それらが隣接するノードの付加及び/又は除去装置の間にある場合又は同一ノード内で同様に設けられる場合に対応してもよい。オープンリング構成に関する更なる詳細は、図 4 を参照しながら以下に説明される。

20

【0029】

以下に更に詳細に説明されるように、ネットワーク 200 のリングで搬送されるトラフィック信号は、1 以上の分散したラマン増幅器により増幅されてもよい。ラマン増幅は、広帯域な増幅性、速やかな過度応答特性、及びチャンネルの付加及び除去にサージが少ない又は全くない性質を有する。ノード 201 は複数の増幅モジュールより成り、ポンプパワーがノード内の付加/除去装置又は終端 (開放) 地点を迂回し、ポンプパワーの功利的な利用を可能にするようにする。

【0030】

特定の実施例では、ネットワーク 200 は、約 40 キロメートルのリング周囲と図示されているような付加/除去ノードを有するメトロアクセスネットワークを構成し、各リングは 1 つの 0.5 ワットポンプソースにより増幅されてもよい。より長い周囲又はより多数の付加/除去ノードを有するリングは、より高いパワーのポンプソース又はより多数のポンプソースを要するかもしれない。

30

【0031】

図 3 は、本発明の一実施例による図 2 のノードの詳細を示す。図 3 を参照するに、ノード 201 は、反時計回りの伝送要素 220、時計回りの伝送要素 222、分配要素 224、合成要素 226 及び管理要素 228 から構成される。一実施例では、要素 220, 222, 224, 226, 228 は要素内の部品に加えて、光ファイバリングと相互接続されてもよい。他の実施例では、このノード及び他のノードの要素は、プレーナウエーブガイド回路及び/又は自由空間光学素子と共に全部又は一部が構成されてもよい。ノード 201 の要素は、ノード 201 のカード棚内の 1 以上の個別的カードとして実現されてもよい。コネクタ 230 は、不具合のある素子を実効的且つコスト効果的に置換することを可能にする。付加的な異なる及び/又は他のコネクタがノード 201 の一部として設けられてもよいことが理解されるであろう。

40

【0032】

伝送要素 220, 222 の各々は、受動的なカブラ又は他の適切な光スプリッタ/カブラ 330、リングスイッチ、OSC フィルタ 216、ポンプフィルタ 320 及び増幅モジュール 318 から構成される。光スプリッタ/カブラ 330 は、スプリッタ/カブラ 330 又は他の適切な受動素子から構成されてもよい。ポンプフィルタ 320 は、ポンプパワー帯域をトラフィック帯域から分離するよう動作する、WDM カブラ、他の適切なフィル

50

タ又は素子から構成されてもよい。増幅モジュール318は、分散されたラマン増幅を行うためのラマンポンプ、バイパス要素、スイッチ及び/又は他の適切な装置から構成されてもよい。増幅モジュールに関する更なる詳細は、図4A-4Gに関連して以下に説明される。

【0033】

リングスイッチ214は、接続されたリング202又は204を選択的に開放するよう動作する2x2又は他のスイッチでもよい。2x2の例では、スイッチ214は、「クロス(cross)」又は開放位置と、「スルー(through)」又は閉位置とを含む。クロス位置は、ループバックの、ローカルな及び他の信号の検査を可能にする。開放位置は、ノード201内で開放しているリングが、保護用の切り換え(プロテクションスイッチング)を行うように選択的に再構成されることを可能にする。

10

【0034】

図3の特定の実施例では、反時計回りの伝送要素220は、反時計回りの除去カブラ232及び反時計回りの付加カブラ234を有する受動的な光スプリッタセットを含む。反時計回りの伝送要素220は、ポンプフィルタ322, 324及びOSCフィルタ294, 298を、伝送要素の進入及び進出エッジに更に含む。反時計回りのリングスイッチ244は、伝送要素及び/又は除去カブラの進入側にある。

【0035】

時計回りの伝送要素222は、時計回りの付加カブラ236及び時計回りの除去カブラ238を含む受動的な光スプリッタセットを含む。時計回りの伝送要素222は、ポンプフィルタ326, 328及びOSCフィルタ296, 300を進入及び進出エッジに更に含む。時計回りのリングスイッチ246は、伝送要素及び/又は除去カブラの進入側に設けられる。

20

【0036】

図示の例では、OSCフィルタは、伝送要素の進入及び進出の端部に設けられる。他の実施例では、ポンプフィルタ326, 328が、伝送要素の進入及び進出端部に設けられる代わりに、OSCフィルタがポンプフィルタ322, 326の進出側に及びポンプフィルタ324, 328の進入側に設けられてもよい。このように、ポンプフィルタはOSCフィルタを迂回し、OSCフィルタでのポンプパワー損失が回避されてもよい。

【0037】

分配要素224は受動的ドロップカブラ310より成り、反時計回りの除去セグメント304及び時計回りの除去セグメント308により、伝送要素から除去された信号を受信する。カブラ310からの複数の進出リードは複数のドロップリード314より成る。ドロップリード314は1以上のチューナブルフィルタ266に接続され、そのフィルタは1以上のブロードバンド光受信機268に接続される。

30

【0038】

他の実施例では、分配要素224は、ドロップリード304, 308に接続された波長デマルチプレクサより成る。そのような例では、デマルチプレクサの進出リードは、受信機268に直接的に接続され、チューナブルフィルタ266は省略されてもよい。

【0039】

合成要素226は受動的カブラ316より成り、そのカブラは付加リード312を通じて1以上の付加的な光送信機270に接続される。スプリッタ324は、2つの光ファイバ進出リードを更に備え、それらは時計回りの付加セグメント306及び反時計回りの付加セグメント302に信号を供給する。

40

【0040】

他の実施例では、カブラ316は合成要素224から省略されてもよく、送信機270は波長マルチプレクサの進入リードに接続されてもよい。そのような例での波長マルチプレクサの進出リードは、付加リード302, 306に結合される。

【0041】

管理要素228は、OSC送信機272, 281、OSCインターフェース274, 2

50

80、OSC受信機276、278、及び要素管理システム(EMS)290から構成される。各OSC送信機、OSCインターフェース及びOSC受信機のセットは、ノード202内のリング202又は204の1つに対するOSCユニットを形成する。OSCユニットはEMS290に関するOSC信号を受信及び送信する。EMS290は、ネットワーク管理システム(NMS)292に通信可能に接続される。NMSは、ノード201内に、別のノード内に、又は総てのノードの外部に位置してもよい。

【0042】

所望のノード又はネットワークに関するEMS290、NMS292及び/又は他の要素の全部又は一部は、ネットワーク及び/又はノードの監視、不具合の検出、プロテクションスイッチング、及びネットワーク200に関するループバック又はローカルな検査機能を実行するように媒体内にエンコードされた論理(ロジック)より成る。論理内容は、ディスクその他のコンピュータ読み取り可能な媒体にエンコードされたソフトウェアより成る、及び/又は特定用途向け集積回路(ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)その他のプロセッサ又はハードウェアにエンコードされた命令より成る。EMS290及び/又はNMS292の機能は、ネットワーク200の他の要素によって実行されてもよいし、及び/又は分散させてもよいし又は集中させてもよいことが理解されるであろう。例えば、NMS292の動作を、ノード201のEMSに分散させ、NMSを省略してもよい。同様に、OSCユニットを、NMS292と直接的に通信させ、EMS290を省略してもよい。

【0043】

ノード201は、OSCファイバセグメント282、284、286、288及び光スペクトルアナライザ(OSA)コネクタ250、254、256、258から更に構成される。OSAコネクタ256、258は、反射を避けるために角度を付したコネクタとしてもよい。テスト信号は、コネクタ248、252からネットワークへしばしば供給されてもよい。上述したように、複数の受動的な物理的な接触式コネクタ230は、適切ならば、ノード201の様々な要素を通信可能に接続するように包含されてもよい。

【0044】

動作時にあっては、伝送要素220、222は、リング202、204にローカルトラフィックを受動的に付加し、リング202、204から少なくとも1つのローカルトラフィックを受動的に除去するよう動作する。伝送要素220、222は、リング202、204へ及びそこからトラフィックを受動的に付加及び除去するよう動作し、且つポンプパワーを迂回させる或いはラマン増幅用にポンプパワーを更にポンピングする。より具体的には、反時計回りの方向で、OSCフィルタ294は反時計回りのリング204からの進入光信号を処理する。OSCフィルタ294は、光信号からのOSC信号を選別し、そのOSC信号をファイバセグメント282及びOSC受信機276を介してOSCインターフェース274へ転送する。リングスイッチ244の外部にOSCフィルタ294設けることで、ノード201は、リングスイッチ244の位置によらず、OSC信号を復元することができる。また、OSCフィルタ294は、残りの伝送光信号をポンプフィルタ322に転送する又は通過させる。ポンプフィルタ322は、モジュール318からリング204へ、及び/又はモジュール318の構成(コンフィギュレーション)に依存して、反時計回りのラマンポンプパワーを加える合成器(コンバイナ)として機能し、その信号からのポンプパワーを選別し、そのポンプパワーをモジュール318に転送する分離器(セパレータ)としても機能する。リング244の外部にOSCフィルタ294を設けることで、ノード201は、リングスイッチ244の位置によらず、OSC信号を復元することができる。

【0045】

リングスイッチ244は、そのリングスイッチ244がスルー(閉じた)設定内容に設定されている場合に光信号をカプラ232に送信し、リングスイッチ244がクロス(開放)設定内容に設定される場合に光信号をOSAコネクタ250に送信するように選択的に動作する。OASコネクタに関する更なる詳細は以下に説明される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

リングスイッチ 2 4 4 がクロス位置に設定されていたならば、光信号はカブラ 2 3 2 , 2 3 4 に伝送されず、リング 2 0 4 はノード 2 0 1 でオープンになり、リング 2 0 4 からのトラフィックの除去はノード 2 0 1 にてなされない。しかしながら、ノード 2 0 1におけるトラフィックの付加は行われ、付加されたトラフィックはリング 2 0 4 内の次のノードに伝搬する。リングスイッチ 2 4 4 がスルー位置に設定されていたならば、光信号はカブラ 2 3 2 , 2 3 4 に転送され、リング 2 0 4 へ及びそこからトラフィックを付加及び除去することがノード 2 0 1 で行われる。

【 0 0 4 7 】

カブラ 2 3 2 は、スイッチ 2 4 4 からの信号を、概して等しい 2 つの信号に受動的に分離する。通過信号はカブラ 2 3 4 に転送されるが、除去信号はセグメント 3 0 4 を経て分配要素 2 2 4 に転送される。信号は、内容及びパワーの観点から実質的に同じでもよいし、内容的には同じであるがパワーが異なるようにしてもよい。カブラ 2 3 4 は、カブラ 2 3 2 からの通過信号と、ファイバセグメント 3 0 2 を介する合成要素 2 2 6 からのローカル付加トラフィックより成る付加信号とを受動的に合成する。合成信号はポンプフィルタ 3 2 4 に伝送され、そのフィルタは、ポンプパワーをリング 2 0 4 に付加する合成器として機能し、モジュール 3 1 8 の構成に依存して、信号からポンプパワーを選別し、ポンプパワーをモジュール 3 1 8 に転送する分離器として機能してもよい。

10

【 0 0 4 8 】

OSC フィルタ 2 9 8 は、OSC 送信機 2 7 2 及びファイバセグメント 2 8 4 を介する OSC インターフェース 2 7 4 からの OSC 信号を、合成された光信号に付加し、その合成された信号を、リング 2 0 4 に対する進出伝送信号として転送する。付加された OSC 信号は、ローカルに生成されたデータでもよいし、EMS 2 9 0 を通じて伝送された受信 OSC データでもよい。

20

【 0 0 4 9 】

時計回り方向では、OSC フィルタ 3 0 0 は、時計回りリング 2 0 2 からの進入光信号を受信する。OSC フィルタ 3 0 0 は、光信号からの OSC 信号を選別し、その OSC 信号をファイバセグメント 2 8 6 及び OSC 受信機 2 7 8 を経て OSC インターフェース 2 8 0 に転送する。また、OSC フィルタ 3 0 0 は、残りの伝送光信号をポンプフィルタ 3 2 6 に転送する。ポンプフィルタ 3 2 6 は、モジュール 3 1 8 からの時計回りのポンプパワーをリング 2 0 2 に付加する合成器として機能し、及び/又はモジュール 3 1 8 のコンフィギュレーションに依存して、その信号からのポンプパワーを選別し、ポンプパワーをモジュール 3 1 8 へ転送する分離器として機能してもよい。

30

【 0 0 5 0 】

リングスイッチ 2 4 6 は、リングスイッチ 2 4 6 がスルー設定内容に設定されていたならば光信号をカブラ 2 3 8 に伝送し、或いはリングスイッチ 2 4 6 がクロス設定内容に設定されていたならば光信号をOSAコネクタ 2 5 4 に送信するように選択的に動作する。

【 0 0 5 1 】

リングスイッチ 2 4 6 がクロス位置に設定されていたならば、光信号はカブラ 2 3 8 , 2 3 6 には伝送されず、リング 2 0 4 はノード 2 0 1 で開放され、リング 2 0 2 からのトラフィックの除去はそのノード 2 0 1 では行われない。しかしながら、トラフィックをリング 2 0 2 に付加することは、そのノード 2 0 1 で行われる。リングスイッチ 2 4 6 がスルー位置に設定されていたならば、光信号は、カブラ 2 3 8 , 2 3 6 に転送され、リング 2 0 2 への及びそこからのトラフィックの付加及び除去がノード 2 0 1 で行われる。カブラ 2 3 8 は、スイッチ 2 4 6 からの信号を概して等しい複数の信号に受動的に分割する。通過信号はカブラ 2 3 6 に転送されるが、除去信号はセグメント 3 0 8 を経て分配要素 2 2 4 に転送される。信号は、内容及びパワーが実質的に等しくてもよいし、内容は等しいがパワーが異なるようにしてもよい。カブラ 2 3 6 は、カブラ 2 3 8 からの通過信号と、ファイバセグメント 3 0 6 を介する合成要素 2 2 6 からのローカル付加トラフィックより成る付加信号とを受動的に合成する。合成信号はポンプフィルタ 3 2 8 に伝送され、そのフ

40

50

フィルタは、ポンプパワーをリング202に付加する合成器として機能し、及び/又は信号からのポンプパワーを選別し、ポンプパワーをモジュール318に転送する分離器として機能してもよい。

【0052】

OSCフィルタ296は、OSC送信機281及びファイバセグメント288を経て、OSCインターフェース280からの信号を合成された光信号に付加し、その合成された信号をリング202の進出伝送信号として転送する。既に述べたように、OSC信号はローカルに生成されたデータでもよいし、EMS290により通過したデータでもよい。

【0053】

リング202, 204に付加する前に、ローカルに導出されたトラフィックは、複数の付加光送信機270によってノード201の合成要素226に送信され、上述したように反時計回りの付加セグメント302及び時計回りの付加セグメント306を経て、それらの信号は合成され、増幅され、伝送要素220, 222に転送される。ローカルに導出された信号は、光カプラ324により、マルチプレクサ又は他の適切な装置により合成されてもよい。

10

【0054】

ローカル宛のトラフィックは、反時計回りの除去セグメント304及び時計回りの除去セグメント308から分配要素224に落とされる。分配要素224は、ローカル当のトラフィックより成る除去信号を、概して等しい複数の信号に分割し、除去リード314を介して信号の各々を光受信機268に転送する。光受信機268により受信した信号は、先ずフィルタ266により選別される。フィルタ266はチューナブルフィルタ又は他の適切なフィルタでもよく、受信機268はブロードバンド受信機又は他の適切な受信機でもよい。

20

【0055】

EMS290は、ノード201内の総ての要素を監視及び/又は制御する。特に、EMS290は、OSCフィルタ294, 296, 298, 300、OSC受信機276, 278、OSC送信機272, 281及びOSCインターフェース274, 280を経て電気的な形式でOSC信号を受信する。EMS290は、その信号を処理し、その信号を転送し、及び/又はその信号をループバックする。従って、例えば、EMS290は、電気信号を受信し、OSC信号を次のノードに再送信し、適切ならば、ノード固有の誤差情報又は他の適切な情報をそのOSCに付加する。

30

【0056】

一実施例では、ノード201内の各要素は、自身を監視し、不具合又は他の問題が生じたときにEMS290への警報信号を生成する。例えば、ノード201内のEMS290は、ノード201内の要素及び部品から1以上の様々な警報(アラーム)を受信してもよく、そのアラームは：増幅器光損失(LOL)アラーム、増幅器装備アラーム、光受信機装備アラーム、光送信機装備アラームその他のアラームである。いくつかの不具合は複数のアラームを生成するかもしれない。例えば、ファイバ切断は、隣接するノードで増幅器LOLアラームと、光受信機によるエラーアラームを生成するかもしれない。

40

【0057】

更に、OSAコネクタ250, 254, 256, 258と、EMS290に新加納に接続された光スペクトラムアナライザ(OSA)との間の接続(図示せず)を通じて、EMS290は、ノード210内で光信号の波長及び/又はパワーを監視してもよい。

【0058】

NMS292は、総てのノード201から誤差情報を収集し、NMSはアラームを分析して不具合の種類及び/又は場所を判別するよう動作する。不具合の種類及び/又は場所に基づいて、NMS292はそのネットワーク200に関するプロテクションスイッチング動作の要否を判別する。プロテクションスイッチ動作は、ノード201内でEMS290に命令を発行することによって、NML292により実行される。不具合が完治した後に、ネットワーク200が復帰することは必須ではない。オープンリングネットワーク構

50

成は、開放する場所を除いて、プロテクションスイッチングでは変化しない。このように、ネットワークの動作は単純化され、ノードプログラミング及び操作は、コストを最小化し、或いはコストを減らす。

【 0 0 5 9 】

エラーメッセージは、不具合のある装置を取り替えることによって修復される装備不具合を示すかもしれない。例えば、分配要素内の不具合のあるカブラが検出され、置換されるかもしれない。同様に、光学的な受信機又は送信機の不具合は、光受信機装備アラーム又は光送信機装備アラームの契機（トリガ）をそれぞれ与えるかもしれない。光送信機は、シャッター（shutter）又はコールドスタート機構を有してもよい。置換する際に、何らの他のスイッチングも、切り換えられた状態から復帰することも必要とされない。以下に更に説明されるように、NMS 292は、何らかのメッセージ又はプロテクションスイッチングプロトコルのメッセージトリガの組み合わせに応答してもよい。

10

【 0 0 6 0 】

ノード201の構成（コンフィギュレーション）は、本発明から逸脱せずに適切に変更してもよい。例えば、我々の実施例では、伝送要素の各々に冗長的なリングスイッチが設けられてもよい。その冗長的なリングスイッチは、スイッチの不具合時に継続的な回路プロテクション機能を発揮することを可能にし、故障したリングスイッチはノードの動作又は構成を乱すことなく置換される。リングスイッチの不具合は、特に、クロス位置からスルー位置へ変わるリングスイッチの不具合、スルー位置からクロス位置へ変わるリングスイッチの不具合、又は中間的な位置で動かなくなったスイッチ等を含む。冗長的なリングスイッチは、閉位置から開位置へ切り替わることにスイッチが失敗した場合に、プロテクションスイッチングを可能にする。更に、カスケード式のスイッチ構成は、スイッチ動作のテスト（試験）を可能にする、なぜなら、それらのスイッチの1つがクロス位置にあるときは常に、他のスイッチの位置はネットワークのトラフィックに影響を与えないからである。或いは、閉位置に固定されてしまったスイッチの場合に、故障したスイッチを有するノード内のリング用増幅器をオフにして、その増幅器で信号を実効的に終端することによって、冗長的なスイッチなしに、冗長性を得ることができる。更なる別の実施例では、単一のカブラが、トラフィックを付加及び除去するように各伝送要素内で使用されてもよい。

20

【 0 0 6 1 】

本発明による更なる他の実施例では、スプリッタ/カブラ232, 234, 236, 246は、リング202, 204からのトラフィックを付加及び除去するためのフィルタ装置と置換される。そのようなフィルタ装置は、単独の波長又は波長の帯域を除去する薄膜フィルタ又はフィルタブラッグ回折格子を含んでもよい。そのような実施例では、チャンネルスペーシングは付加/除去フィルタによって制限されるが；スイッチ214は省略され、リング202, 204は、オープンではなく、クローズのリングから構成されてもよい。

30

【 0 0 6 2 】

図4A - 4Hは、本発明の様々な実施例によるノード201の要素の詳細を示す。図4A - 4Gは、増幅モジュール318の構成を示し、それらは、モジュールの構成に依存して、ネットワークリングに（トラフィック伝送信号と同一方向に又は反対回りの方向に）ポンプパワーを提供し、ポンプパワーを監視し、及び/又はポンプパワーがそのノードの付加/除去要素を迂回することを可能にする。図4Hは、本発明の一実施例による受動的な光スプリッタ/カブラ330の詳細を示すブロック図である。

40

【 0 0 6 3 】

図4Aに示される構成では、増幅モジュール318はポンプモジュール336より成る。ポンプモジュール336は1以上のポンプ（レーザダイオード）338より成る。カブラ340は、必要ならば、付加的なパワーをリング202又は204に提供するように、付加的なポンプ338が付加されることを可能にする。付加的なポンプ338は、付加的な波長又は帯域をカバーするように加えられてもよい。特定の実施例では、約1430ナ

50

ノメートルのラマンポンプ及び約1470ナノメートルのラマンポンプは、約1530乃至1565ナノメートルのCバンドを共にカバーする。カプラ340は、図4Hを参照しながら説明されるようなスプリッタ/カプラ330から構成されてもよいし、或いはWDMポンプフィルタから構成されてもよい。モジュール336は、ポンプパワーを終端するために光終端器432から更に構成される。

【0064】

図4Bに示される構成では、増幅モジュール318はバイパスモジュール344から構成される。バイパスモジュール344はバイパス要素346より成り、その要素は、ポンプパワーが、ノード201の付加/除去及びスイッチ要素を迂回することを可能にする。バイパス要素346は光ファイバより成る。ポンプパワーは、光ファイバリングの特定の区間を伝搬し、そのパワーは減衰し、次のノードで再ポンピングが必要とされるかもしれない。特定の実施例では、ネットワーク200内のノード201の各々は、各伝送要素の各々について図4Aに示されるようなポンプモジュール336から構成されてもよい。他の実施例では、1以上のノード201がポンプモジュール336より成り、そのポンプモジュールはリング全体に十分なポンプパワーを与え、残りのノードはバイパスモジュール344より成り、バイパスモジュール344により、そのポンプパワーは、残りのノードの付加/除去及びスイッチの要素を迂回することが可能になる。

【0065】

図4Cに示される構成では、増幅モジュール318は選択的なバイパスモジュール348より成る。図4Cの選択的なバイパスモジュールは、バイパス要素352で搬送されるポンプパワーを通過させる又は終端させるように選択的に動作するスイッチ350より成る。スイッチ350は、図4Bのモジュール344と同様なバイパスモジュールとしてモジュール348が機能することを可能にし、又は、図15, 16を参照しながら更に説明されるようにモジュールが切り換えられることを可能にし、目を安全に維持しつつネットワークの回線切断や他の障害を修復可能にするように、そのノードでポンプパワーを終端させてもよい。

【0066】

図4Dに示される構成では、モジュール318は、双方向のポンプモジュール354より成り、トラフィック伝送信号の方向に対して同じ方向又は逆方向の一方向又は双方向に増幅レーザ光が伝搬することを可能にする。双方向ポンプモジュール354は、所定の実施例でポンプモジュール336の代わりに使用され、ポンプソース356, 358より成り、その各々は、ファイバリング、アイソレータ360、スプリッタモジュール362, 364及び光検出器366, 368にポンプパワーを異なる向きに伝搬させる。アイソレータ360は、レーザ光のフィードバックを遮り、レーザダイオードの送信方向とは逆方向でレーザ光がレーザダイオードに達することを遮る。光検出器366, 368は、レーザ光の存在、レベル及び/又は非存在を検出するよう動作し、ポンプ356, 358及び/又はネットワーク内の他のポンプは、光検出器366, 368からのフィードバックにตอบสนองして、ターンオンされ、ターンオフされ、及び/又は調整されてもよい。検出器366, 368は特定の実施例では省略されてもよい。

【0067】

特定の実施例では、ポンプ356はポンプ358とは異なる波長のレーザ光を送信してもよい。例えば、特定の実施例では、モジュール354が反時計回りの伝送要素222内に用意され、40個のトラフィックチャネルが反時計回りにCバンド(1530 - 1570nm)にて100GHzの間隔で送信されてもよい。ポンプ356は、トラフィックチャネルを増幅するために、約1430 - 1470nmの範囲内の波長でポンプパワーを送信してもよい。ポンプ358は、ポンプ356からのポンプパワーを増幅するために1330 - 1370の範囲内の波長でポンプパワーを送信してもよい。この例では、スプリッタモジュール362, 364はWDMフィルタから構成されてもよい。WDMフィルタ362はポンプ358の波長に対応するポンプパワーを選別し、フィルタ364はポンプ356の波長に対応するポンプパワーを選別してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

他の実施例では、ポンプ 3 5 6 , 3 5 8 は同一波長でレーザ光を送信してもよい。その例では、ポンプ 3 5 4 は通常の動作状態で動作し、ポンプ 3 5 8 は通常の動作状態ではオフにされ、ポンプ 3 5 6 の不具合時又は回線切断時にオンにされるようにしてもよい。この例では、スプリッタモジュール 3 6 2 , 2 6 4 はサーキュレータより成る。

【 0 0 6 9 】

図 4 E に示される構成では、増幅モジュール 3 1 8 は、ポンプ / 反射モジュール 3 7 0 より成る。ポンプ / 反射モジュールは、ポンプ 3 7 2、アイソレータ 3 5 4 及びファイバブラッグ回折格子鏡より成るリフレクタ 3 7 4 より成る。リフレクタ 3 7 4 は、ポンプ 3 7 2 による送信と反対回りのポンプパワーの再巡回を可能にする。ポンプ / 反射モジュール 3 7 0 は、ある実施例では図 4 A のポンプモジュールの代わりに使用されてもよい。

10

【 0 0 7 0 】

図 4 F に示される構成では、増幅モジュール 3 1 8 は、単独のソースの双方向ポンプモジュール 3 8 0 から構成される。単独のソースの双方向ポンプモジュール 3 8 0 は、ポンプ 3 8 2、アイソレータ 3 5 4 及びカプラ 3 3 0 から構成される。上記のように、アイソレータ 3 5 4 はポンプパワーのフィードバックを防ぐ。カプラ 3 3 0 は、ポンプパワーを 2 つの信号に分割し、単独のポンプ又は単独のポンプ方式によるポンプパワーが、時計回り及び反時計回りの双方向に伝送されることを可能にする。単独のソースの双方向のポンプモジュール 3 8 0 は、ある実施例では、図 4 A のポンプモジュール 3 3 6 の代わりに使用されてもよい。

20

【 0 0 7 1 】

図 4 G に示される構成では、増幅モジュール 3 1 8 は偏光 (p o l a r i z e d) ポンプモジュール 4 5 0 より成る。偏光ポンプモジュール 4 5 0 は、ポンプ 4 5 2 , 4 5 4 , 4 5 6 , 4 5 8、偏光モードカプラ 4 6 0、カプラ 4 6 6、フィルタ 4 6 8 及び光検出器 4 6 2 , 4 6 4 より成る。ポンプ 4 5 2 , 4 5 4 は第 1 の波長 λ_1 でポンプパワーを提供し、ポンプ 4 5 6 , 4 5 8 は第 2 の波長 λ_2 でポンプパワーを提供してもよい。特定の実施例では、約 1 5 3 0 乃至 1 5 6 5 ナノメートルの C バンドの範囲をもうするため、 λ_1 は約 1 4 3 0 ナノメートルであり、 λ_2 は約 1 4 7 0 ナノメートルでもよい。カプラ 4 6 6 はスプリッタ / カプラ 3 3 0 又は WDM フィルタから構成されてもよい。偏光モードカプラ 4 6 0 は、偏光依存性ゲイン (P D G) を減らしてもよい。光検出器 4 6 2 , 4 6 4 は、 λ_1 及び λ_2 をそれぞれ監視するゲインピークチャネルによるゲイン制御を可能にする。フィルタ 4 6 8 は WDM フィルタから構成されてもよい。モジュール 4 5 0 の構成は、ポンプ 4 5 2 , 4 5 4 , 4 5 6 及び / 又は 4 5 8 の 1 つによる不具合に対する冗長性を与える。光検出器 4 6 2 , 4 6 4 を通じてゲインを監視し、ポンプの出力を調整することで、ポンプ 4 5 2 , 4 5 4 , 4 5 6 及び / 又は 4 5 8 の全ゲイン特性は、総てのポンプの全ゲイン特性と実質的に同様にしてもよい。

30

【 0 0 7 2 】

図 4 H は本発明の一実施例による光スプリッタ / カプラ 3 3 0 の詳細を示す。光スプリッタ / カプラ 3 3 0 は、他の実施例では、全部又は一部がウエーブガイド回路及び / 又は自由空間光学素子にて構成されてもよい。図示の例では、光スプリッタ / カプラ 3 3 0 は 2 入力及び 2 出力を備えたファイバカプラ (2 : 2 スプリッタ) である。本発明の他の実施例では、スプリッタ / カプラ 3 3 0 は 1 つの又は適切ないかなる数の入力及び出力を含んでもよいこと、及びスプリッタ / カプラ 3 3 0 は出力より多数の入力又は入力より多数の出力を有してもよいことが、理解されるであろう。ここで議論されるように、スプリッタ / カプラ 3 3 0 は、本発明の様々な実施例にて、スプリッタとして及び / 又はカプラとして使用される。

40

【 0 0 7 3 】

図 4 H を参照するに、光スプリッタ / カプラ 3 3 0 は、カバーフレーム 4 9 0、第 1 入力セグメント 4 9 2、第 2 入力セグメント 4 9 4、第 1 出力セグメント 4 9 6 及び第 2 出力セグメント 4 9 8 から構成される。

50

【0074】

第1の入力セグメント492及び第1の出力セグメント496は、第1の連続的な光ファイバより成る。第2の入力セグメント494及び第2の出力セグメント498は第2の連続的な光ファイバより成る。カバーフレーム490の外部では、セグメント492, 494, 496, 498はジャケット、クラディング及びコアファイバより成る。カバーフレーム490の内側では、ジャケット及びクラディングは除去され、コアファイバは擦られ、共に結合又は溶接され、第1及び第2の連続的な光ファイバ間で光信号及び/又は信号のエネルギーの伝送を可能にする。このようにして、光スプリッタ/カプラ330は、入力セグメント492, 494から到来する光信号を受動的に合成し、出力セグメント496, 498を経て合成された信号を受動的に分割及び転送する。複数の信号が合成され、その合成された信号は、その合成信号を合成後に分割することで分割され、或いはファイバ間でエネルギーを伝送することで信号を同時に合成及び分割することで分割される。

10

【0075】

光スプリッタ/カプラ330は、主要なストリームラインのチャンネルスペーシングに関する何らの制約もなしに又はほとんど制約なしに、フレキシブルなチャンネルスペーシング機能を与える。スプリッタ/カプラ330は、実質的に等しいパワーを有する2つの複製に信号を分割してもよい。この文脈での「実質的に等しい」は $\pm 25\%$ 以内を意味する。特定の実施例では、カプラは -55 dB の方向性を有する。挿入損失の波長依存性は、約 0.5 dB より少ない。2:2カプラに関する挿入損失は約 -3.5 dB より少なく、3:3カプラのそれは約 -5 dB より少なくてもよい。他の実施例では、スプリッタ/カプラは、実質的に等しくないパワーの2つの複製に信号を分割する。

20

【0076】

図5はノード206, 208, 210, 212の上位概念的な詳細な光ネットワーク200を示す。上述したように、各ノードは、反時計回りの伝送要素220、時計回りの伝送要素222、分配要素224、合成要素226及び管理要素228含む。伝送要素は、リング202, 204に及びそこからトラフィックを付加及び/又は除去する。合成要素226は付加信号を生成するために進入ローカルトラフィックを合成し、付加信号はリング202, 204で伝送するために伝送要素220, 222に与えられる。分配要素224は除去された信号を受信し、ローカルクライアントへ伝送するためにローカル進出トラフィックを復元する。管理要素228は、ノード201及び/又はネットワーク200の動作を監視し、ネットワーク200とNMS292により通信を行う。

30

【0077】

図5を参照するに、各ノード206, 208, 210, 212は、各伝送要素220, 222内にリングスイッチ214を含み、ノード内で伝送要素220又は222によるトラフィックの除去又は付加に先立って、接続されたリング202又は204を選択的に開閉するよう調整可能なリングスイッチ214を各伝送要素220, 222内に含む。或いは、リングスイッチ214は、ノード201の内側又は外側に、又はそのノード及び隣接するノード201の間にてトラフィックを除去する及び/又は付加するのに先立って1以上のノード201内に又はノード201の各々の中に適切に設けられてもよい。

40

【0078】

通常の動作中では、単独のリングスイッチ214は各リング202, 204内でクロスされ即ち開放され、残りのリングスイッチ214が閉じられる。従って、各リング202, 204は、リングスイッチ214にて開放されている点を除いて、連続的であり、閉じている。リングスイッチ202, 204にて開放されているリングスイッチ214は、共にスイッチのセットを形成し、ネットワーク200の同一区間及び/又は対応する地点でネットワーク200のリング202, 204を効果的に開放する。ネットワーク内で同一区間が開放され、例えば、その区間に隣接するノード201はその区間から進入トラフィックを受信しない。区間内、区間に沿って又は区間の周辺で開放リングスイッチ214のそのような調整は、各ノード201がネットワーク内の他のノード201の各々と通信することを可能にする一方、トラフィックを巡回させることによる干渉を回避する或いは

50

最小化する。

【 0 0 7 9 】

図示の例では、ノード 2 1 0 の時計回りの伝送要素 2 2 2 のリング 2 1 4 は、ノード 2 0 8 の反時計回りの伝送要素 2 2 0 内のリングスイッチ 2 1 4 と同様に、クロスされている。残りのリングスイッチ 2 1 4 は、スルー位置に閉じられている。ノード 2 1 0 で付加されたトラフィックチャンネル 5 0 0 は、例示的な光経路 5 0 2 , 5 0 4 でリング 2 0 2 , 2 0 4 の回りを伝搬する。特に、反時計回りの光経路 5 0 2 は、ノード 2 1 0 の合成要素 2 2 6 から反時計回りの伝送要素 2 2 0 に伸び、反時計回りのリング 2 0 4 に加えられる。反時計回りのリング 2 0 4 では、光経路 5 0 2 はノード 2 0 8 に伸び、反時計回りの伝送要素 2 2 0 のクロスしているリングスイッチ 2 1 4 によって終端される。時計回りの光経路 5 0 4 は、ノード 2 1 0 の合成要素 2 2 6 からノード 2 1 0 の時計回りの伝送要素 2 2 2 に伸び、時計回りのリング 2 0 2 に付加される。時計回りのリング 2 0 2 では、光経路 5 0 4 は、ノード 2 1 2 に伸び、ノード 2 1 2 の時計回りの伝送要素 2 2 2 を経てノード 2 0 6 に至り、ノード 2 0 6 の時計回りの伝送要素 2 2 2 を経てノード 2 0 8 に至り、ノード 2 1 0 に戻り、時計回りの伝送要素 2 2 2 の進入側のクロスしたリングスイッチによって終端される。従って、各ノード 2 0 6 , 2 0 8 , 2 1 0 , 2 1 2 は、1 つの方向から互いのノードに到達し、且つトラフィックはリング 2 0 2 , 2 0 4 を巡回する或いは干渉を生じさせることから防止される。

10

【 0 0 8 0 】

図 6 は、ノード 2 0 6 , 2 0 8 , 2 1 0 , 2 1 2 の上位概念的な詳細に関する光ネットワーク 2 0 0 を示す。ノードの各々は、合成要素 2 2 4、分配要素 2 2 6 及び管理要素 2 2 8 に加えて、反時計回り及び時計回りの伝送要素 2 2 0 , 2 2 2 を含む。リング 2 0 2 , 2 0 4 に及びそこからトラフィックを付加及び除去することに加えて、伝送要素 2 2 0 , 2 2 2 は、管理要素 2 2 8 による処理を行うために、リング 2 0 2 , 2 0 4 に及びそこから O S C を付加及び除去する。

20

【 0 0 8 1 】

図 6 を参照するに、上述したように、伝送要素 2 2 0 , 2 2 2 は、リング 2 0 2 , 2 0 4 から O S C を選別する及び/又は除去するために、リングスイッチ 2 1 4 に先立つ進入地点に O S C フィルタ 2 1 6 を含む。ノード 2 0 1 の各々では、各リング 2 0 2 , 2 0 4 からの O S C 信号は、E M S 2 9 0 による処理のために、O S C ユニットの対応する光受信機 2 7 6 , 2 7 8 に伝送される。更に、リング 2 0 2 , 2 0 4 の各々の E M S 2 9 0 により生成された O S C 信号は、対応するリング 2 0 2 , 2 0 4 上で、次のノード 2 0 1 に伝送するように、光送信機 2 7 2 又は 2 8 1 により送信される。

30

【 0 0 8 2 】

通常の動作では、各ノード 2 0 1 はリング 2 0 2 , 2 0 4 に沿う隣接ノードから O S C 信号を受信し、その信号を処理し、O S C 信号を伝搬させ、及び/又は隣接するノードに伝送する際に自身の O S C 信号を付加する。

【 0 0 8 3 】

リングスイッチ 2 1 4 外部の伝送要素 2 2 0 , 2 2 2 の周辺に O S C フィルタ 2 1 6 を設けることは、リングスイッチ 2 1 4 の開閉状態によらず、隣接する又は近辺ノードからの O S C 信号を各ノード 2 0 1 が受信することを可能にする。O S C フィルタがリングスイッチ 2 1 4 内にあるならば、例えば、リングスイッチ 2 1 4 がノード 2 0 1 の外部にあるような場合には、O S C 信号は開放区間のエッジにおけるリング 2 0 2 及び 2 0 4 の間でループバックされてもよい。例えば、図示の例では、ノード 2 0 8 の E M S 2 9 0 は、反時計回りのリング 2 0 4 上のノード 2 1 0 に伝送するために、時計回りの O S C ユニットから反時計回りの O S C ユニットへ、ノード 2 1 0 宛の受信した O S C 情報を伝送してもよい。同様に、ノード 2 1 0 で受信されたノード 2 0 8 宛の O S C 情報は、ノード 2 1 0 の E M S 2 9 0 により、時計回りのリング 2 0 2 上のノード 2 0 8 に伝送するために、反時計回りの O S C ユニットから時計回りの O S C ユニットに伝送される。

40

【 0 0 8 4 】

50

図7は、本発明の一実施例によるネットワーク200におけるプロテクションスイッチング及び光経路プロテクションの様子を示す。上述したように、各ノード206, 208, 210, 212は、合成要素、分配要素及び管理要素224, 226, 228に加えて、時計回り及び反時計回りの伝送要素220, 222を含む。残りの要素はそれぞれNMS292と通信する。図7を参照するに、ノード206と212の間のリング204に、ファイバ切断510が示されている。それに応じて、以下に詳細に説明されるように、NMS292は、ノード212の反時計回りの伝送要素220のリングスイッチ214と、ノード206の時計回りの伝送要素222のリングスイッチ214を開放し、これによりノード206及び212の区間を効果的に開放する。切断に関する各側でリング202, 204を開放した後、NMS292はノード201内で以前に開放していた任意のリングスイッチ214を閉じる。

10

【0085】

プロテクションスイッチングの後に、各ノード201はネットワーク200内の他のノード201から互いにトラフィックを受信し続け、動作可能なオープンリング構成が維持される。例えば、ノード210から発せられた信号512は、反時計回りの光経路514でノード208, 206に送信され、時計回りの光経路516でノード212に送信される。一実施例では、NMS292、EMS290及び2×2リングスイッチ214は、10ミリ秒より短い切り換え時間しか有しない高速プロテクションスイッチングを行うように構成されてもよい。

【0086】

20

図8は、本発明の一実施例による開放リング光ネットワークのプロテクションスイッチング方法を示すフローチャートである。本実施例では、光ネットワークは、複数のノードを含むネットワークより成り、そのノードの各々は接続された各リングの進入地点に又はそこに隣接してリングスイッチを設けている。本方法は、他の適切なネットワーク及びノード構成に関連して使用されてもよい。

【0087】

図8を参照するに、本方法はステップ550から始まり、ネットワーク200のリング202又は204のファイバ切断をNMS292により検出する。NMS292は、EMS290によりNMS292に通知されたOSC及び/又は他の信号に基づいて、そのファイバ切断を検出して突き止める。

30

【0088】

ステップ552では、NMS292は、時計回りの伝送要素222の時計回りのリングスイッチ246を開放するために、切断に時計回りに直近のノード201内のEMS290にコマンドを発行し、そのノード201にて時計回りのリング202を開放する。

【0089】

ステップ554では、NMS292は、反時計回りの伝送要素220の反時計回りのリングスイッチ244を開放するために、切断に反時計回りに直近のノード201内のEMS290にコマンドを発行し、そのノード201にて反時計回りのリング204を開放する。

【0090】

40

ステップ556では、ネットワーク200のノード201内の他のいかなるスイッチ214も閉じられる。従って、各リング202, 204は、1つの開放地点及び/又はセグメントを除いて本質的には連続的である。開放セグメントは、個別的なスイッチ及び/又は伝送要素におけるものでもよく、或いはネットワーク200のノード間の1区間の全部又は一部更にはより多くを含んでもよい。一実施例では、各ノード201がリング202又は204の1つを通じてノード201の各々と互いに通信できる限り、リング202及び/又は204内の付加的なスイッチが開放状態に残され、リング202及び/又は204内の伝送要素がオフにされてもよいことは、理解されるであろう。

【0091】

図5及び図7にプロテクションスイッチングの例が示される。図5を参照するに、例え

50

ば、ネットワーク 200 の時計回り及び反時計回りのリング 202, 204 は、ノード 210, 208 の伝送要素 222, 220 内でそれぞれ開放されている。図 7 に示されるような少なくとも 1 つのリング切断 510 に応答して、プロテクションスイッチングにより、リングスイッチ 214 と、ノード 206 の時計回りの伝送要素 222 と、ノード 212 の反時計回りの伝送要素 220 のリングスイッチ 214 とをクロス（開放）する。従って、図 7 では、時計回り及び反時計回りのリング 202, 204 はノード 206, 212 でそれぞれ開放される。ノード 208, 210 で以前にクロスされていたリングスイッチは、スルー位置に閉じられ、各ノード 201 が、ネットワーク 200 内のノード 201 から互いにトラフィックを受信し続けることを可能にする。ファイバ切断 510 は、プロテクションスイッチングが完了し後の適切な時間に修復される。更に、ファイバ切断 510 の修復後に、スイッチ 214 及びノード 201 を切断前のそれらの状態に戻すことは必須でないことに留意すべきである。例えば、図 5 に示されるように当初は構成されており、その後ファイバ切断 510 によって図 7 に示されるように構成されたネットワークは、切断 510 が修復された後でさえも、図 7 に示されるように構成されたままでよい。このように、図 8 に示されるステップは、いかなる回数でもファイバ切断の事象についても反復されてもよい。

10

【0092】

上述したように、リングスイッチ 214 及びノード 201 は、他の種類のネットワーク不具合に応答してプロテクションスイッチング機能を発揮するように再構成されてもよく、その不具合は、1 つのノード 201 が、ローカルな及び/又は他のトラフィックを隣接するノード 201 と通信することを遮るものである。例えば、ノード 206 の時計回りの伝送要素 222 内の装置の不具合に応答して、その故障した装置が（適切であるならば）オフにされ、隣接するリングスイッチ 246 が、閉じたスルー位置から開いたクロス位置に動かされる。上述したように、クロスしたリングスイッチ 214 は、接続されたリングスイッチ 202, 204 上のトラフィックを終端するが、EMS 290 によって監視するために及び/又はループバックその他の種類のテストのためにトラフィックを OSA に伝送してもよい。次に、ノード 212 の反時計回りの伝送要素 220 のリングスイッチ 214 は、クロスした位置に再度位置付けられてもよい。

20

【0093】

リングスイッチをクロスにした後に、以前にクロスされていたリングスイッチ 214 は、スルー位置に閉じられ、各ノード 201 がノード 201 と互いに十分に通信できるようにする。継続した動作の間に故障した装置は置換され、新たな装置の動作の適切さはいかに更に詳細に説明されるようなループバック及び/又はローカルテストにより確認される。故障した装置が置換され、適切な動作が確認された後に、ネットワーク 200 はその現在の構成のままにされてもよいし、以前の構成に戻されてもよいし、或いはネットワーク 200 内でのローカルな及び/又はループバックテストをサポートするために別のコンフィギュレーションに構築されてもよい。

30

【0094】

合成要素 226 の増幅器の不具合は、合成増幅器の装備アラームにより検出されるかもしれない。例えば、ノード 210 の時計回りの伝送要素 222 の合成要素 226 内の合成増幅器に関する装備アラームに応答して、ノード 212 内の時計回りの伝送要素 222 のリングスイッチ 246 はクロスに設定され、ノード 210 の反時計回りの伝送要素 220 内のリングスイッチ 244 もクロスに設定される。以前に開放されていたリングスイッチ 214 は、同時に閉じられ、ノード 210 内の故障した合成増幅器は置換され、適切な動作を確認するためにテストされる。

40

【0095】

一実施例では、テスト信号がネットワークに挿入され、時計回り及び/又は反時計回りのリング上で伝送される。信号は、クロスしたリングスイッチ 214 にて終端され、分析するために図 7 のポート 248 又は 252 を通じて OSA に伝送される。適切なノード内のリングスイッチを選択的に閉じることで、選択された光経路は OSA により試験される

50

【 0 0 9 6 】

同様に、更なる実施例では、光経路、素子検査、修復又は置換に必要なローカルな領域が規定されてもよい。ローカル領域の要素をサービス中のネットワークの残りの部分から分離するために、第1ノードの時計回りのリングスイッチ214及び第2ノードの反時計回りのリングスイッチが開放される。ローカル領域は、2つの隣接するノードの対向する部分を含み、一実施例では、ローカル領域がネットワークないのノードのいかなる装置もカバーするよう規定される。従って、ローカル領域内の素子の検査、置換及び/又は修復は、サービス中のネットワークと干渉せずに行われる。

【 0 0 9 7 】

ある環境では、第1ノードの付加カプラを通じて合成要素から発信し、複数のノードを通じてリングの周りを伝送し、第1ノードの除去カプラを通じて第1ノードの分配要素に戻る光経路を検査することが望ましい。このように、各ノードの所与のリング方向の書く伝送セグメントの要素総てが検査されてもよい。第1ノードの伝送要素の付加カプラ及び除去カプラの間の地点で光ファイバを物理的に分離することで、そのような光経路が作成されてもよい。

【 0 0 9 8 】

図9は、回線切断に対する本発明の一実施例によるネットワーク200でのOSCプロテクションの様子を示すブロック図である。本実施例では、ノード201の管理要素228内の光-電気ループバックがOSCのプロテクションに使用される。

【 0 0 9 9 】

図9を参照するに、ファイバ切断又は他の回線破断580がノード206及び212の間の時計回りのリング202内に示されている。ファイバ切断580にตอบสนองして、ノード206内のEMS290を通じて反時計回りのOSCシステムから時計回りのOSCシステムに至り、ノード212内のEMS290を通じて時計回りのOSCシステムから反時計回りのOSCシステムに至る光電ループバック582が確立される。

【 0 1 0 0 】

特定の実施例では、ノード206の光電ループバックは、ノード206の管理要素228の反時計回りのOSCユニットにて、反時計回りのリング204からOSC584を受信すること、及び図2に関して上述したようにEMS290にてそのOSCを処理することを含む。しかしながら、処理されたOSCを、反時計回りのリング204の進出信号としてノード206から送信する代わりに、その処理されたOSCはEMS290から時計回りのOSCユニットへ、そして時計回りのリング202へ伝送され、反時計回りから時計回りの信号へそのOSCをノード206にて折り返す。

【 0 1 0 1 】

同様に、ノード212の光電ループバックは、ノード212の管理要素228の時計回りのOSCユニットにて、時計回りのリング202からOSC586を受信すること、及び図2に関して上述したようにEMS290にてそのOSCを処理することを含む。しかしながら、処理されたOSCを、時計回りのリング202の進出信号としてノード212から送信する代わりに、その処理されたOSCはEMS290から反時計回りのOSCユニットへ、そして反時計回りのリング204へ伝送され、時計回りから反時計回りの信号へそのOSCをノード212にて折り返す。このように、ネットワーク200内の各ノード201は、ネットワーク200内のノード201から互いにOSC信号を受信し続ける。光電ループバック582は、通常の又はプロテクションスイッチング後の期間に試用されてもよく、OSC信号が同じ帯域で送信される場合に使用されてもよく、或いはOSC信号がリングスイッチ214を通じて伝搬する別の態様で使用されてもよい。

【 0 1 0 2 】

OSCフロー手順は、通常の場合及びプロテクションスイッチングの場合の双方に同じである。例えば、図5にて、ノード208の反時計回りの伝送要素220のリングスイッチ214及び時計回りの要素222のリングスイッチ214が図4に示されるようにクロ

10

20

30

40

50

ス位置にあるならば、ノード 208 にて時計回りから反時計回りへ及びノード 220 にて反時計回りから時計回りへの光電ループバックを配備することが賢明であるかもしれない。

【0103】

図 10 は、本発明の一実施例による光ネットワークにおける OSC プロテクションスイッチング方法を示す。本実施例では、ファイバ切断にตอบสนองして、プロテクションスイッチングが実現される。しかしながら、OSC プロテクションスイッチングは、他の種類の不具合に応じて行われてもよいこと、及び光経路のプロテクションスイッチングに関連して行われてもよいことが、理解されるであろう。

【0104】

図 10 を参照するに、本方法はステップ 600 から始まり、光ネットワーク 200 のリング 202 又は 204 のある区間にて、NMS 292 によりファイバ切断を検出する。NMS 292 は、OSC に基づいて及びノード 201 の EMS 290 による他の信号に基づいて、その不具合を検出してよい。

【0105】

ステップ 602 では、NMS 292 は、反時計回りの OSC ユニットから時計回りの OSC ユニットへの電氣的ループバックを形成するために、切断 580 に時計回りに直近のノード 201 内の EMS 290 にコマンド（命令）を発行し、上述したように、反時計回りのリング 204 から時計回りのリング 202 へ OSC の光電ループバックを作成する。当然に、ノード 206 の EMS 290 がファイバ切断 580 を検出し、NMS 292 から

【0106】

ステップ 604 では、NMS 292 は、時計回りの OSC ユニットから反時計回りの OSC ユニットへの電氣的ループバックを形成するために、切断箇所に反時計回りに直近のノード 201 内の EMS 290 にコマンドを発行し、上述したように、時計回りのリング 202 から反時計回りのリング 204 へ OSC の光電ループバックを作成する。プロテクションスイッチングの本態様又は他の態様では、NMS 292 自身がノード 201 内の装置を直接的に制御してもよいこと、或いは NMS 292 がプロテクションスイッチングを行うように各装置と通信してもよいこと、及びノード 201 の管理要素 228 が、NMS 292 の機能を発揮するようにそれらの間で通信を行ってもよいことが、理解されるであろう。

【0107】

ステップ 606 では、ループバックを含む以前に形成されていた他のいかなるノード 201 も、非ループバックの状態に戻される。或いは、OSC 光電ループバック手順が、クロス位置にあるリングスイッチを有するノードにて行われるならば、そのような復帰は不要である。このように、OSC データはネットワーク 200 内の各ノード 201 により送信、受信及び処理され続けてもよい。本方法の完了後に、回線切断 580 は修復され、検査される。上述したように、ファイバ切断 580 の修復後に、切り換え前の状態にネットワーク 200 を戻すことは何ら必須ではない。

【0108】

図 11 は、OSC 装備不具合に対する本発明によるネットワーク 200 における OSC プロテクションを示す。本実施例では、プロテクションスイッチングは、OSC 送信側の不具合に対して行われる。OSC フィルタ 216 又は OSC 受信機 276, 278 の不具合は、装備不具合の場合でさえも、各ノード 201 が OSC データによるサービスを受け続けるように、同様なプロテクションスイッチングを必要とする。

【0109】

図 11 を参照するに、ノード 206 の反時計回りの OSC 送信部 281 は、不具合を生じたものとして検出される。特定の実施例では、他の不具合アラームと共に又はそれらなしに、光受信機又はダウンストリーム光受信機用の LOL アラームに基づいて、OSC 光送信部 272, 281 又は OSC 光受信機 276, 278 の不具合は、ノード 206 内の

10

20

30

40

50

NMS 292又はEMS 290によって検出されてもよい。例えば、ノード206の管理要素282の反時計回りのOSCユニット内の光送信部281に関する装備アラームは、その光送信部の不具合を示す。これに応答して、ノード206のNMS 292又はEMS 290は、ノード206にて反時計回りのOSC 612から時計回りのOSCにループバックしてもよい。ノード212では、NMS 292は時計回りのOSC 614から反時計回りのOSCへループバックを行う。ノード208及びノード210内の以前のいかなるループバックも遮断され、情報はノードを通じて送信される。

【0110】

プロテクションスイッチングの後に、故障した光送信部281は置換され、時計回りのOSCを用いて検査される。置換された光送信部281の動作を確認した後に、ネットワーク200は、その現在の状態で動作を継続してもよいし、当初のOSC状態に復帰してもよい。上述したように、ノード206及び210間のファイバ切断に関しても、修復及び検査されたファイバ切断に続いて同じ手順がなされてもよい。

10

【0111】

図12は、本発明の一実施例による光ネットワーク200にノード201を挿入する方法を示す。ノード挿入は、ネットワーク200の設計におけるスケラビリティ(拡張性)を十分に考慮して行われる。他の適切な要素は、光ネットワーク200の既存のノード201の間に同様に挿入されてもよい。

【0112】

図12を参照するに、本方法はステップ650から始まり、時計回りのリングスイッチ214は、新たなノードの挿入地点に時計回り直近のノード201にて開放される。ステップ652に進むと、反時計回りのリングスイッチ214は、挿入地点に反時計回りに直近のノード201で開放される。ステップ654では、他のいかなる開放リングスイッチ214も閉じられる。従って、ネットワーク200のノード201の各々は、新たなノードが付加される区間にわたっては通信せずに、互いに通信を行う。

20

【0113】

ステップ656に進むと、新たなノードが挿入地点に挿入される。そのような挿入は、時計回り及び反時計回りの光リングファイバの物理的な分離を必要とするかもしれない。ステップ658では、新たなノードに関する増幅器、スイッチ及び他の要素の動作が検査されテストされる。

30

【0114】

ステップ660に進むと、新たなノード内の反時計回りのスイッチ214が閉じられる。ステップ662では、反時計回りのスイッチ214は、新たなノードに反時計回りに直近のノード201にて閉じられる。このように、反時計回りのリング204は新たなノードで開放され、時計回りのリング202は新たなノードに時計回りに直近のノード201で開放される。他の実施例では、新たなノード内の時計回りのスイッチ214は開放され、新たなノードに時計回りに直近の時計回りのスイッチ214が閉じられる。

【0115】

図13は、本発明の一実施例による図2の光ネットワークにおけるラマン増幅レーザ光の光経路を示すブロック図である。図13を参照するに、ノード210の時計回り及び反時計回りの伝送要素は、図4Dに関連して述べたようなポンプモジュール354より成る。各増幅モジュール354は、時計回り方向に第1波長のポンプパワーを、反時計回り方向に第2波長のポンプパワーを送信するよう動作する。通常の動作期間では、図13に示されるように、ポンプパワー(太線700及び702で示される)は、トラフィック伝送信号に対して反対回りの方向にしか送信されない。

40

【0116】

残りのノード206, 208, 212の伝送要素は、図4Cに関連して上述したような、バイパス増幅モジュール348を有する。上述したように、増幅モジュール348は、ノード201の付加/除去及びスイッチの要素近辺でのポンプパワーを迂回させる、或いはノード201でポンプパワーを終端させるように動作する。スイッチ設定内容は、ネッ

50

トワーク内で及び各ノード内で独立に設定される。通常の動作は、モジュール348と共に図13に示され、モジュール248は、ノード206, 208, 212の付加/除去及びスイッチの要素を迂回し、リング202, 204の周囲全体を実質的に増幅するように構成される。

【0117】

図14は、本発明の一実施例による光ネットワーク内のラマン増幅方法を示すフローチャートである。本実施例では、単一のポンプソース又は単一ノードでの一組のポンプソースが、光ネットワーク全体を実質的に増幅するために使用される。

【0118】

図14を参照するに、本方法はステップ710から始まり、光ファイバリングの回りにトラフィックが送信される。ステップ712では、トラフィックが、リングの複数のノードで付加され及び/又は除去される。特定の実施例では、トラフィックは受動的に付加及び/又は除去され、チャンネルスペーシングの柔軟性が維持される。

10

【0119】

ステップ714に進むと、光ネットワークのノードの増幅モジュール内のポンプソースにて、ポンプパワーが生成される。ポンプソースは、ポンプ光の少なくとも1つの波長を生成及び/又は提供する。ステップ716では、信号は、単独又は複数の光リングを通じてポンプソースから分配され、そのトラフィックをラマン増幅する。

【0120】

ステップ718では、ポンプパワーは、ネットワークのノードの付加/除去要素近辺を迂回させられる。このように、リングネットワークのトラフィック伝送信号は、単独のスケラブルなソース又は限定されたソース一式により効率的に増幅される。

20

【0121】

図15は、本発明の一実施例による図12の光経路のプロテクションスイッチングを示すブロック図である。図15を参照するに、回線切断720は増幅信号を遮る。切断箇所702に隣接するノード206, 208の増幅モジュール348は、それらのノードでポンプパワーを終端するように切り替わる。

【0122】

回線切断720及び/又はプロテクションスイッチングは、リング202, 204の一部を反対回りのポンプパワー700, 702から孤立させる。従って、更に回線切断に回答して、ノード210の増幅モジュール354内のポンプ722, 724は、ポンプパワー726, 728を送信することを開始し、トラフィック伝送信号と同一方向ではあるが、リング202, 204を継続的に増幅する。

30

【0123】

図16は、本発明の様々な他の実施例によるラマン増幅光経路のプロテクションスイッチング方法を示すフローチャートである。本発明によるラマン増幅ネットワークのトラフィックは、上述したように、反対に伝搬するポンプパワーにより増幅される。回線切断のようなネットワークの中断は、ネットワークの増幅を安全に維持するために、プロテクションスイッチングを必要とする。

【0124】

図16を参照するに、本方法はステップ750から始まり、装備不具合又は回線切断が、ネットワークの特定のノードで検出される。例えば、回線切断はOSC信号の損失により検出されてもよい。ステップ752では、不具合又は回線切断に隣接するノードが判別される。ステップ754では、ポンプパワーの供給が、その隣接ノードのバイパス要素にて終端される。図15に関して説明されたポンプソースでは、その終端は、中断場所に隣接するノード内のモジュール348のスイッチを作動させることで行っている。光減衰器のような、ノードへのポンプパワーを終端する他の適切な手段が使用されてもよい。

40

【0125】

最後に、ステップ756では、ポンプパワーが同一の伝搬方向及び逆の伝搬方向の双方で伝送され、中断場所に隣接するノードにおけるポンプパワーの終端によらず、トラフィ

50

ック伝送信号の増幅を維持するようにする。その中断が復旧した後に、ネットワークは中断以前の状態に復帰してもよい。

【0126】

図17は、本発明の他の実施例による付加/除去ノード800の詳細を示すブロック図である。ノード800は、マルチリングネットワークのリング間でポンプパワーを再利用するよう動作し、図3のノード201に代えて又はそれに加えて使用されてもよい。

【0127】

図17を参照するに、ノード800は、図3に関連して上述したように、分配要素224、合成要素226、管理要素228、スプリッタ/カプラ330、リングスイッチ214及びOSCフィルタ216から構成される。

10

【0128】

ポンプモジュール802は、ポンプフィルタ812を通じてポンプパワーをリング202、204に供給するように、ポンプ、アイソレータ、WDMフィルタ及び/又は他の適切な装置から構成される。ポンプフィルタ814の各々は、反対に伝搬するポンプパワーを、フィルタ814が結合されている各自のファイバリングから分離し、クロスリング接続ファイバ806を介して過剰なパワーを他のリングに転送する。このように、1つのリングからの過剰なポンプパワーは、他のリングをラマン増幅するように再利用される。タップモニタ810は、接続ファイバ806を通じて転送されたポンプパワーを監視してもよい。

【0129】

20

図18は、本発明の一実施例によるメトロアクセス/メトロコア環境における複数の光ネットワークを示すブロック図である。メトロアクセス光ネットワーク854は、ハブ850内の1以上のポンプレーザダイオードユニット856により増幅され、ハブはメトロコアネットワーク852に結合される。カスケード式のスプリッタ/カプラ330は、ダイオードからリングネットワークへポンプパワーを伝送する。様々な光減衰器(VOA)858は、ネットワーク854の各々へのパワーレベルを制御する。特定の実施例では、4つのメトロアクセスリングネットワーク854が、単独の2ワットレーザ856により増幅されてもよい。他の実施例では、複数のポンプソース856の各々が、異なる波長におけるレーザ送信ポンプパワーを有する。

【0130】

30

以上本発明がいくつかの実施例と共に説明されてきたが、様々な変更及び修正が当業者に示唆されるであろう。本発明は、そのような変更及び修正を添付の特許請求の範囲内に含むことが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0131】

【図1】本発明の一実施例による光ネットワークを示すブロック図である。

【図2】本発明の他の実施例による光ネットワークを示すブロック図である。

【図3】本発明の一実施例による図2のノードの詳細を示すブロック図である。

【図4A】本発明の様々な実施例による図2のノードの増幅又はバイパスモジュールの詳細を示すブロック図である。

40

【図4B】本発明の様々な実施例による図2のノードの増幅又はバイパスモジュールの詳細を示すブロック図である。

【図4C】本発明の様々な実施例による図2のノードの増幅又はバイパスモジュールの詳細を示すブロック図である。

【図4D】本発明の様々な実施例による図2のノードの増幅又はバイパスモジュールの詳細を示すブロック図である。

【図4E】本発明の様々な実施例による図2のノードの増幅又はバイパスモジュールの詳細を示すブロック図である。

【図4F】本発明の様々な実施例による図2のノードの増幅又はバイパスモジュールの詳細を示すブロック図である。

50

【図 4 G】本発明の様々な実施例による図 2 のノードの増幅又はバイパスモジュールの詳細を示すブロック図である。

【図 4 H】本発明の一実施例による図 3 のノードの光カプラの詳細を示すブロック図である。

【図 5】本発明の一実施例による図 2 の光ネットワークのオープンリング構成及び光経路の流れを示すブロック図である。

【図 6】本発明の一実施例による図 2 の光ネットワークにおける光監視チャネル (OSC) の流れを示すブロック図である。

【図 7】本発明の一実施例による図 2 の光ネットワークにおけるプロテクションスイッチング及び光経路プロテクションの様子を示すブロック図である。

10

【図 8】本発明の一実施例による図 2 の光ネットワークにおけるトラフィックのプロテクションスイッチング方法を示すフローチャートである。

【図 9】回線切断に対する本発明の一実施例による図 2 の光ネットワークでの OSC プロテクションの様子を示すブロック図である。

【図 10】本発明の一実施例による図 2 の光ネットワークにおける OSC プロテクションスイッチング方法を示すフローチャートである。

【図 11】OSC 装備不具合に対する本発明による図 2 の光ネットワークにおける OSC プロテクションを示すブロック図である。

【図 12】本発明の一実施例による図 2 の光ネットワークにノードを挿入する方法を示すフローチャートである。

20

【図 13】本発明の一実施例による図 2 の光ネットワークにおけるラマン増幅ポンプの光経路を示すブロック図である。

【図 14】本発明の一実施例による光ネットワーク内のトラフィックをラマン増幅する方法を示すフローチャートである。

【図 15】本発明の一実施例による図 13 の光経路のプロテクションスイッチングを示すブロック図である。

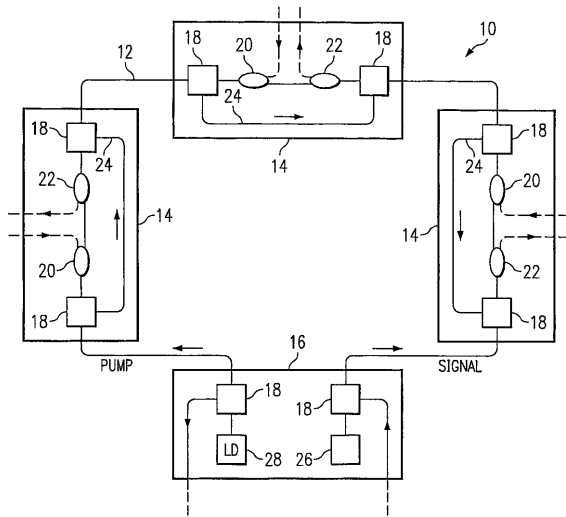
【図 16】本発明の様々な他の実施例によるラマン増幅プロテクションスイッチング方法を示すフローチャートである。

【図 17】本発明の他の実施例による図 2 のノードの詳細を示すブロック図である。

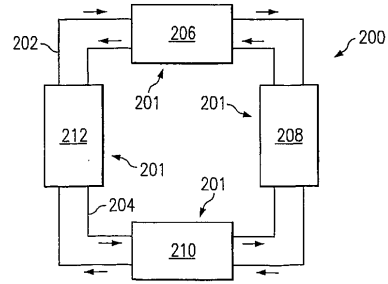
【図 18】本発明の一実施例によるメトロアクセス環境における複数の光ネットワークを示すブロック図である。

30

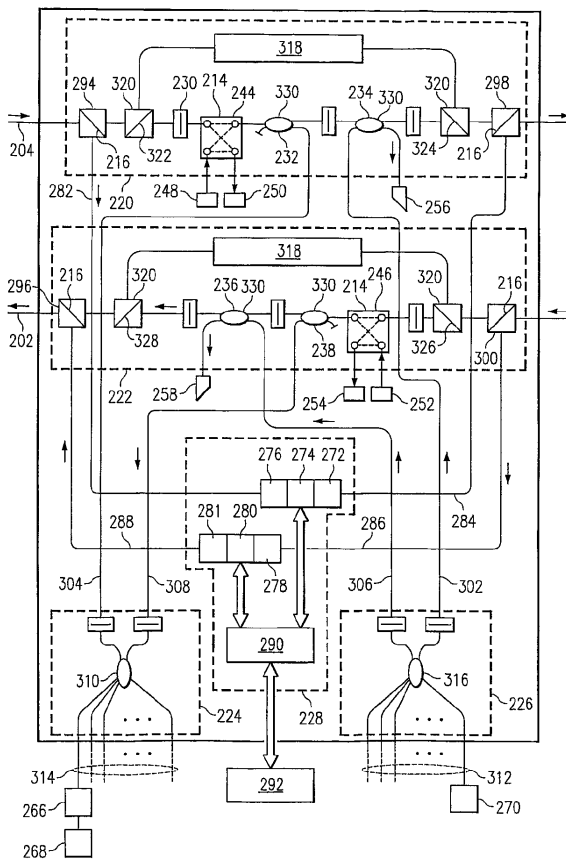
【 図 1 】



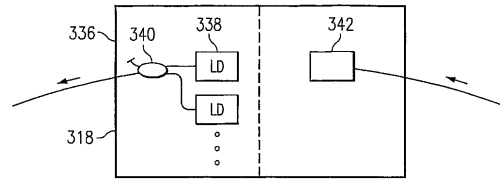
【 図 2 】



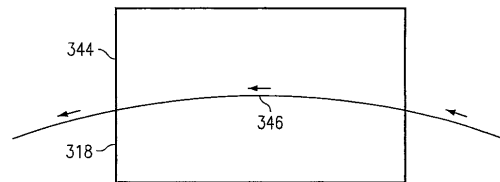
【 図 3 】



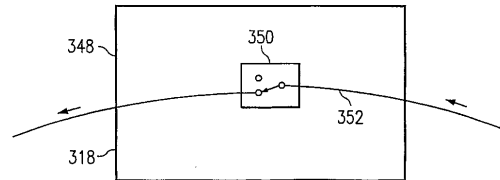
【 図 4 A 】



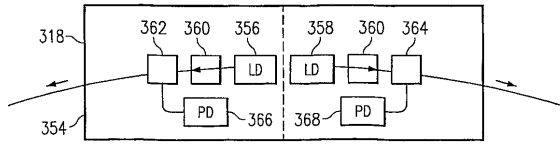
【 図 4 B 】



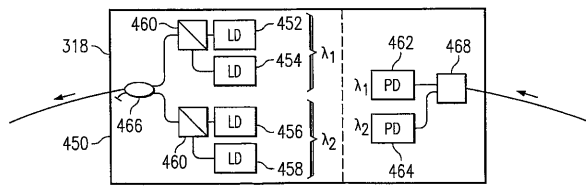
【 図 4 C 】



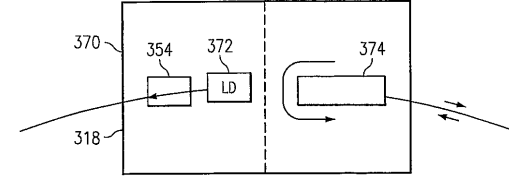
【 4 D 】



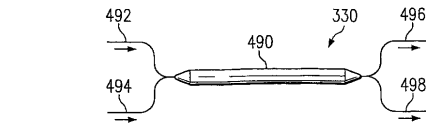
【 4 G 】



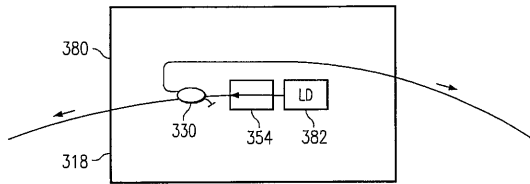
【 4 E 】



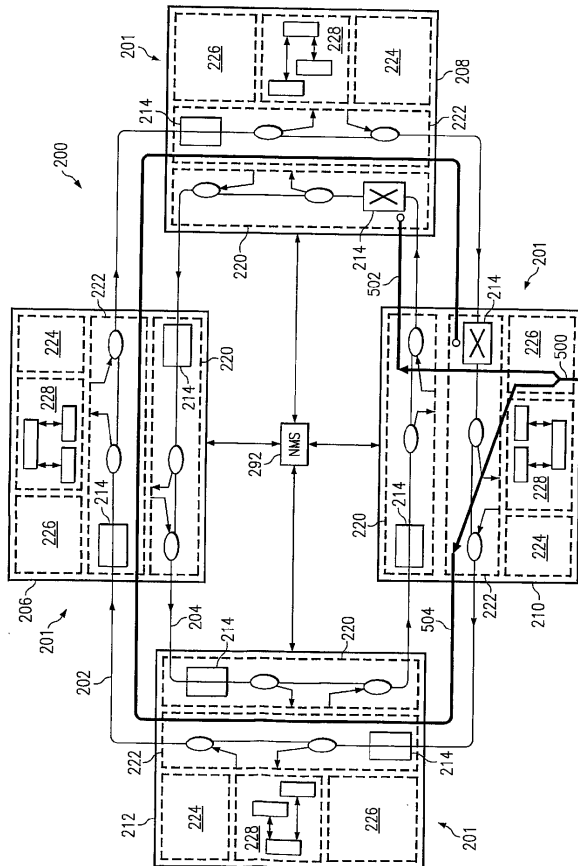
【 4 H 】



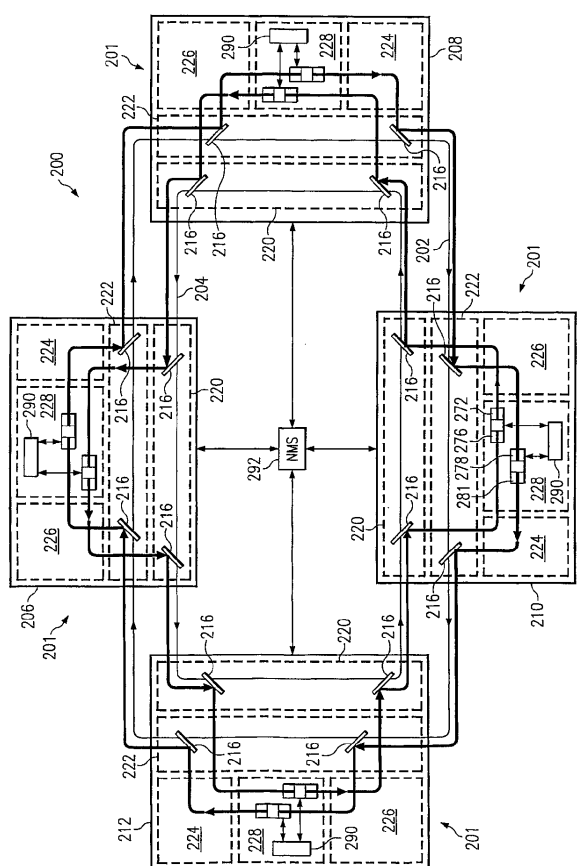
【 4 F 】



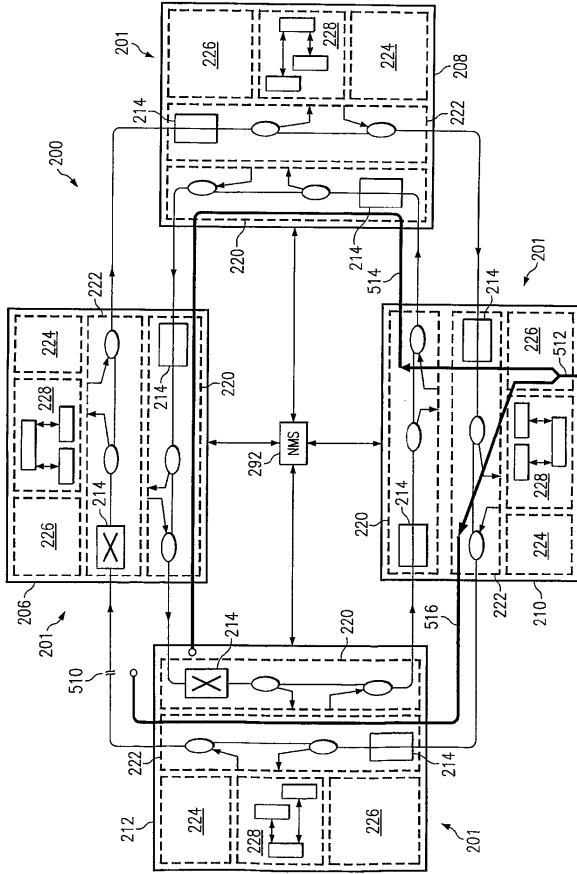
【 5 】



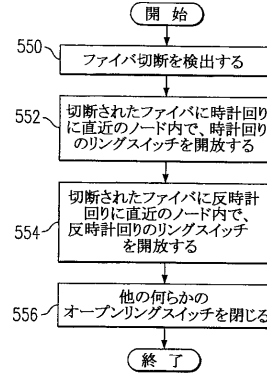
【 6 】



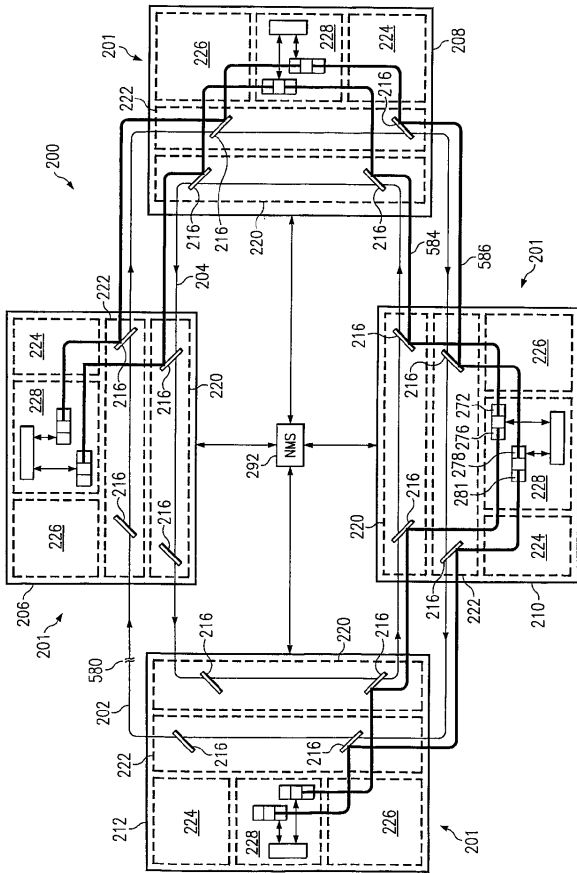
【図7】



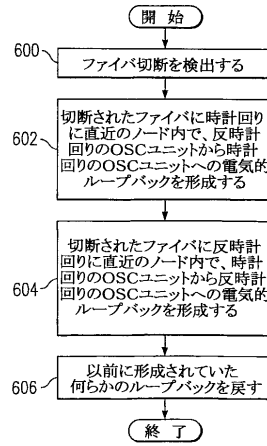
【図8】



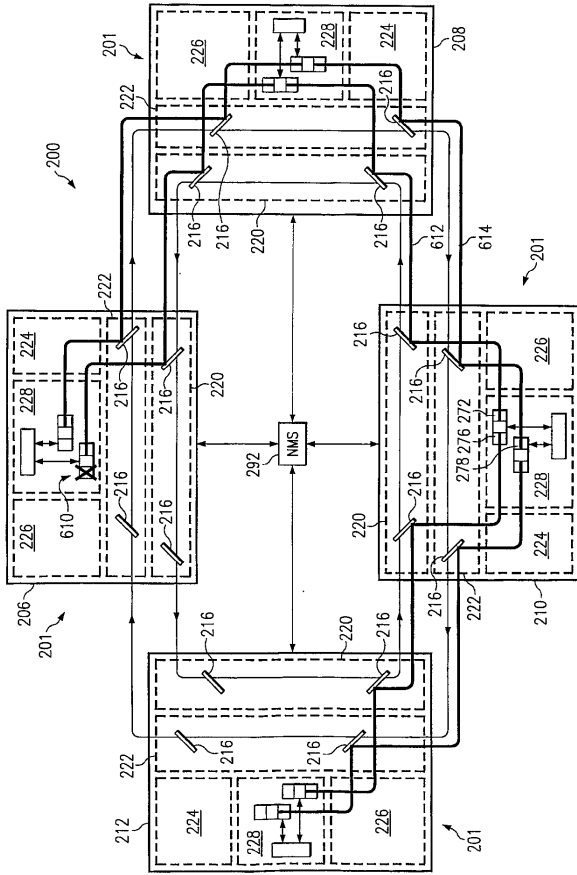
【図9】



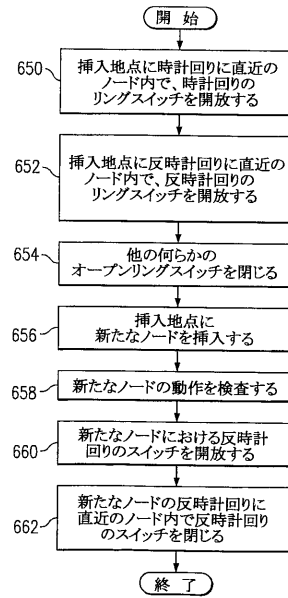
【図10】



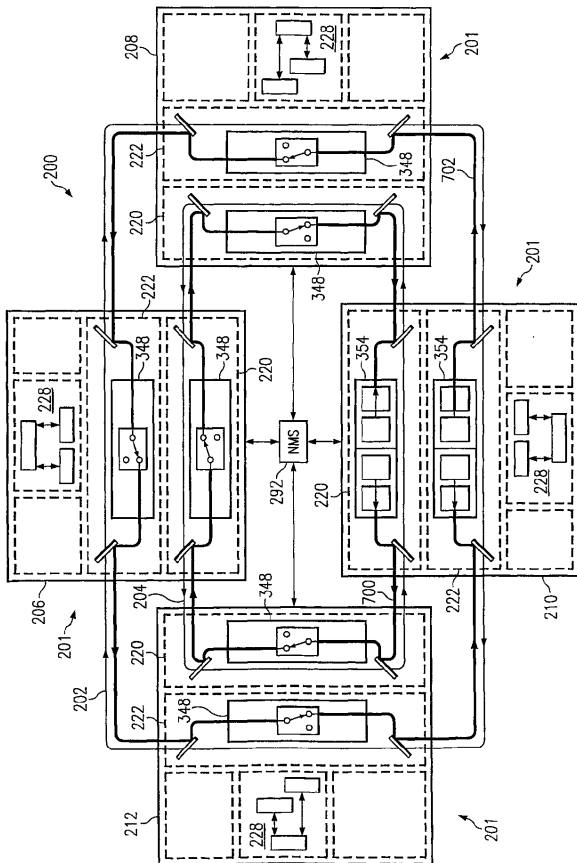
【図11】



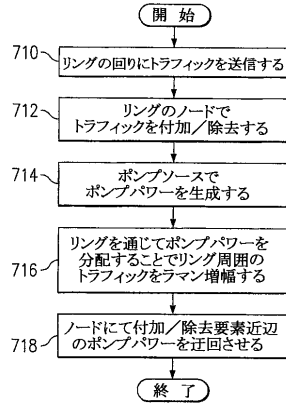
【図12】



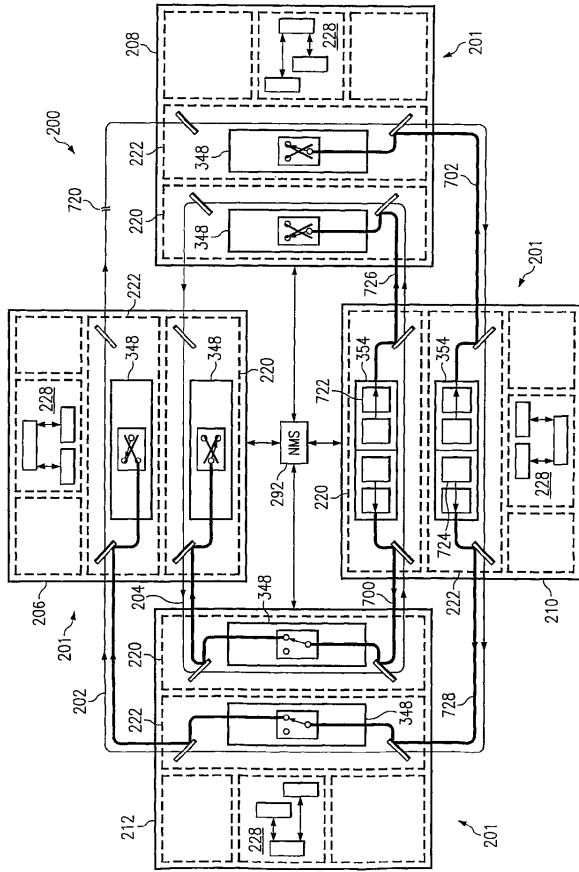
【図13】



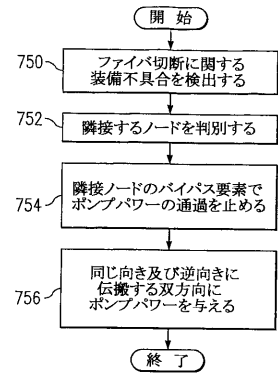
【図14】



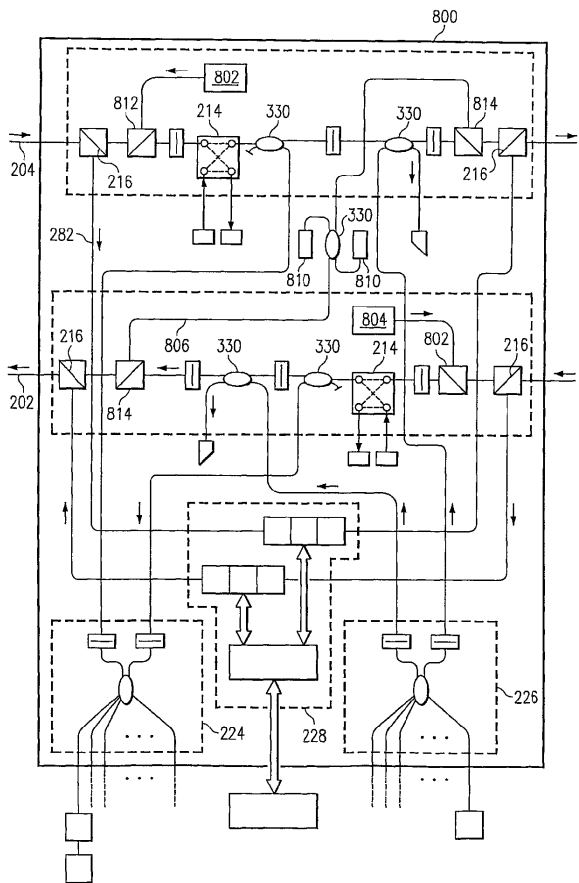
【図15】



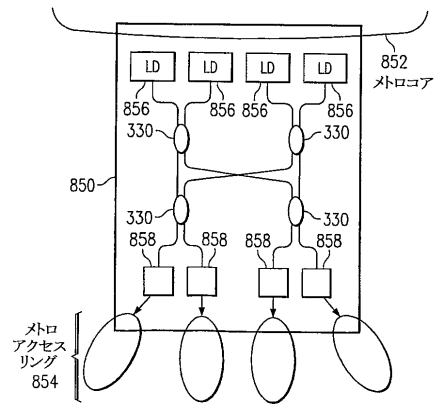
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

審査官 東 昌秋

- (56)参考文献 特開平04 - 165334 (JP, A)
特開平06 - 188833 (JP, A)
特開2002 - 040496 (JP, A)
特開2001 - 119347 (JP, A)
特開2001 - 069087 (JP, A)
特開2001 - 222036 (JP, A)
特開2001 - 125152 (JP, A)
特表平11 - 501777 (JP, A)
特開平11 - 346189 (JP, A)
特開平09 - 318981 (JP, A)
特開平05 - 190957 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 10/00-10/28
H04J 14/00-14/08
G02F 1/35