(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 8 月 31 日(31.08.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/145886 A1

(51) 国際特許分類:
H04Q 3/52 (2006.01) *H04M 3/00* (2006.01)
H04B 10/00 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/005426

(22) 国際出願日: 2017 年 2 月 15 日(15.02.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-033157 2016 年 2 月 24 日(24.02.2016) JP

(71) 出願人: 国立研究開発法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関 1 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 石井 紀代(ISHII Kiyo); 〒3058568 茨城県つくば市梅園 1－1－1 中央第 2 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 並木周(NAMIKI Shu); 〒3058568 茨城県つくば市梅園 1－1－1 中央第 2 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).

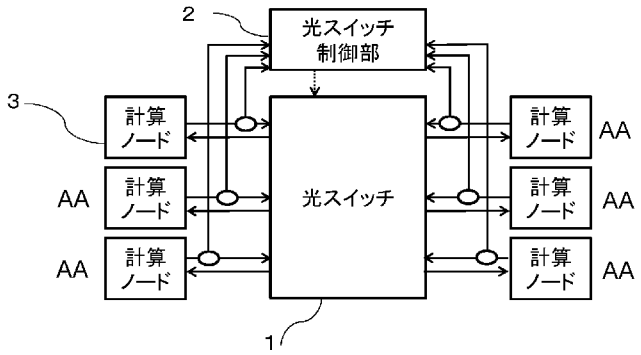
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) **Title**: OPTICAL PATH SWITCH SYSTEM AND OPTICAL PATH CONTROL METHOD ENABLING ASYNCHRONOUS OPTICAL SWITCH CONTROL

(54) 発明の名称 : 非同期光スイッチ制御を可能とする光パススイッチシステムおよび光パス制御方法



1 Optical switch
2 Optical switch control unit
3, AA Calculation node

(57) **Abstract**: A scalable, large-capacity interconnected network is essential for future large-scale parallel processing, but dealing with an increase in communication demand within a rack is difficult with conventional technology in which the introduction of an optical switch in an electrical switch cut-through between racks is being considered. In addition, in regards to optical switch control, if centralized control such as an SDN controller is introduced, the overhead required for control becomes an issue, and trade-offs arise between the number of ports and the communication bands with an AWG-Router that performs routing using a combination of a wavelength and a port. The present invention proposes an optical path control method and an optical path switch system comprising a wavelength multiplexing transmission path, an optical switch and an optical switch control unit that mutually connect a plurality of calculation nodes, the present invention being characterized by the determination of a destination and the execution of optical switching at the optical switch control unit, according to the combination of wavelengths transmitted from optical transmitters of the calculation nodes.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/145886 A1

ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

将来の大規模並列処理にスケーラブルで大容量なインターコネクト網が必須であるが、ラック間の電気スイッチのカットスルーに光スイッチの導入を検討している従来技術では、ラック内の通信需要の増加に対応するのが困難である。また、光スイッチ制御についてＳＤＮコントローラなどの集中制御を導入すると、制御にかかるオーバーヘッドが課題となり、波長とポートの組合せでルーティングを行うＡＷＧ-Ｒｏｕｔｅｒでは、ポート数と通信帯域との間にトレードオフが生じる。　複数の計算ノードを相互接続する、波長多重伝送路と光スイッチと光スイッチ制御部とから構成され、計算ノードの光送信器部から送出される波長の組合せにより光スイッチ制御部にて宛先を判別して光スイッチすることを特徴とする、光パススイッチシステムおよび光パス制御方法を提案する。

明　細　書

発明の名称 ：

非同期光スイッチ制御を可能とする光パススイッチシステムおよび光パス制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、データセンターやハイパフォーマンスコンピュータのインターコネクト網に適用可能であって、サーバー等の複数の端末を相互接続する、波長多重伝送路と光スイッチと光スイッチ制御部から構成される、光パススイッチシステムに関する。

背景技術

[0002] 将来のハイパフォーマンスコンピュータ(ＨＰＣ)やデータセンター(ＤＣ)には、大規模並列システムを支える大容量インターコネクトが必須となる。

[0003] 例えば、ＬＳＩの微細化による性能向上の限界に対し、汎用的な計算ノードを均一に使用するのではなく、ＣＰＵ／メモリ／ストレージ／ＧＰＵなどの専用計算ノードをアプリケーションの要求に従い組み合わせて使用するラックスケールコンピューティングが提案されており、これの実現には大容量インターコネクトが必須である。

[0004] 現在、高速インターコネクト技術として、光伝送技術を採用したActive Optical Cable（ＡＯＣ)や高速Ethernetが導入され始めている。

[0005] しかしながら、このスイッチスループットについて、フロントパネル密度やスイッチＡＳＩＣのパッケージサイズ等のボトルネックが指摘されている。

また、これらのスイッチは光電気変換を用いるため、消費電力が今後課題になることが予測される。

[0006] 将来の大容量インターコネクト網に必要な要素としては、スケーラビリティ(多数の計算ノードを相互接続可能なこと)、高速切替、大容量、コンパクト、低コスト、低消費電力、などがあり、特に大容量・低消費電力の観点か

ら、光スイッチの導入が期待される。

[0007] 非特許文献１，２では、ＤＣにおいて、トップオブラックスイッチ(ＴｏＲ)間を光スイッチで接続し、ワークロードに応じて光スイッチを動的に制御するシステムが提案されている。

[0008] しかしながら、光スイッチの導入はラック間接続にのみ適用され、ラック内の接続は対象外である。

ラック間接続においても、一度ＴｏＲにて電気スイッチを介するため、電気スイッチのスループットにおけるボトルネック解消が困難であり、また、スイッチにおける処理遅延も避けられない。

[0009] さらに、光スイッチを制御するための集中コントローラ(ＳＤＮコントローラなど)が必要となるため、制御にかかるオーバーヘッドが課題となる。

[0010] 非特許文献３では、送信器で波長を選択することにより受信先を選択可能なＡＷＧ(Arrayed Waveguide Grating)-Ｒｏｕｔｅｒが提案されている。

[0011] ＡＷＧ-Ｒｏｕｔｅｒを用いれば光スイッチを使用せずに２点間の接続を切り替えることが可能なため、集中コントローラや制御にかかるオーバーヘッドの課題は回避できるが、収容可能な端末数が波長多重数で規定されるため、接続帯域とポート数とにトレードオフが生じることとなる。

また、高速な切替のためには高速チューナブルレーザーを必要とし、低コストでの実現が困難である。

[0012] 非特許文献４では、ＤＣのインターコネクトに使用するポート数が大きい光スイッチの構成について、delivery-and-couplingスイッチとArrayed waveguide grating(ＡＷＧ)とを組み合わせた構成が提案されている。

[0013] しかしながら、ポート数を多くとるために、波長領域(波長数)を使用するため、２点間の接続帯域とポート数とにトレードオフが生じており、大容量と大規模とを両立するのが困難な構成である。

また、高速な切替のためには高速チューナブルレーザーを必要とし、低コストでの実現が困難である。

[0014] 特許文献１では、光パケットの行先判定を光領域で行うことが提案されて

いる。

ただし、この判定には光学的相関演算を用いるため、複雑な光部品が必要となり、信号を伝送する波長の組合せのみで行先を判定することを特徴とする本提案とは異なる。

[0015] 特許文献２では、アドレス情報を電気信号に変換することなく、自動的にルーティングを行う、いわゆるセルフルーティング機能を持つ、クロスバー型光スイッチ技術が提案されている。

[0016] ここでは、アドレスを指示するヘッダーパルスを量子井戸構造等を用いて取り出すことを特徴としている。

[0017] 特許文献３では、光パケットルーティングにおいて、多波長ラベルを用いることにより、ルーティングの識別子用のラベル数を従来より増大する手法が提案されている。

[0018] ここでは、ラベル用波長のパルス間の時間差のパターンにより識別しており、また、データとラベルが別波長帯であり、多波長ラベルがパルス信号であり、ラベル発生装置が必要となる。

先行技術文献

特許文献

[0019] 特許文献1：特開２００１－１７７５６５号公報　フォトニックネットワークのパケットルーティング方法およびフォトニックネットワーク用パケットルータ

特許文献2：特開２００２－７２２６１号公報　光ルーティング装置

特許文献3：特開２００２－８４２２８号公報　多波長ラベルを用いた光パケットルーティング方法とその装置、および多波長ラベルを用いた光パケットネットワーク

非特許文献

[0020] 非特許文献1：Konstantinos Kanonakis, Yawei Yin, Philip N. Ji, Ting Wang, “SDN-controlled routing of elephants and mice over a hybrid optical/electrical DCN testbed,” OFC2015, Paper Th4G.7, March (2015).

非特許文献2：K. Christodoulopoulos, K. Katrinis, M. Ruffini, D. O'Mahony, "Accelerating HPC workloads with dynamic adaptation of a software-defined hybrid electronic/optical interconnect," OFC2014, Paper Th2A.11, March(2014).

非特許文献3：K. Noguchi, A. Okada, S. Kamei, S. Suzuki, M. Matsuoka, "Temperature control-free full-mesh wavelength routing network (AWG-STAR) with CWDM AEG-Router," IEEE, Journal of Lightwave Technology, vol. 23, no. 4, pp. 1568-1575, April(2005).

非特許文献4：Koh Ueda, Yojiro Mori, Hiroshi Hasegawa, Ken-ichi Sato, Toshio Watanabe, "Large-scale optical switch with simplified sub-switch connections for datacenter applications," Photonics in Switching 2015, pp. 351-353, September(2015).

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0021] 将来の大規模並列処理を支えるには、スケーラブルで大容量なインターコネクト網が必須である。

これの実現のために光スイッチの導入が期待される。

[0022] ラック間の電気スイッチのカットスルーに光スイッチの導入を検討している従来技術では、ラック内の通信需要の増加に対応するのが困難である。

[0023] また、光スイッチ制御についてＳＤＮコントローラなどの集中制御を導入すると、制御にかかるオーバーヘッドが課題となる。

[0024] 波長とポートの組合せでルーティングを行うＡＷＧ-Ｒｏｕｔｅｒでは、ポート数と通信帯域との間にトレードオフが生じる。

[0025] 本発明は、従来技術の課題やトレードオフを緩和し、大容量でスケーラブルなインターコネクト網技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0026] 本発明は次の各光パススイッチシステムおよび光パス制御方法を提供できる。

（１）複数の計算ノードを相互接続する、波長多重伝送路と光スイッチと光スイッチ制御部とから構成され、計算ノードの光送信器部から送出される波長の組合せにより光スイッチ制御部にて宛先を判別することを特徴とする、光パススイッチシステムおよび光パス制御方法。

[0027] 図１に構成例を示す。

各計算ノードから、波長多重された光信号が送出される。

この波長多重信号は、波長の組合せにより接続先を示す。

波長組合せは、その波長に該当する光信号の有無（ON/OFF）で表現しても良いし、光信号の強弱により表現してもよい。

送出された光信号は、光カプラにより分岐され、光スイッチおよび光スイッチ制御部に入力される。

なお、光カプラの分岐比は等比でなくてもよい。

[0028] 光スイッチ制御部では、入力された波長の組合せにより行先を判定し、これに応じて光スイッチの設定を行う。

光スイッチに入力された光信号は、光スイッチ制御部により設定された行先に接続されることとなる。

[0029] （２）複数の計算ノードを相互接続する、波長多重伝送路と光スイッチと光スイッチ制御部とから構成され、計算ノードの光送信器部から送出される波長の組合せにより宛先を判別し、各計算ノードに対し多波長光源から波長多重光を配信することを特徴とする、光パススイッチシステムおよび光パス制御方法。

[0030] 図２に構成例を示す。

各計算ノードでは、配信される波長多重光を変調し光信号を送出する。

この際、接続先に応じて使用する波長を選択し、不要な波長はブロックして送出しない。

送信計算ノードから送出される波長多重信号は、波長の組合せにより接続先を示す。

送出された光信号は、光カプラにより分岐され、光スイッチおよび光スイ

ッチ制御部に入力される。

なお、光カプラの分岐比は等比でなくてもよい。

[0031] 光スイッチ制御部では、入力された波長の組合せにより行先を判定し、これに応じて光スイッチの設定を行う。

光スイッチに入力された光信号は、光スイッチ制御部により設定された受信計算ノードに接続されることとなる。

これにより、送信計算ノードから受信計算ノードまでの一方向の経路が設定され、通信が可能となる。

[0032] （３）複数の計算ノードを相互接続する、波長多重伝送路と光スイッチと光スイッチ制御部とから構成され、計算ノードの光送信器部から送出される波長の組合せにより光スイッチ制御部にて宛先を判別する光パススイッチシステムおよび光パス制御方法において、光スイッチ制御部において、一方の計算ノードから他方の計算ノードへの接続要求に対し、一方の計算ノードから他方の計算ノードへの光スイッチ経路を設定すると同時に、他方の計算ノードから一方の計算ノードへの経路も設定することで、双方向通信を設定することを特徴とする。

[0033] 動作シーケンスの例を図３に示す。

まず、送信計算ノードから受信計算ノードを示す波長組合せの光信号が送出される。

これは、光カプラを介して光スイッチ制御部および光スイッチとの２か所に到達する。

[0034] 光スイッチ制御部では、波長組合せに従い光スイッチを設定する。

この時、送信計算ノードから受信計算ノードへの光スイッチの経路を導通させると同時に、受信計算ノードから送信計算ノードへの光スイッチの経路も導通させる。

この光スイッチの設定により、送信計算ノードから送出されて光スイッチへと到達していた光信号は、設定された経路に従い光スイッチを通過して受信計算ノードへ到達する。

[0035] 受信計算ノードは光信号を受信し、これに応答するため、送信計算ノードを示す波長組合せの光信号を送出する。

受信計算ノードから送出された光信号は、光カプラを介して光スイッチ制御部および光スイッチに到達し、光スイッチに到達した光信号は、すでに設定されている経路に従い光スイッチを通過し、送信計算ノードに到達する。

送信計算ノードから受信計算ノードへの復路は、双方向通信が可能な往路と同一システムの光スイッチ経路に設定してもよいし、あるいは、適切な外部インターフェイスを設けて異なるシステムの通信経路に設定してもよい。

[0036] （４）複数の計算ノードを相互接続する、波長多重伝送路と光スイッチと光スイッチ制御部とから構成され、計算ノードの光送信器部から送出される波長の組合せにより光スイッチ制御部にて宛先を判別する光パススイッチシステムおよび光パス制御方法において、光スイッチ制御部において、一方の計算ノードから他方の計算ノードへの接続要求に対し、一方の計算ノードから他方の計算ノードへの光スイッチ経路を設定すると同時に、他方の計算ノードから一方の計算ノードへの光スイッチ経路も設定することで、双方向通信を設定する場合に、受信計算ノードが既に別の計算ノードと通信中等の理由で経路を設定できない場合(ブロッキング発生時)に、送信計算ノードでは一定時間以内に受信計算ノードからの光信号が届かないことを以てブロッキングを検知し、光信号の送信を止めることを特徴とする。

[0037] 動作シーケンスの例を図４に示す。

まず、送信計算ノードから受信計算ノードを示す波長組合せの信号が送出される。

これは、光カプラを介して光スイッチ制御部および光スイッチとの２か所に到達する。

[0038] 光スイッチ制御部では、波長組合せに従い接続先を判定し、現在の光スイッチ設定において導通させている経路を損なうことなく、送信計算ノードから受信計算ノードおよび受信計算ノードから送信計算ノードの両経路を設定可能かどうかを判断する。

[0039] どちらかでも設定不可能な場合には、光スイッチの設定は行われない。

送信計算ノードでは、光信号送信開始から一定時間以内に受信計算ノードからの光信号が返ってこない場合に、ブロッキングと判断し、光信号の送信を止める。

[0040] （５）複数の計算ノードを相互接続する、波長多重伝送路と光スイッチと光スイッチ制御部とから構成され、計算ノードの光送信器部から送出される波長の組合せにより光スイッチ制御部にて宛先を判別する光パススイッチシステムおよび光パス制御方法において、光スイッチ制御部において、一方の計算ノードから他方の計算ノードへの接続要求に対し、一方の計算ノードから他方の計算ノードへの光スイッチ経路を設定すると同時に、他方の計算ノードから一方の計算ノードへの光スイッチ経路も設定することで、双方向通信を設定する場合に、受信計算ノードが既に別の計算ノードと通信中等の理由で経路を設定できない場合(ブロッキング発生時)に、送信計算ノードでは光信号を送出し続けることで、ブロッキングが解消された際に、素早く送信計算ノードと受信計算ノードとの間に双方向通信を設定可能とすることを特徴とする。

[0041] 動作シーケンスの例を図５に示す。

まず、送信計算ノードから受信計算ノードを示す波長組合せの信号が送出される。

これは、光カプラを介して光スイッチ制御部および光スイッチとの２か所に到達する。

[0042] 光スイッチ制御部では、波長組合せに従い接続先を判定し、現在の光スイッチ設定において導通させている経路を損なうことなく、送信計算ノードから受信計算ノードおよび受信計算ノードから送信計算ノードの両経路を設定可能かどうかを判断する。

どちらかでも設定不可能な場合には、光スイッチの設定は行われない。

その後も送信計算ノードは光信号を送出し続ける。

その後、ブロッキングが解消されたら、光スイッチ制御部は送信計算ノー

ドと受信計算ノードとを双方向に接続するように、光スイッチを設定する。

[0043] （６）複数の計算ノードを相互接続する、波長多重伝送路と光スイッチと光スイッチ制御部とから構成され、計算ノードの光送信器部から出力される波長の組合せにより光スイッチ制御部にて宛先を判別する光パススイッチシステムおよび光パス制御方法において、光スイッチ制御部において、一方の計算ノードから他方の計算ノードへの接続要求に対し、一方の計算ノードから他方の計算ノードへの光スイッチ経路を設定すると同時に、他方の計算ノードから一方の計算ノードへの光スイッチ経路も設定することで、双方向通信を設定する場合、この際、受信計算ノードから他の計算ノードへの接続要求が出ていてかつ光スイッチの設定がまだの場合、送信計算ノードと受信計算ノードとの間に双方向通信が設定され受信計算ノードからの接続要求は通信要求の競合によりブロックされて通信要求が競合したために要求とは別の計算ノードと接続されるノードが発生した場合に、送信計算ノードと受信計算ノードとの通信が終わった後、受信計算ノードへの接続要求については即時設立せずに一定時間待ち、その間に受信計算ノードから接続要求が来たらこれを優先することを特徴とする。

[0044] 通信要求競合時に、要求とは別の計算ノードと接続された計算ノードへの接続要求を一定時間、例えば、制御周期ｉ(＞０)だけ待つことにより、当該計算ノードからの接続要求がいつまでも設立されないというリソーススタベーションの事態を防止する。

光スイッチ制御部のタイミングの例を図６に示す。

まず、タイミング１(図６では丸１で示される、以下同じ)で光スイッチ制御部は計算ノード１から計算ノード２への接続要求と、計算ノード２から計算ノード３への接続要求を受ける。

[0045] ここで、ランダムやFirst-in-First-out等の基準に従い、計算ノード１から計算ノード２への接続を行うこととし、光スイッチに計算ノード１から計算ノード２へと計算ノード２から計算ノード１への経路を設定する。

[0046] この時、計算ノード２は計算ノード３との接続ではなく計算ノード１との

接続であることを確認し、送出する光信号を計算ノード1を示す波長組合せに変更し、通信を開始する。

[0047] その後、タイミング３で計算ノード４から計算ノード２への接続要求が来るが、計算ノード２は計算ノード１と接続中のためブロッキングとなり、光スイッチは設定されず、計算ノード４は計算ノード２への接続要求を出し続ける。

その後、タイミング４にて計算ノード１と計算ノード２との間の通信が終わる。

[0048] その後、タイミング４，５では、計算ノード４から計算ノード２への接続要求は即時には設立されない。

[0049] タイミング６において、計算ノード２から計算ノード３への接続要求が到着し、光スイッチ制御部では、計算ノード４から計算ノード２への接続要求より優先して、計算ノード２から計算ノード３への接続要求に従い光スイッチの設定を行う。

発明の効果

[0050] 本発明により、波長をラベルに行先を判定する光パススイッチシステムにおいて、通信帯域と収容可能端点数との間のトレードオフを解消可能となる。

これにより、従来より多くの端点(計算ノード)間に、従来より柔軟に大容量の光パスを設定可能となる。

[0051] 波長をアドレスとして使用する場合，従来のＡＷＧ-Ｒｏｕｔｅｒのように波長１つにつき接続先１つを割り当てると、接続計算ノード数と接続帯域とにトレードオフが生じる。

[0052] すなわち、波長多重数Ｎが接続端末数となり、かつ、端末間を接続する光パス数は１波長のみとなり端末間の接続容量が制限される。あるいは、端末間の接続容量を増加するために端末間を接続する波長数をＬ(＞１)に増やすと、接続可能な端末数がＮ／Ｌに減ってしまう。

[0053] 本発明では、データを送出する光信号の波長の組合せをアドレスとして行

先を判定する。

即ち、波長多重されるＮ波長のうちＭ波長(Ｍ＜Ｎ)を使用しその組合せをアドレスとする。これにより、${}_{N}C_{M}$のアドレス空間が構成可能となる。

[0054] 図７にアドレス空間のスケーラビリティを示す。

提案方式では，ＷＤＭ波長数Ｎが10程度と少ない場合でも，100を超えるアドレス空間が可能である。

さらに、必要接続容量に応じてＭを選択することで、従来手法に比べ、収容可能端末数を減らすことなく、端末間の接続容量を容易かつ柔軟に増加可能である。

[0055] 本発明では、データを送出する光信号の波長の組合せをアドレスとして行先を判定する。

そのため、計算ノード間の光パス設立に関して、計算ノードと光スイッチ制御部との間で、シグナリング等のデータをやり取りする必要がない。

[0056] 各計算ノードは他の計算ノードや光スイッチ制御部などとタイミングを調整することなく、非同期に自計算ノードのタイミングで信号送出を開始できる。

これにより、従来のＳＤＮコントローラなどの集中コントローラを必要とする構成に比べて、パス設立までにかかる制御等のオーバーヘッドを削減可能となる。

図面の簡単な説明

[0057] [図1]本発明を利用した光パススイッチシステムを説明する図である。

[図2]本発明を利用し多波長光源からの波長多重光の配信を利用した光パススイッチステムを説明する図である。

[図3]本発明を利用した光パススイッチシステムにおいて光パス設定の動作シーケンスを説明する図である。

[図4]本発明を利用した光パススイッチシステムにおいて光パスがブロックされた際の動作シーケンスを説明する図である。

[図5]本発明を利用した光パススイッチシステムにおいて送信計算ノードが光

パスが接続されるまで光を送出させ続ける場合の動作シーケンスを説明する図である。

[図6]本発明を利用した光パススイッチシステムにおいて接続要求の競合が起こった際の光スイッチ制御部のタイミングを説明する図である。

[図7]本発明を利用した際の波長数とアドレス空間のスケーラビリティを示す図である。

[図8]計算ノードの構成例を説明する図である。

[図9]本発明を利用する際の計算ノードの光送信器部の第一の実施例を説明する図である。

[図10]本発明を利用する際の計算ノードの光送信器部の第二の実施例を説明する図である。

[図11]本発明を利用する際の計算ノードの光送信器部の第三の実施例を説明する図である。

[図12]本発明を利用する際の計算ノードの光送信器部の第四の実施例を説明する図である。

[図13]本発明を利用する際の計算ノードの光送信器部の第五の実施例を説明する図である。

[図14]本発明を利用する際の計算ノードの光送信器部の第六の実施例を説明する図である。

[図15]本発明を利用する際の計算ノードの光送信器部の第七の実施例を説明する図である。

[図16]本発明を利用する際の計算ノードの光送信器部の第八の実施例を説明する図である。

[図17]本発明を利用する際の計算ノードの光受信器部の第一の実施例を説明する図である。

[図18]本発明を利用する際の計算ノードの光受信器部の第二の実施例を説明する図である。

[図19]本発明を利用する際の計算ノードの光受信器部の第三の実施例を説明

する図である。

[図20]本発明を利用する際の光スイッチ制御部の第一の実施例を説明する図である。

[図21]本発明を利用する際の光スイッチ制御部の第二の実施例を説明する図である。

[図22]本発明を複数の光スイッチでの構成に適用した実施例を説明する図である。

発明を実施するための形態

実施例 1

[0058] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。ただし、以下に示す実施の形態はあくまでも例示に過ぎず、種々の変形や技術の適用を排除する意図はない。

すなわち、以下に示す実施形態を本発明の趣旨を逸脱しない範囲で変形して実施できることは言うまでもない。

[0059] 図８に計算ノードの構成例を示す。

計算ノードは、光送信器部、光受信器部、および、計算ユニットまたはメモリユニットまたはストレージユニットまたはその他の機能要素またはこれらの組合せから構成される。

また、光送信器部および光受信器部に加えて、EtherポートやPCI Express等の通信インターフェイスを備えても良い。

[0060] 図９に光送信器部の構成例を示す。

ＷＤＭ光源、光ブロッカーアレイ、変調器アレイ、光合波器から構成される。

ＷＤＭ光源はＮの波長出力ポートを持ち、各ポートから異なる波長が１波長ずつ送出される。

[0061] 送出された波長はまず光ブロッカーアレイに到着し、光ブロッカーアレイでは、所望の行先を示す波長組合せを通過させ、それ以外の波長をブロックする。

光ブロッカーアレイを通過した波長は変調器アレイに到達し、変調器アレイは波長を変調しデータをのせ、光合波器へと波長を送出する。

[0062] 送出された波長は光合波器により波長多重され、計算ノードの外部へと送出される。

各変調器アレイおよび光ブロッカーアレイには計算ユニット等からの入力がある。

光ブロッカーおよび変調器のアレイ数は波長多重数と等しいＮとなる。

[0063] 図１０に光送信器部の構成例を示す。

ＷＤＭ光源、変調器アレイ、光合波器から構成される。

所望の波長以外は変調器によりブロックされる。

本構成は図９の構成と比べて、光ブロッカーがない分変調器の消光比が要求されるが、構成要素が少なく済む。

[0064] 図１１に光送信器部の構成例を示す。

ＷＤＭ光源、Ｎｘ Ｍ光スイッチ、変調器アレイ、光カプラから構成される。

ＷＤＭ光源から送出された波長は、Ｎｘ Ｍ光スイッチにより所望の行先を示す波長組合せを通過させ、それ以外の波長はブロックされる。

[0065] Ｎｘ Ｍ光スイッチを通過した波長は変調器アレイに到達し、変調器アレイは波長を変調しデータをのせ、光カプラへと波長を送出する。

送出された波長は光カプラにより波長多重され、計算ノードの外部へと送出される。

本構成は、図９・１０の構成と比べてＮｘ Ｍ光スイッチが追加で必要となるが、変調器アレイの数をＭ(＜Ｎ)に削減可能である。

なお、光スイッチの消光比への要求緩和のために、ＷＤＭ光源とＮｘ Ｍスイッチとの間に、光ブロッカーアレイを備えても良い。

[0066] 図１２に光送信器部の構成例を示す。

ＷＤＭ光源、Ｎｘ Ｍ光スイッチ、変調器アレイ、Ｍｘ Ｎ光スイッチ、光合波器から構成される。

[0067] 本構成は、図１１の構成と比べてＭｘＮ光スイッチが追加で必要となるが、Ｍが大きい際に光カプラのロスが大きくなるのに比べ、ＡＷＧ等の光合波器を用いることで合波にかかる光損失を削減可能である。

[0068] 図１３に多波長光源から波長多重光を配信する場合の光送信器部構成例を示す。

光分波器、光ブロッカーアレイ、変調器アレイ、および、光合波器から構成される。

[0069] 多波長光源から配信された波長多重光はまず光分波器で分波される。

分波された波長は、１波長ずつ光ブロッカーアレイに到着し、光ブロッカーアレイでは、所望の行先を示す波長組合せを通過させ、それ以外の波長をブロックする。

[0070] 光ブロッカーアレイを通過した波長は変調器アレイに到達し、変調器アレイは波長を変調しデータをのせ、光合波器へと波長を送出する。

送出された波長は光合波器により波長多重され、計算ノードの外部へと送出される。

各変調器アレイおよび光ブロッカーアレイには計算ユニット等からの入力がある。

[0071] この構成では、光送信器部に光源が不要となるため、光送信器部をシリコンフォトニクス技術のみで実現することも可能となり、低コスト化に有利であると考えられる。

[0072] 図１４に多波長光源から波長多重光を配信する場合の光送信器部構成例を示す。

光分波器、変調器アレイ、および、光合波器から構成される。

所望の波長以外は変調器によりブロックされる。

[0073] 本構成は図１３の構成と比べて、光ブロッカーがない分変調器の消光比が要求されるが、構成要素が少なく済む。

[0074] 図１５に多波長光源からの波長多重光配信を利用する場合の光送信器部構成例を示す。

光分波器、ＮｘＭ光スイッチ、変調器アレイ、光カプラから構成される。

多波長光源から配信された波長は、光分波器により分波された後、ＮｘＭ光スイッチにより所望の行先を示す波長組合せを通過させ、それ以外の波長はブロックされる。

[0075] 光ブロッカーアレイを通過した波長は変調器アレイに到達し、変調器アレイは波長を変調しデータをのせ、光カプラへと波長を送出する。送出された波長は光カプラにより波長多重され、計算ノードの外部へと送出される。

[0076] 本構成は、図１３・１４の構成と比べてＮｘＭ光スイッチが必要となるが、変調器アレイの数をＭ(＜Ｎ)に削減可能である。

なお、光スイッチの消光比への要求緩和のために、ＷＤＭ光源とＮｘＭスイッチとの間に、光ブロッカーアレイを備えても良い。

[0077] 図１６に多波長光源から波長多重光を配信する場合の光送信器部構成例を示す。

光分波器、ＮｘＭ光スイッチ、変調器アレイ、ＭｘＮ光スイッチ、光合波器から構成される。

[0078] 本構成は、図１５の構成と比べてＭｘＮ光スイッチが追加で必要となるが、Ｍが大きい際に光カプラのロスが大きくなるのに比べ、ＡＷＧ等の光合波器を用いることで合波にかかる光損失を削減可能である。

[0079] 図１７に光受信器部構成例を示す。

光分波器と光受信器アレイとから構成される。

[0080] 他の計算ノードから波長多重信号として送出された光信号は、インターコネクト網で光スイッチを介して光受信器部の光分波器へと入力される。

光分波器で１波長ずつに分波されたのちに、光受信器アレイへと入力される。

受信器のアレイ数はＮである。

[0081] 光信号受信後、所望のＭ波長分の信号の抽出を電気領域で行う。

受信信号は計算ユニット等へと接続される。

[0082] 図１８に光受信器部構成例を示す。

光分波器、ＮｘＭ光スイッチ、光受信器アレイから構成される。

ＮｘＭ光スイッチにより、自計算ノードを示す波長組合せが光受信器アレイへと接続される。

[0083] 本構成は、図１７の構成と比べてＮｘＭ光スイッチが追加で必要となるが、光受信器アレイの数をＭ(＜Ｎ)に削減可能である。

また、所望のＭ波長分の信号の抽出を光領域で行う構成である。

[0084] ＮｘＭ光スイッチの設定は、各計算ノードを示す波長組合せが割り振られた時に行われる。

その後、波長組合せの割当が変わらない限り、光スイッチの設定は変更不要である。

[0085] 図１９に多波長光源からの波長多重光を利用してコヒーレント受信を行う場合の光受信器部構成例を示す。

光分波器、ミキサーアレイ(次数Ｎ)、光受信器アレイから構成される。

[0086] 多波長光源から配信される波長多重光と他の計算ノードから送られてくる信号光とをミキサーアレイ部にて干渉させ、コヒーレント受信を行う。光信号受信後、所望のＭ波長分の信号の抽出を電気領域で行う。

[0087] 図２０に光スイッチ制御部構成例を示す。

光分波器(Ｋ)、光受信器アレイ(Ｎ)(光受信器アレイの総次数ＫＮ。ただし、Ｋは当該光スイッチおよび光スイッチ制御部が収容する計算ノード数)、制御回路から構成される。

計算ノードから送出される波長多重された光信号が、光分波器へと入力される。

[0088] 分波された波長は光受信器アレイに入力され、光パワーを観測される。

観測された光パワーにより、各計算ノードから送出される波長の組合せを判別し、対応する光スイッチの制御を制御回路により行う。

なお、ここで使用する光受信器は光パワーをモニタできればよく、光信号からデータを受信する必要はない。

[0089] 図２１に光スイッチ制御部構成例を示す。

光分波器、光スイッチ、光受信器、制御回路から構成される。

光スイッチは１つでも良いし、複数に分割されていても良い。

また、光受信器は１つでも良いし、複数を使用しても良い。

[0090] 光スイッチを用いて、光受信器と接続する光分波器出力ポートとを順次切り替えて、入力波長パターンを識別する。

[0091] 本構成は図２０と比べて、光スイッチが追加で必要となるが、必要となる光受信器の数を削減可能である。

[0092] 図２２に複数の光スイッチを用いる場合の提案する光パススイッチシステムの構成例を示す。

[0093] 図１に示した、複数の計算ノードと光スイッチと光スイッチ制御部の構成間を、ラック間光スイッチにより接続する。

[0094] ラック内光スイッチとラック間光スイッチとの階層型構成にすることで、ラック内光スイッチのポート数が限られる場合でも接続計算ノード数を増加可能となる。

[0095] ラック間光スイッチはラック間光スイッチ制御部により制御される。

ラック間光スイッチ制御部へは、各ラック内の光スイッチ制御部から接続要求情報を送出する、あるいは、各計算ノードの光信号をモニタしても良い。

産業上の利用可能性

[0096] 本発明は、データセンターやハイパフォーマンスコンピュータなどのインターコネクト網において利用される。

符号の説明

[0097] １ 光スイッチ

２ 光スイッチ制御部

３ 計算ノード

４ 多波長光源

５ 光送信器部

６ 光受信器部

７　ＷＤＭ光源

８　光ブロッカーアレイ

９、９ｂ　変調器アレイ

１０　光合波器

１１　ＮｘＭ光スイッチ

１２　ＭｘＮ光スイッチ

１３　光カプラ

１４　光分波器

１５、１５ｂ　光受信器アレイ

１６　ミキサーアレイ

１７　光受信器アレイ

１８　制御回路

１９　光受信器

２０　光スイッチ制御部内光スイッチ制御線

２１　ラック間光スイッチ

２２　ラック間光スイッチ制御部

請求の範囲

[請求項1] データ信号をやり取りする複数の計算ノードを相互接続する波長多重伝送路の光パス(行路)を制御する光スイッチと光スイッチ制御部とから構成され(以下ラックと呼ぶ)、

前記計算ノードは多波長光源(次数Ｎ、Ｎは２以上の自然数、以下同じ)と光送信器部と光受信器部を備え、

前記光送信器部は前記多波長光源が出力する前記データ信号の送信先に対応するＭ波長(Ｍは２以上の自然数であってＭ＜Ｎを満たす)に前記データ信号を重畳した光信号を前記波長多重伝送路に送出し、

前記光スイッチ制御部は前記送出された前記Ｍ波長から前記送信先を判別して当該送信先に送信し得る光パスを設定すること特徴とする光パススイッチシステム。

[請求項2] さらに波長多重光を配信しうる多波長光源(Ｎ)(以下波長バンクと呼ぶ)を備え、

前記各計算ノードに備わる多波長光源に代わって前記各計算ノードに波長多重光を配信する事を特徴とする請求項１に記載する光パススイッチシステム。

[請求項3] さらに前記光スイッチ制御部は、前記計算ノード(以下送信計算ノードと呼ぶ)とその送信先の計算ノード(以下受信計算ノードと呼ぶ)を当該受信計算ノードからのデータ信号を前記送信計算ノードに送信し得る双方向通信可能な光パスを適宜設定することを特徴とする請求項１乃至請求項２のいずれか１項に記載の光パススイッチシステム。

[請求項4] 前記受信計算ノードに前記送信計算ノード以外の双方向通信可能な光パスが既に設定されている場合に、前記送信計算ノードでは所定時間以内に前記受信計算ノードからのデータ信号が届かないことを以て前記受信計算ノードへの前記データ信号の送信を止めることを特徴とする請求項３に記載の光パススイッチシステム。

[請求項5] 前記送信計算ノードは前記所定時間以内にデータ信号を前記光スイ

ッチ制御部へ送出し続け(接続要求と呼ぶ)、前記光スイッチ制御部が前記受信計算ノードとの間に双方向通信を設定可能とすることを特徴とする請求項３に記載の光パススイッチシステム。

[請求項6] 前記受信計算ノードに設定された前記送信計算ノードとの間に設定された前記双方向通信を行う光パスが解放された場合において、

前記光スイッチ制御部は、その後所定の制御周期が経過するまでは前記受信計算ノードの接続要求を優先して双方向通信可能な光パスを設定することを特徴とする請求項５に記載の光パススイッチシステム。

[請求項7] 前記光送信器部はさらに光ブロッカーアレイ(Ｎ)と変調器アレイ(Ｎ)と光合波器を備え、

前記光ブロッカーアレイは前記多波長光源から出力された波長から前記Ｍ波長を選択し、

前記変調器アレイは前記選択されたＭ波長に当該データ信号を重畳して、

前記光合波器は当該データ信号が重畳された当該Ｍ波長を波長多重した光信号を前記波長多重伝送路に送出することを特徴とする請求項１に記載の光パススイッチシステム。

[請求項8] 前記光送信器部はさらにＮｘＭ光スイッチと変調器アレイ(Ｍ)と光カプラを備え、

前記ＮｘＭ光スイッチは前記多波長光源から出力された波長から前記Ｍ波長を選択し、

前記変調器アレイは前記選択されたＭ波長に当該データ信号を重畳して、

前記光カプラは当該データ信号が重畳された当該Ｍ波長を波長多重した光信号を前記波長多重伝送路に送出することを特徴とする請求項１に記載の光パススイッチシステム。

[請求項9] 前記光送信器部はさらに光分波器と光ブロッカーアレイ(Ｎ)と変調

器アレイ（Ｎ）と光合波器を備え、

前記光分波器は前記波長バンクから配信されたＮ波長をＮ個の波長に分波し、

前記光ブロッカーアレイは前記分波されたＮ波長から前記Ｍ波長を選択し、

前記変調器アレイは前記選択されたＭ波長に当該データ信号を重畳して、

前記光合波器は当該データ信号が重畳された当該Ｍ波長を波長多重した光信号を前記波長多重伝送路に送出することを特徴とする請求項２に記載の光パススイッチシステム。

[請求項10] 前記光送信器部はさらに光分波器とＮｘＭ光スイッチと変調器アレイ（Ｍ）と光カプラを備え、

前記光分波器は前記波長バンクから配信されたＮ波長をＮ個の波長に分波し、

前記ＮｘＭ光スイッチは前記分波されたＮ波長から前記Ｍ波長を選択し、

前記変調器アレイは前記選択されたＭ波長に当該データ信号を重畳して、

前記光カプラは当該データ信号が重畳された当該Ｍ波長を波長多重した光信号を前記波長多重伝送路に送出することを特徴とする請求項２に記載の光パススイッチシステム。

[請求項11] 前記光受信器部はさらに光受信器アレイ（Ｎ）と光分波器を備え、

前記光分波器は前記波長多重伝送路から受信した前記Ｍ波長の光信号を波長毎に分波し、

前記光受信器アレイは前記分波された波長から前記重畳されたデータ信号を受信し、その後、電気領域にて前記光受信器アレイ（Ｎ）から前記Ｍ波長分の信号を抽出することを特徴とする請求項１または請求項２のいずれか１項に記載の光パススイッチシステム。

[請求項12] 前記光受信器部はさらに光受信器アレイ(M)と光分波器とＭｘＮ光スイッチを備え、

前記光分波器は前記波長多重伝送路から受信した前記M波長の光信号を波長毎に分波し、

前記ＭｘＮ光スイッチは前記光分波器のＮ入力から前記M波長を選択し、

前記光受信器アレイは前記選択された前記M波長から前記重畳されたデータ信号を抽出することを特徴とする請求項１または請求項２のいずれか１項に記載の光パススイッチシステム。

[請求項13] 前記受信部はさらに光分波器とミキサーアレイ(Ｎ)と光受信器アレイを備え、

前記波長バンクから配信される波長多重光と前記波長多重伝送路から受信した前記信号光とを前記ミキサーアレイにて干渉させコヒーレント受信して前記重畳されたデータ信号を前記光受信器アレイにて受信し、その後、電気領域にて前記受信アレイ(Ｎ)から前記M波長分の信号を抽出することを特徴とする請求項２に記載の光パススイッチシステム。

[請求項14] 前記光スイッチ制御部はさらに光受信器アレイ(Ｎ)を備えた複数(Ｋ)の光分波器と(光受信器アレイの総次数ＫＮ、ただし、Ｋは前記光スイッチ制御部及び前記光スイッチが収容する計算ノード数、以下同じ)と制御回路を備え、

前記各光信号はそれぞれ前記光分波器でＮ個の波長に分波され光受信器アレイに入力されて光パワーが観測され、

前記制御回路は当該観測されたM個の波長の組み合わせにより当該信号の当該送信先を判別し、

当該判別に基づいて当該光信号の光パスを設定して制御することを特徴とする請求項１または請求項２のいずれか１項に記載の光パススイッチシステム。

[請求項15] 前記光スイッチ制御部はさらに光受信器アレイ(N)を備えた複数(K)の光分波器と光スイッチと制御回路を備え、

前記各光信号はそれぞれ前記光分波器でN個の波長に分波され前記光スイッチにより順次前記光受信器に入力されて光パワーが観測され、

前記制御回路は当該観測されたM個の波長の組み合わせにより当該信号の当該送信先を判別し、

当該判別に基づいて当該光信号の光パスを設定して制御することを特徴とする請求項１または請求項２のいずれか１項に記載の光パススイッチシステム。

[請求項16] 請求項１１に記載するラックを複数と各前記ラックに接続されたラック間光スイッチとそれらを制御するラック間光スイッチ制御部を備え、

前記光信号を受信すべき受信計算ノードが当該ラックに存在しない場合には、当該接続要求を前記ラック間光スイッチ制御部に送信し、

前記ラック間光スイッチ制御部は、前記光信号に含まれる当該M波長に基づいて、当該M波長を受信すべき他のラックの受信計算ノードを含むラック間光スイッチに送信し、

異なる前記ラック間の前記計算ノード間において前記データ信号のやり取りを可能としたこと特徴とする光パススイッチシステム。

[請求項17] 光スイッチと光スイッチ制御部を用いたデータ信号をやり取りする複数の計算ノードを相互接続する波長多重伝送路の光パス(行路)制御方法であって、

前記計算ノードは多波長光源(次数N、Nは２以上の自然数、以下同じ)と光送信器部と光受信器部を備え、

前記光送信器部は前記多波長光源が出力する前記データ信号の送信先に対応するM波長(Mは２以上の自然数であってM＜Nを満たす)に前記データ信号を重畳した光信号を前記波長多重伝送路に送出し、

前記光スイッチ制御部は前記送出された前記M波長から前記送信先を判別して当該送信先に送信し得る光パスを設定すること特徴とする波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項18] さらに波長多重光を配信しうる多波長光源(N)(以下波長バンクと呼ぶ)を用い、

前記各計算ノードに備わる多波長光源に代わって前記各計算ノードに波長多重光を配信する事を特徴とする請求項１７に記載する波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項19] さらに前記光スイッチ制御部は、前記計算ノード(以下送信計算ノードと呼ぶ)とその送信先の計算ノード(以下受信計算ノードと呼ぶ)を当該受信計算ノードからのデータ信号を前記送信計算ノードに送信し得る双方向通信可能な光パスを適宜設定することを特徴とする請求項１７乃至請求項１８のいずれか１項に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項20] 前記受信計算ノードに前記送信計算ノード以外の双方向通信可能な光パスが既に設定されている場合に、前記送信計算ノードでは所定時間以内に前記受信計算ノードからのデータ信号が届かないことを以て前記受信計算ノードへの前記データ信号の送信を止めることを特徴とする請求項１９に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項21] 前記送信計算ノードは前記所定時間以内にデータ信号を前記光スイッチ制御部へ送出し続け(接続要求と呼ぶ)、前記光スイッチ制御部が前記受信計算ノードとの間に双方向通信を設定可能とすることを特徴とする請求項１９に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項22] 前記受信計算ノードに設定された前記送信計算ノードとの間に設定された前記双方向通信を行う光パスが解放された場合において、

前記光スイッチ制御部は、その後所定の制御周期が経過するまでは前記受信計算ノードの接続要求を優先して双方向通信可能な光パスを設定することを特徴とする請求項２１に記載の波長多重伝送路の光パ

ス制御方法。

[請求項23] 前記光送信器部はさらに光ブロッカーアレイ（Ｎ）と変調器アレイ（Ｎ）と光合波器を備え、

前記光ブロッカーアレイは前記多波長光源から出力された波長から前記Ｍ波長を選択し、

前記変調器アレイは前記選択されたＭ波長に当該データ信号を重畳して、

前記光合波器は当該データ信号が重畳された当該Ｍ波長を波長多重した光信号を前記波長多重伝送路に送出することを特徴とする請求項１７に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項24] 前記光送信器部はさらにＮｘＭ光スイッチと変調器アレイ（Ｍ）と光カプラを備え、

前記ＮｘＭ光スイッチは前記多波長光源から出力された波長から前記Ｍ波長を選択し、

前記変調器アレイは前記選択されたＭ波長に当該データ信号を重畳して、

前記光カプラは当該データ信号が重畳された当該Ｍ波長を波長多重した光信号を前記波長多重伝送路に送出することを特徴とする請求項１７に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項25] 前記光送信器部はさらに光分波器と光ブロッカーアレイ（Ｎ）と変調器アレイ（Ｎ）と光合波器を備え、

前記光分波器は前記波長バンクから配信されたＮ波長をＮ個の波長に分波し、

前記光ブロッカーアレイは前記分波されたＮ波長から前記Ｍ波長を選択し、

前記変調器アレイは前記選択されたＭ波長に当該データ信号を重畳して、

前記光合波器は当該データ信号が重畳された当該Ｍ波長を波長多重

した光信号を前記波長多重伝送路に送出することを特徴とする請求項１８に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項26] 前記光送信器部はさらに光分波器とＮｘＭ光スイッチと変調器アレイ(Ｍ)と光カプラを備え、

前記光分波器は前記波長バンクから配信されたＮ波長をＮ個の波長に分波し、

前記ＮｘＭ光スイッチは前記分波されたＮ波長から前記Ｍ波長を選択し、

前記変調器アレイは前記選択されたＭ波長に当該データ信号を重畳して、

前記光カプラは当該データ信号が重畳された当該Ｍ波長を波長多重した光信号を前記波長多重伝送路に送出することを特徴とする請求項１８に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項27] 前記光受信器部はさらに光受信器アレイ(Ｎ)と光分波器を備え、

前記光分波器は前記波長多重伝送路から受信した前記Ｍ波長の光信号を波長毎に分波し、

前記光受信器アレイは前記分波された波長から前記重畳されたデータ信号を受信し、その後、電気領域にて前記光受信器アレイ(Ｎ)から前記Ｍ波長分の信号を抽出することを特徴とする請求項１７または請求項１８のいずれか１項に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項28] 前記光受信器部はさらに光受信器アレイ(Ｍ)と光分波器とＭｘＮ光スイッチを備え、

前記光分波器は前記波長多重伝送路から受信した前記Ｍ波長の光信号を波長毎に分波し、

前記ＭｘＮ光スイッチは前記光分波器のＮ入力から前記Ｍ波長を選択し、

前記光受信器アレイは前記選択された前記Ｍ波長から前記重畳されたデータ信号を抽出することを特徴とする請求項１７または請求項１

８のいずれか１項に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項29] 前記受信部はさらに光分波器とミキサーアレイ(Ｎ)と光受信器アレイを備え、

前記波長バンクから配信される波長多重光と前記波長多重伝送路から受信した前記信号光とを前記ミキサーアレイにて干渉させコヒーレント受信して前記重畳されたデータ信号を前記光受信器アレイにて受信し、その後、電気領域にて前記受信アレイ(Ｎ)から前記Ｍ波長分の信号を抽出することを特徴とする請求項１８に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項30] 前記光スイッチ制御部はさらに光受信器アレイ(Ｎ)を備えた複数(Ｋ)の光分波器と(光受信器アレイの総次数ＫＮ、ただし、Ｋは前記光スイッチ制御部及び前記光スイッチが収容する計算ノード数、以下同じ)と制御回路を備え、

前記各光信号はそれぞれ前記光分波器でＮ個の波長に分波され光受信器アレイに入力されて光パワーが観測され、

前記制御回路は当該観測されたＭ個の波長の組み合わせにより当該信号の当該送信先を判別し、

当該判別に基づいて当該光信号の光パスを設定して制御することを特徴とする請求項１７または請求項１８のいずれか１項に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

[請求項31] 前記光スイッチ制御部はさらに光受信器アレイ(Ｎ)を備えた複数(Ｋ)の光分波器と光スイッチと制御回路を備え、

前記各光信号はそれぞれ前記光分波器でＮ個の波長に分波され前記光スイッチにより順次前記光受信器に入力されて光パワーが観測され、

前記制御回路は当該観測されたＭ個の波長の組み合わせにより当該信号の当該送信先を判別し、

当該判別に基づいて当該光信号の光パスを設定して制御することを

特徴とする請求項１７または請求項１８のいずれか１項に記載の波長多重伝送路の光パス制御方法。

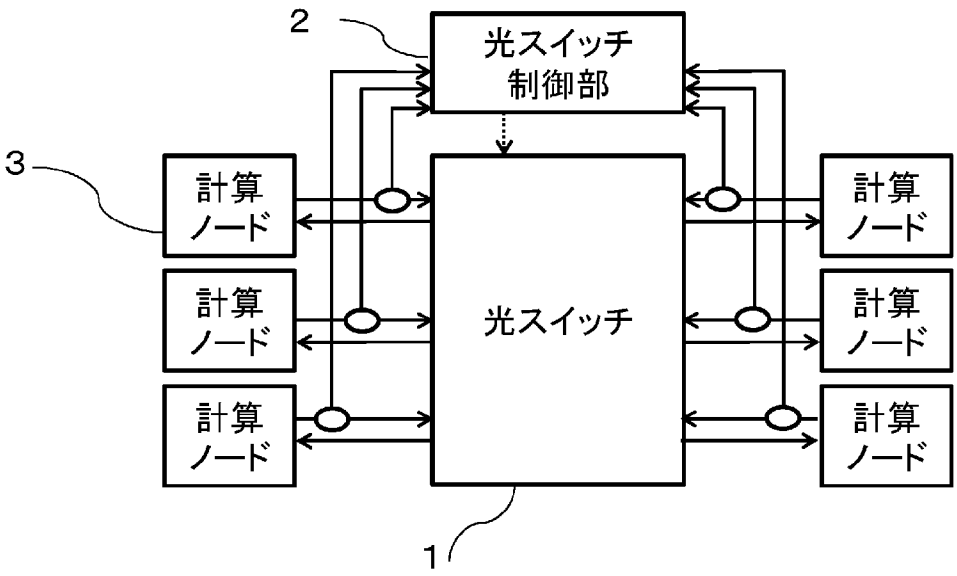
[請求項32] 請求項２７に記載するラックを複数と各前記ラックに接続されたラック間光スイッチとそれらを制御するラック間光スイッチ制御部を用い、

前記光信号を受信すべき受信計算ノードが当該ラックに存在しない場合には、当該接続要求を前記ラック間光スイッチ制御部に送信し、

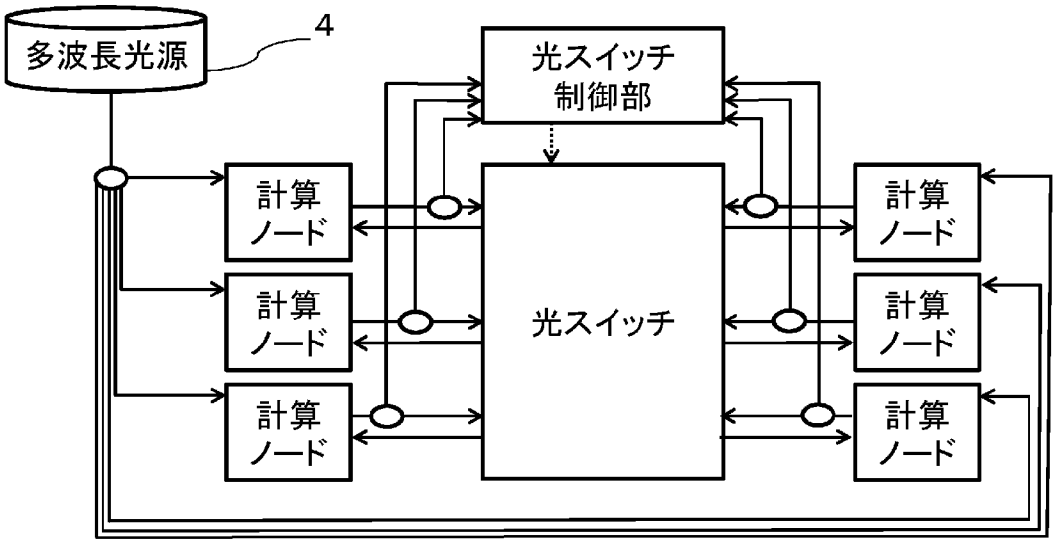
前記ラック間光スイッチ制御部は、前記光信号に含まれる当該M波長に基づいて、当該M波長を受信すべき他のラックの受信計算ノードを含むラック間光スイッチに送信し、

異なる前記ラック間の前記計算ノード間において前記データ信号のやり取りを可能としたこと特徴とする波長多重伝送路の光パス制御方法。

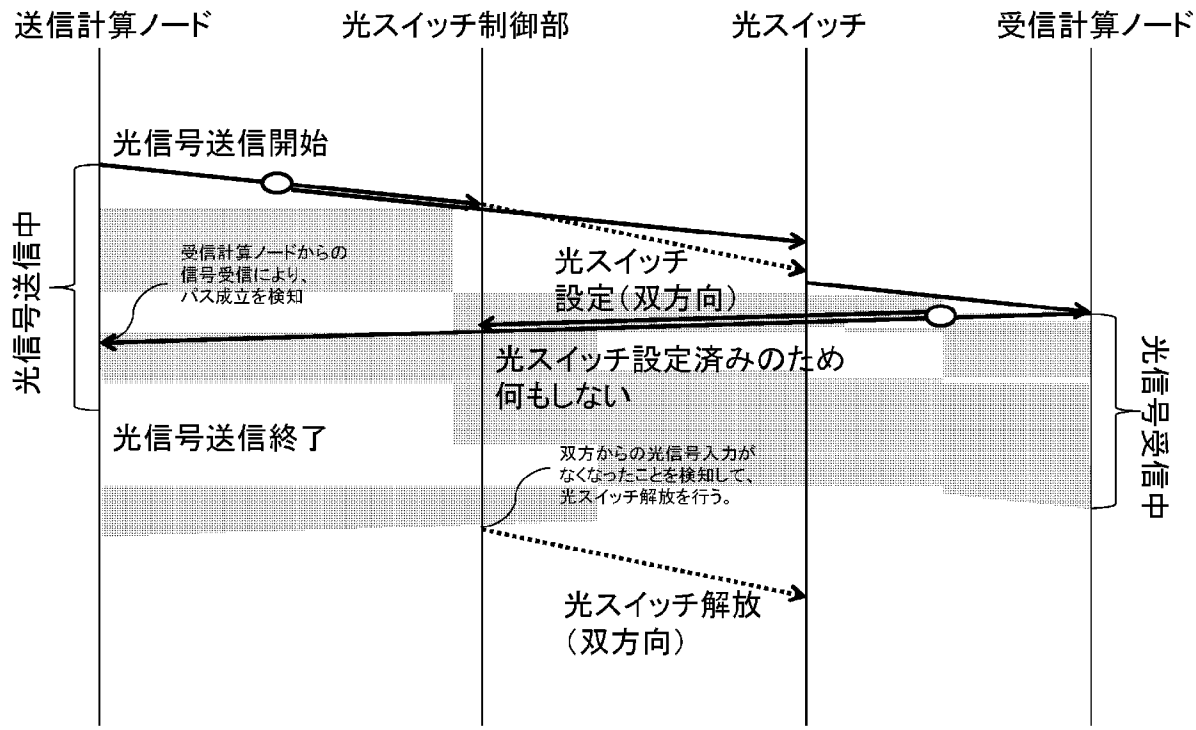
[図1]


2
光スイッチ
制御部
3
計算
ノード
計算
ノード
計算
ノード
光スイッチ
計算
ノード
計算
ノード
計算
ノード
1

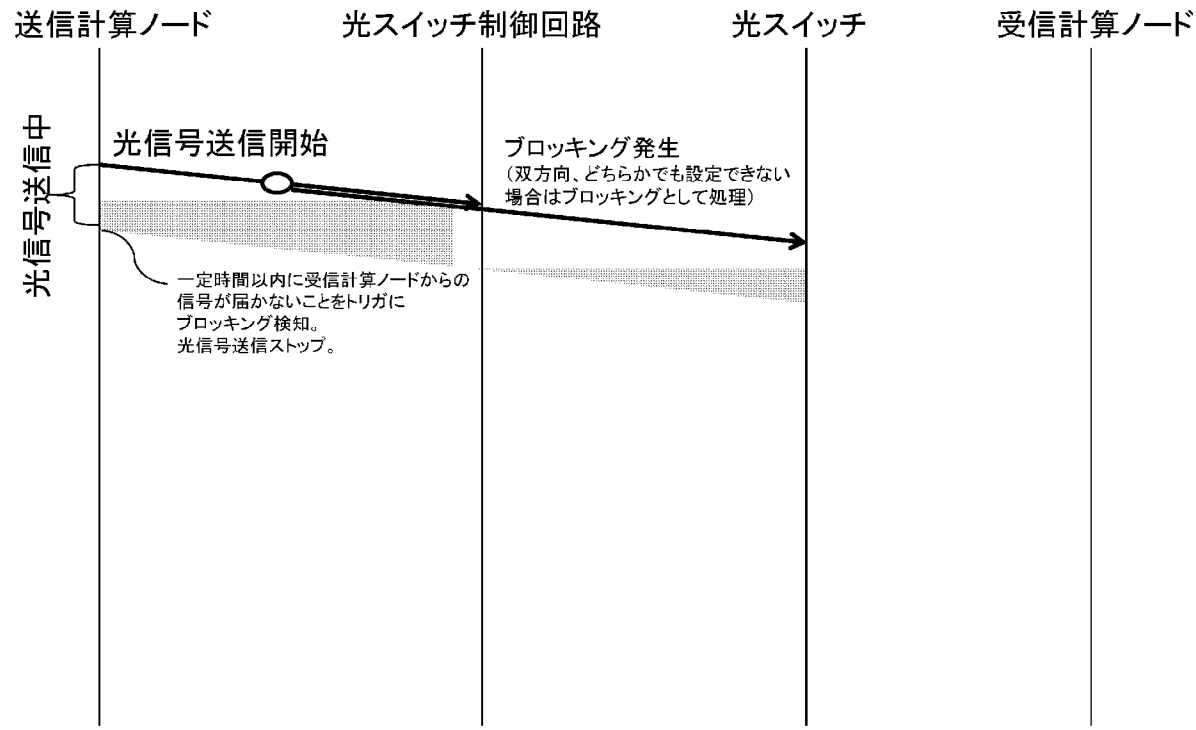
[図2]


多波長光源
4
光スイッチ
制御部
計算
ノード
計算
ノード
計算
ノード
光スイッチ
計算
ノード
計算
ノード
計算
ノード

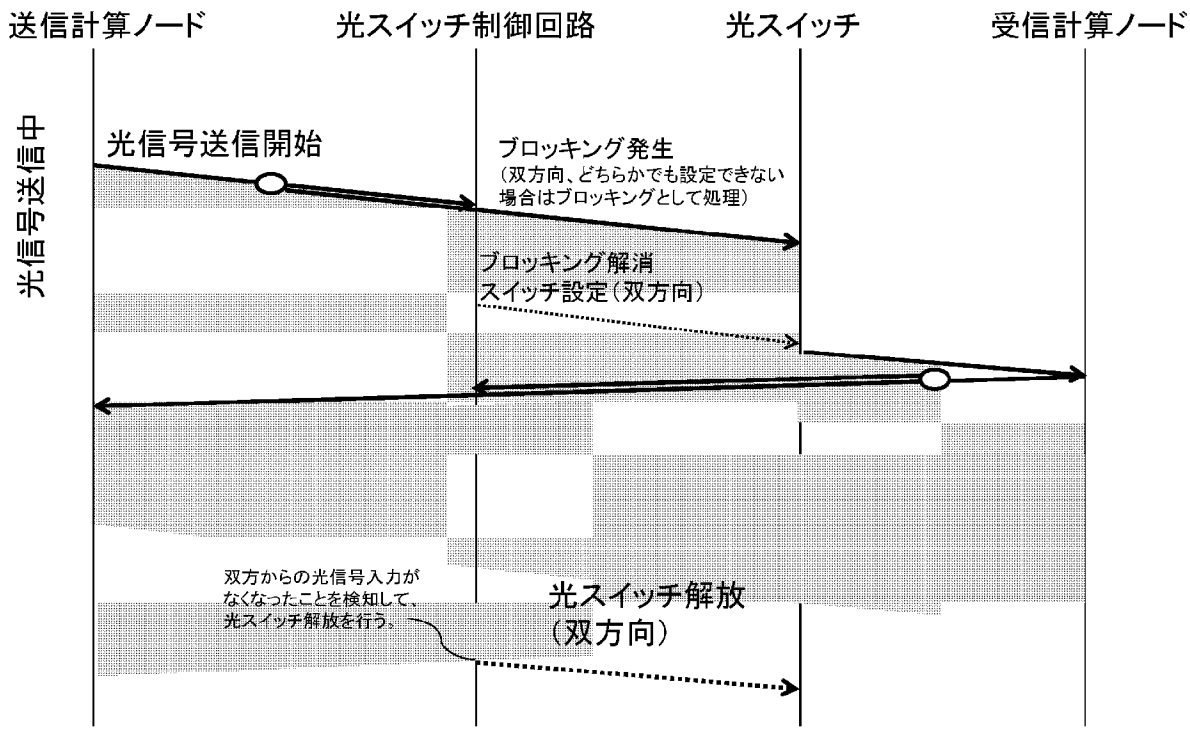
[図3]


送信計算ノード
光スイッチ制御部
光スイッチ
受信計算ノード
光信号送信開始
光信号送信中
受信計算ノードからの
信号受信により、
パス成立を検知
光スイッチ
設定（双方向）
光スイッチ設定済みのため
何もしない
光信号送信終了
光信号受信中
双方からの光信号入力が
なくなったことを検知して、
光スイッチ解放を行う。
光スイッチ解放
（双方向）

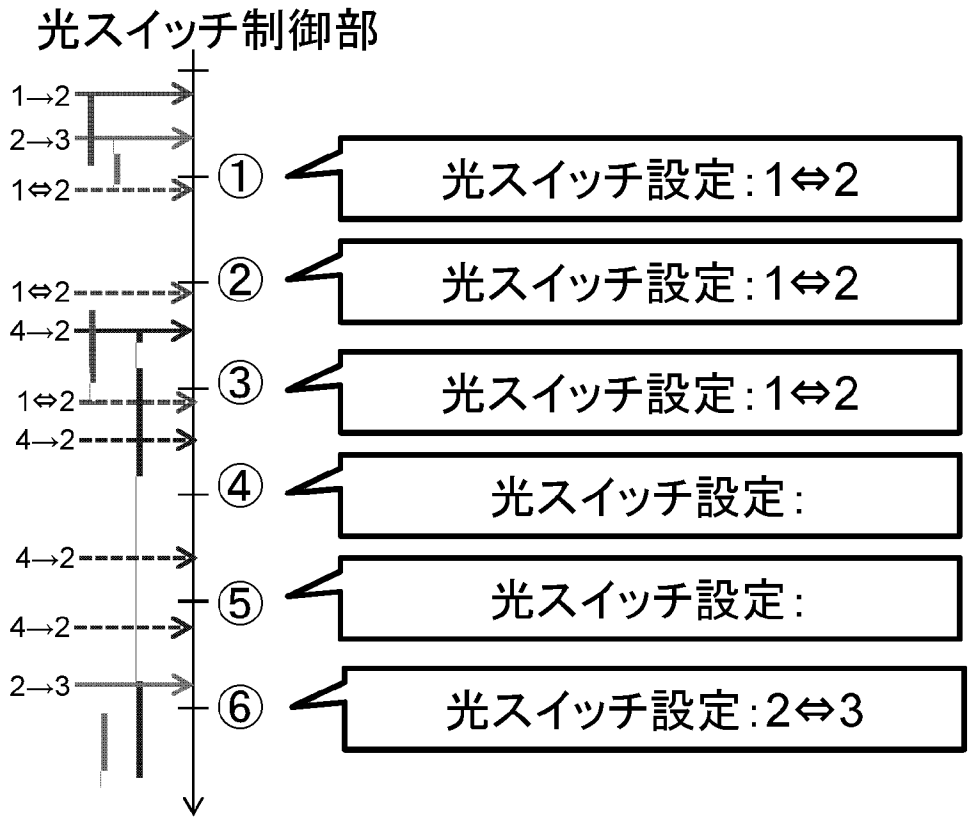
[図4]


送信計算ノード
光スイッチ制御回路
光スイッチ
受信計算ノード
光信号送信中
光信号送信開始
ブロッキング発生
（双方向、どちらかでも設定できない
場合はブロッキングとして処理）
一定時間以内に受信計算ノードからの
信号が届かないことをトリガに
ブロッキング検知。
光信号送信ストップ。

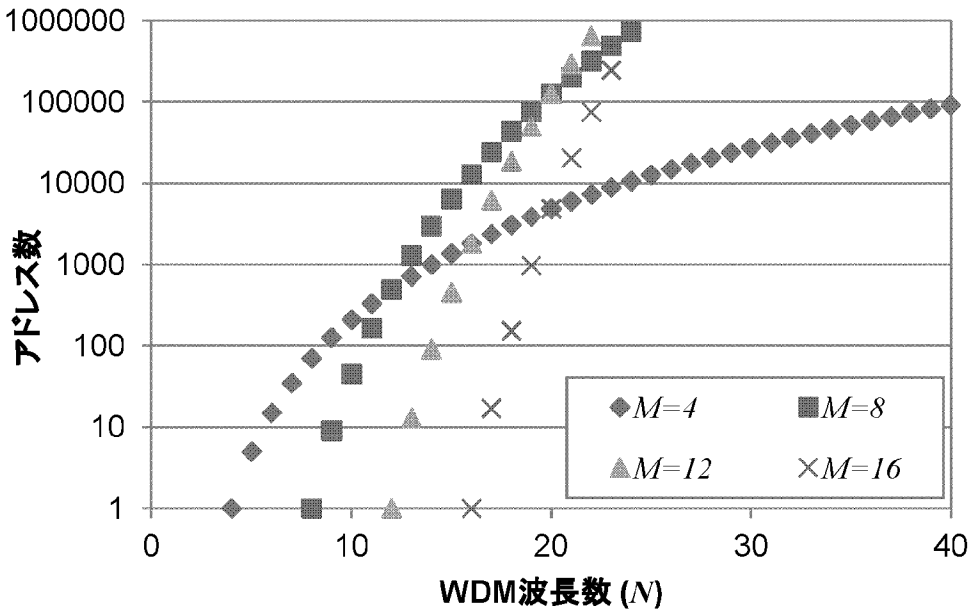
[図5]


送信計算ノード
光スイッチ制御回路
光スイッチ
受信計算ノード
光信号送信中
光信号送信開始
ブロッキング発生
（双方向、どちらかでも設定できない
場合はブロッキングとして処理）
ブロッキング解消
スイッチ設定（双方向）
双方からの光信号入力が
なくなったことを検知して、
光スイッチ解放を行う。
光スイッチ解放
（双方向）

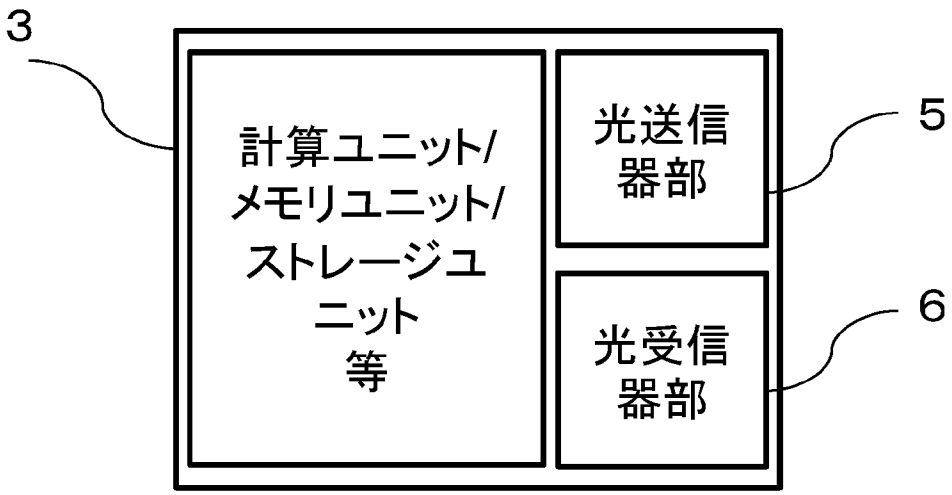
[図6]


光スイッチ制御部
1→2
2→3
1⇔2
①
光スイッチ設定：1⇔2
1⇔2
②
光スイッチ設定：1⇔2
4→2
1⇔2
③
光スイッチ設定：1⇔2
4→2
④
光スイッチ設定：
4→2
⑤
光スイッチ設定：
4→2
2→3
⑥
光スイッチ設定：2⇔3

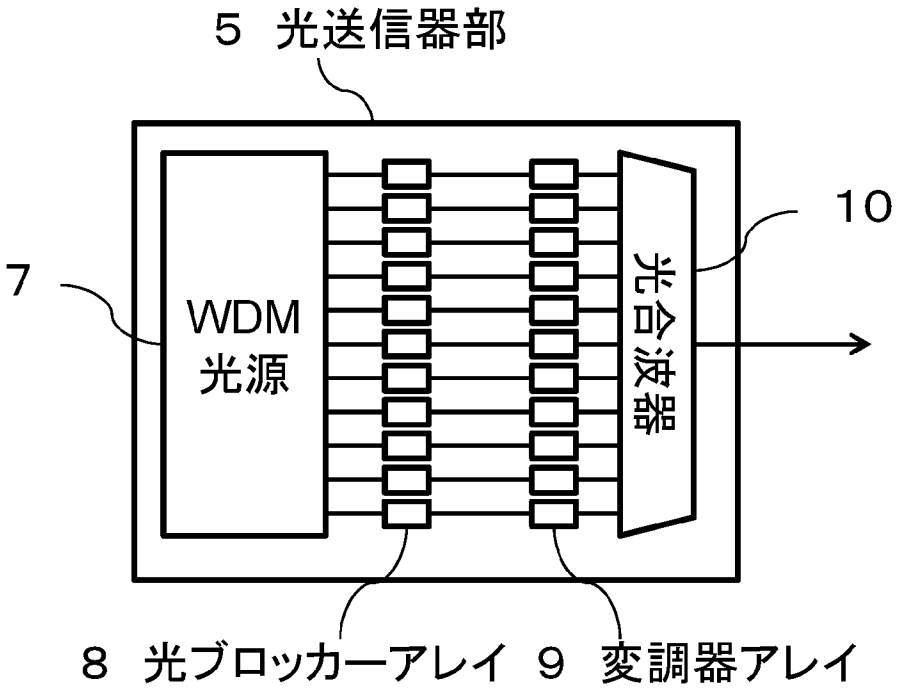
[図7]


1000000
100000
10000
1000
100
10
1
アドレス数
0
10
20
30
40
WDM波長数 (N)
M=4
M=8
M=12
M=16

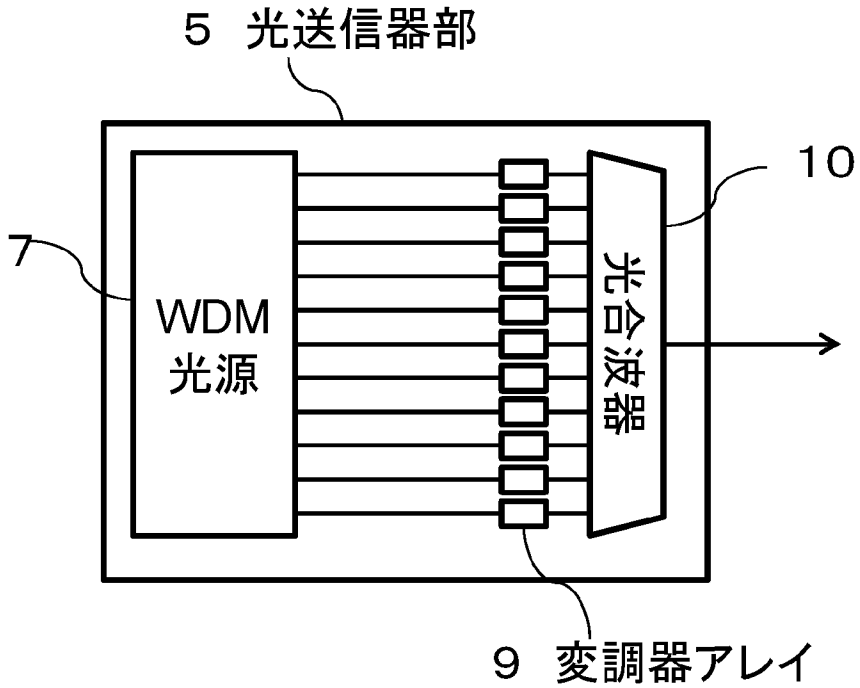
[図8]


3
計算ユニット/
メモリユニット/
ストレージユ
ニット
等
光送信
器部
5
光受信
器部
6

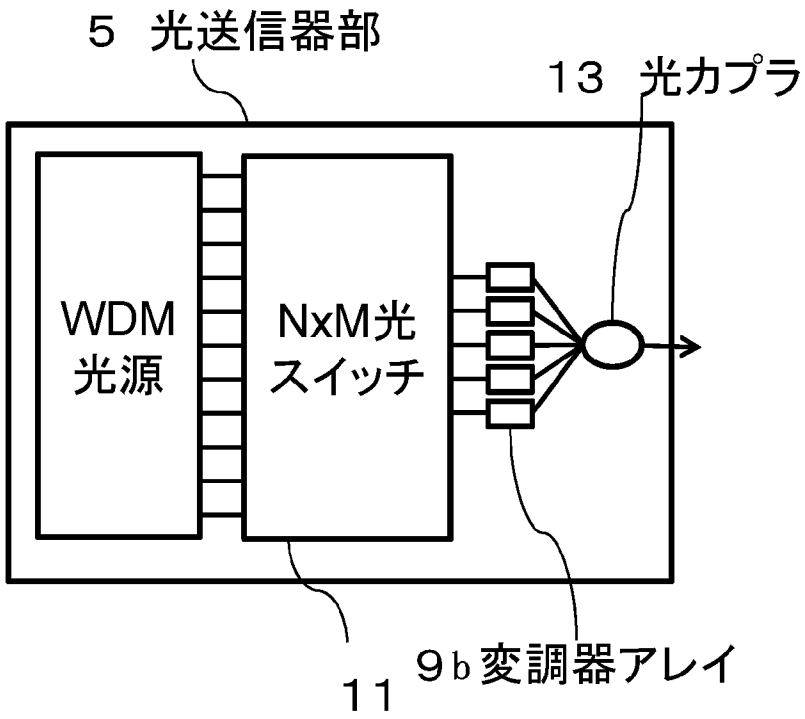
[図9]


5 光送信器部
7
WDM
光源
光合波器
10
8 光ブロッカーアレイ 9 変調器アレイ

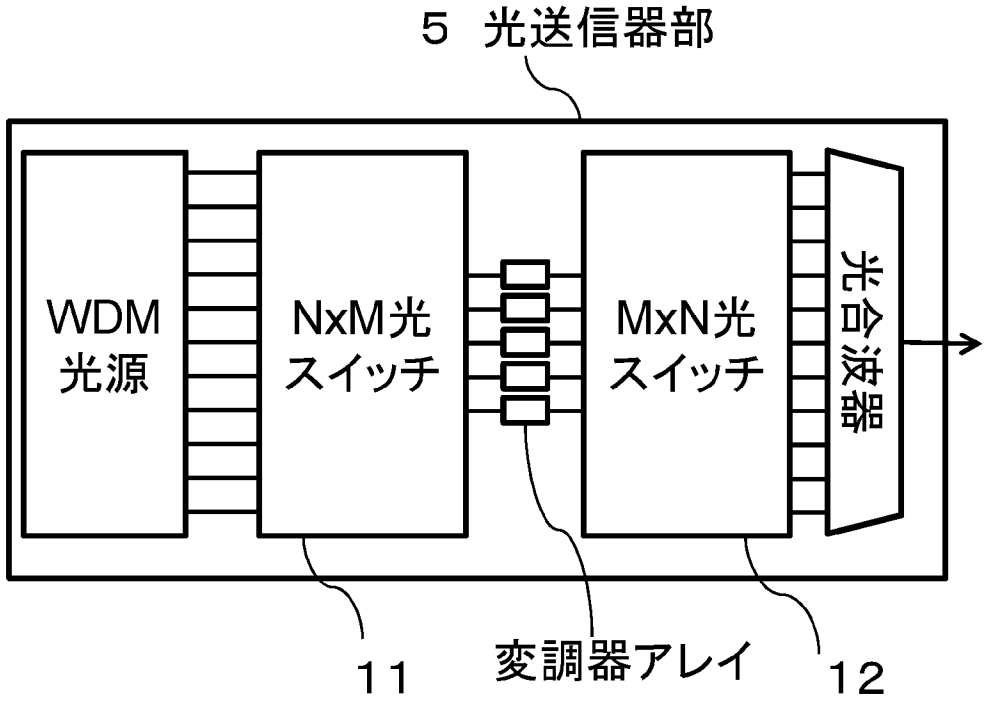
[図10]


5 光送信器部
7
WDM
光源
光合波器
10
9 変調器アレイ

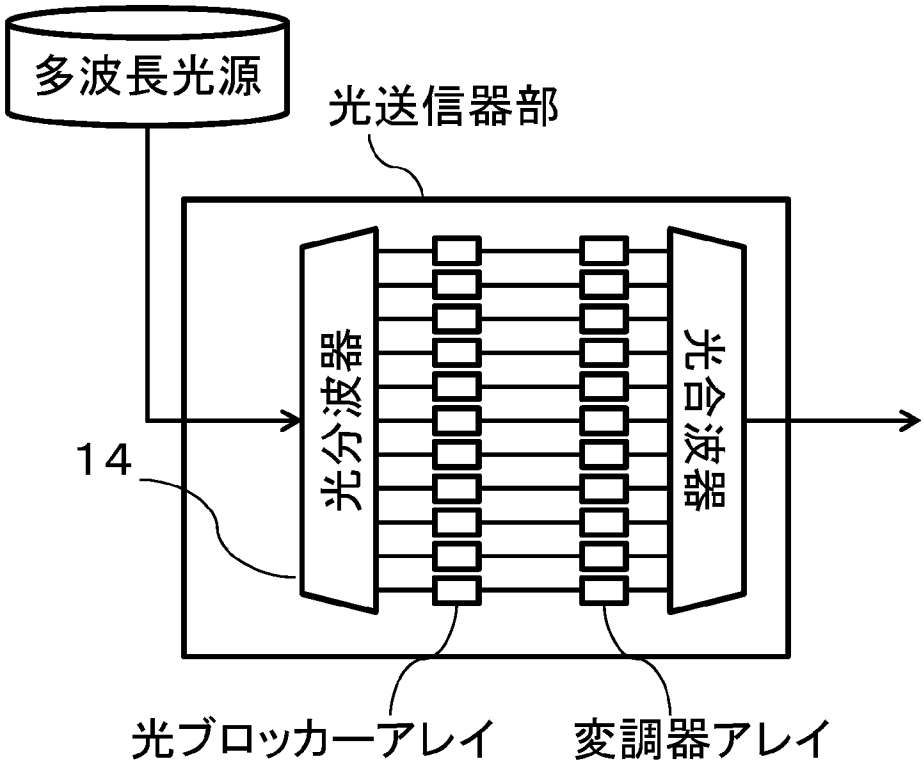
[図11]


5 光送信器部
13 光カプラ
WDM
光源
NxM光
スイッチ
11
9b 変調器アレイ

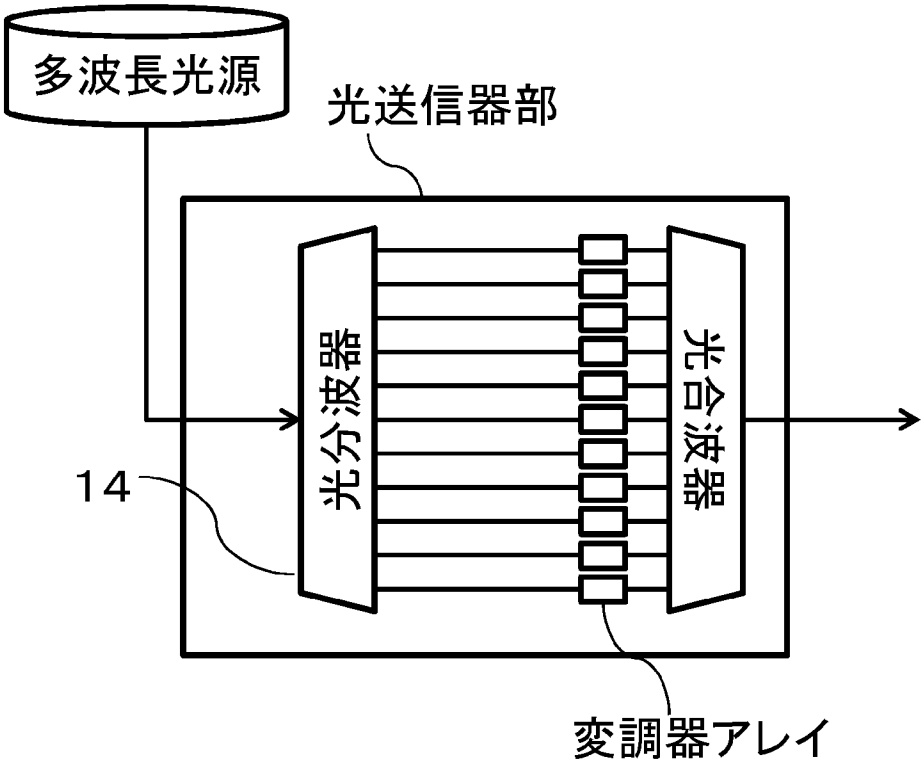
[図12]


5 光送信器部
WDM
光源
NxM光
スイッチ
MxN光
スイッチ
光合波器
11
変調器アレイ
12

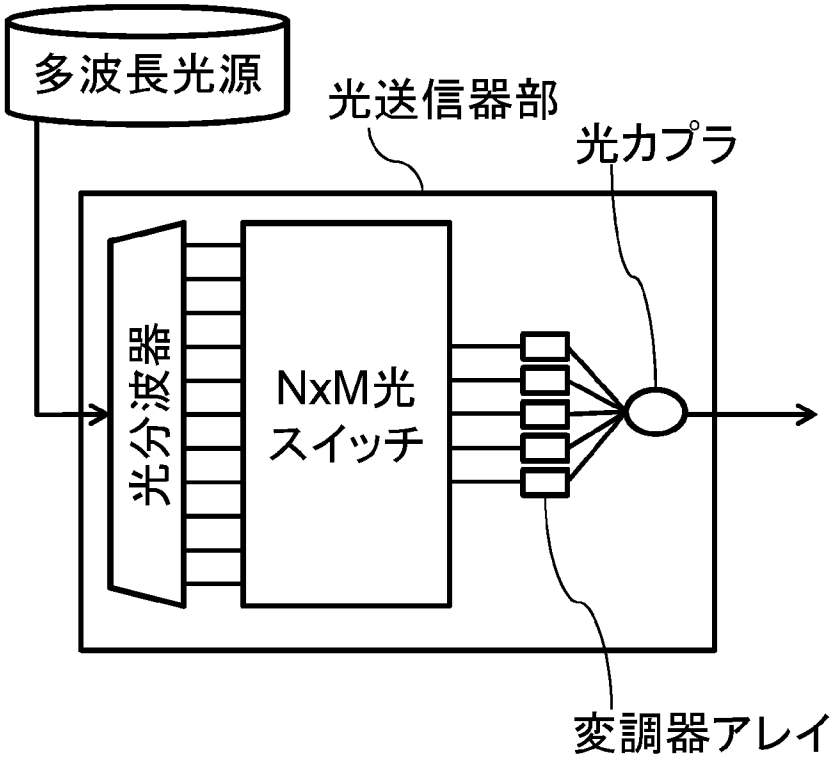
[図13]


多波長光源
光送信器部
光分波器
光合波器
14
光ブロッカーアレイ
変調器アレイ

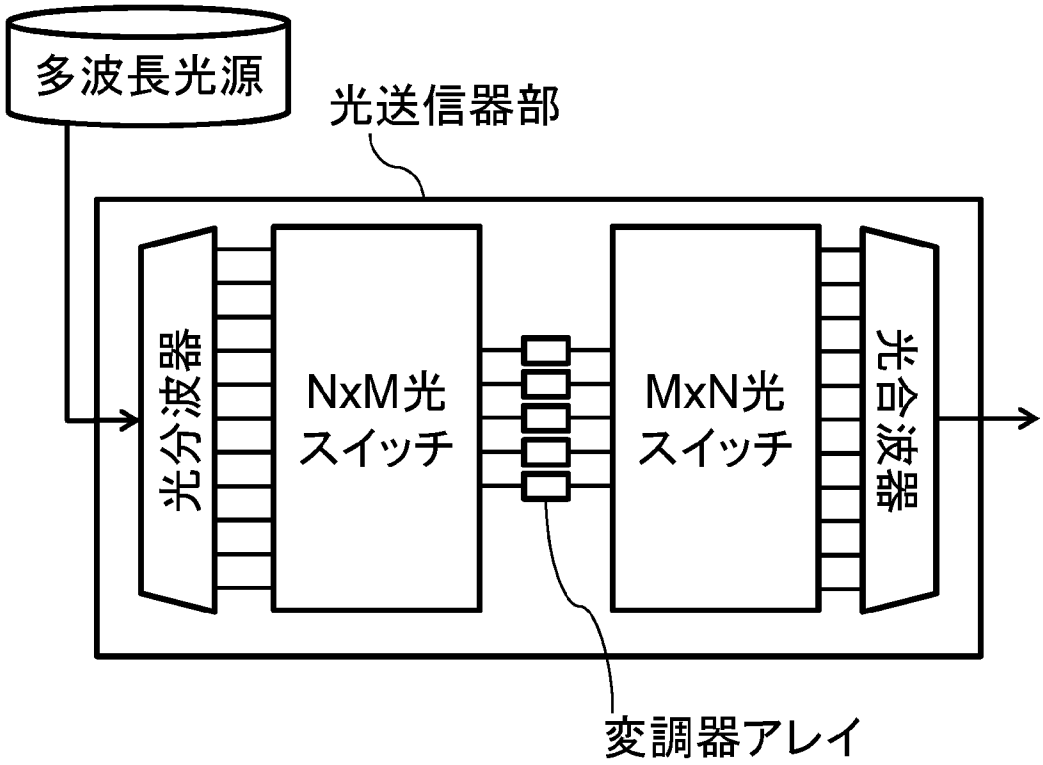
[図14]


多波長光源
光送信器部
光分波器
光合波器
14
変調器アレイ

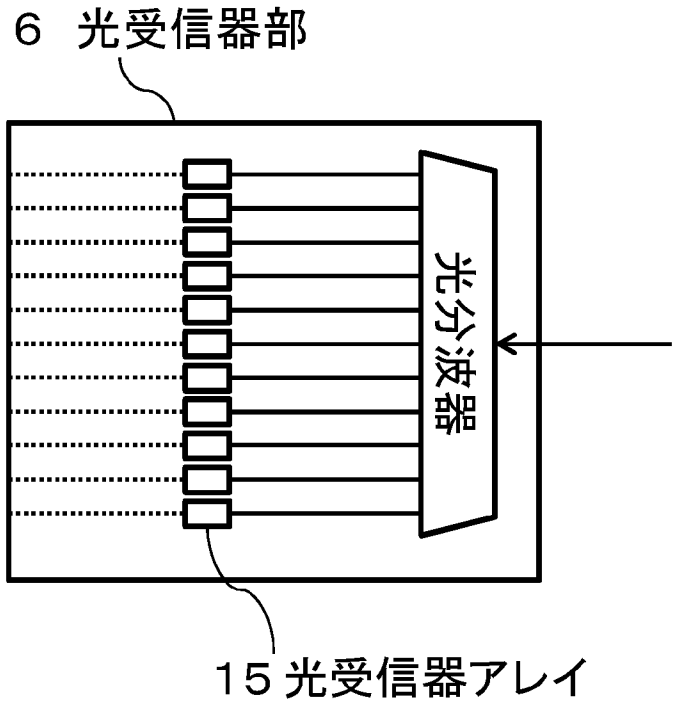
[図15]


多波長光源
光送信器部
光カプラ
光分波器
NxM光
スイッチ
変調器アレイ

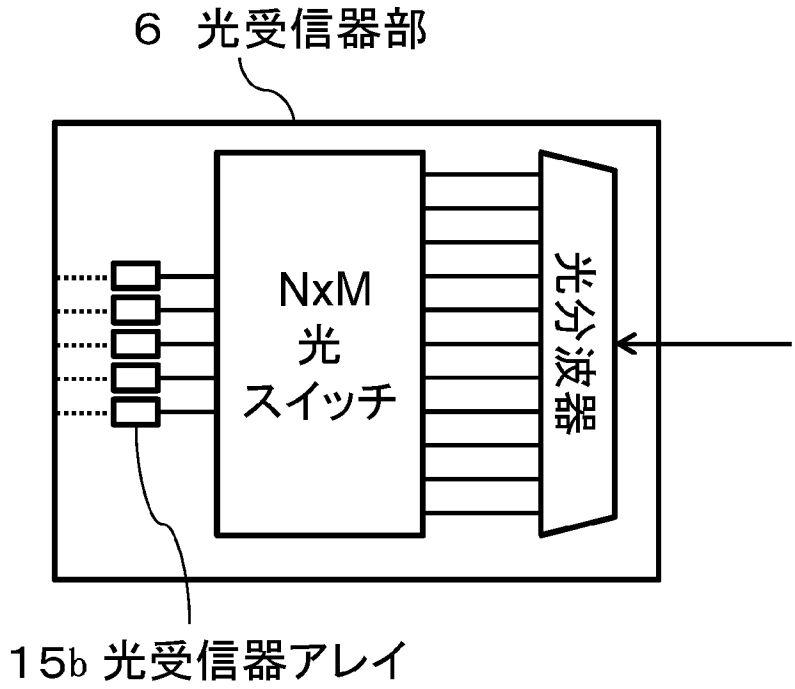
[図16]


多波長光源
光送信器部
光分波器
NxM光
スイッチ
MxN光
スイッチ
光合波器
変調器アレイ

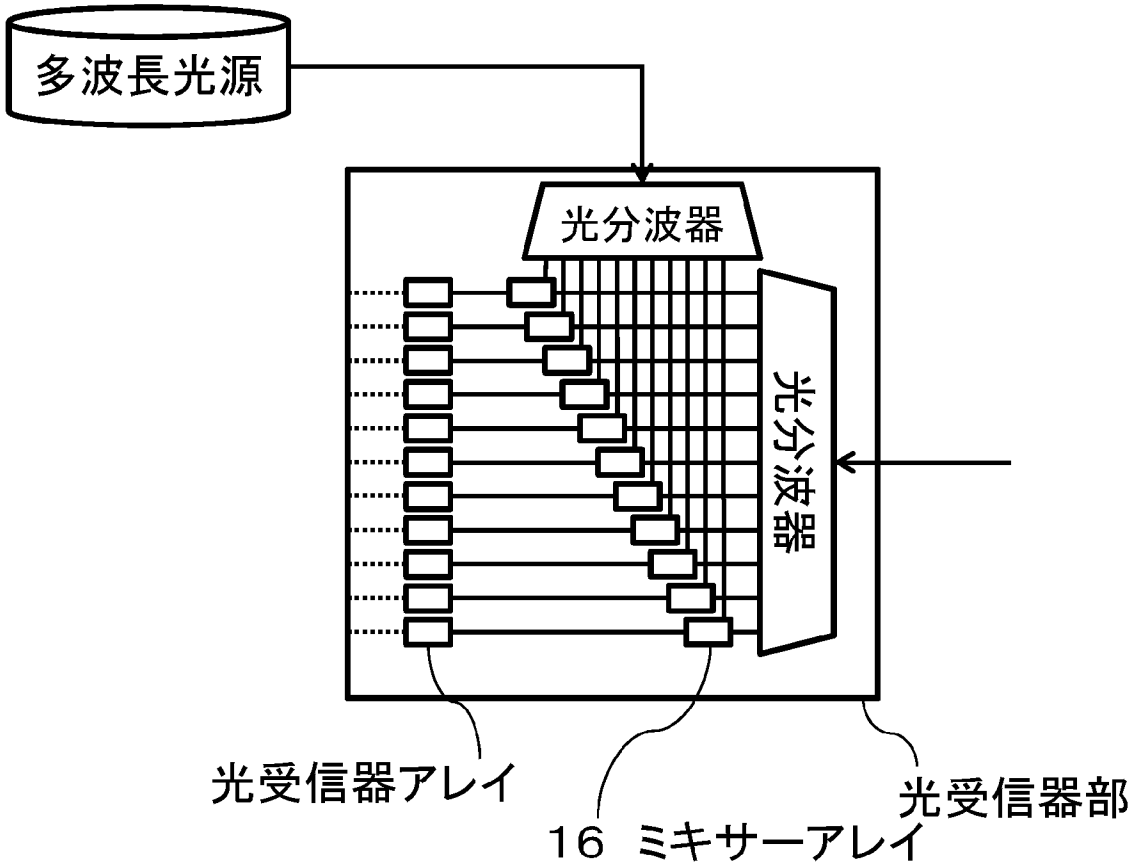
[図17]



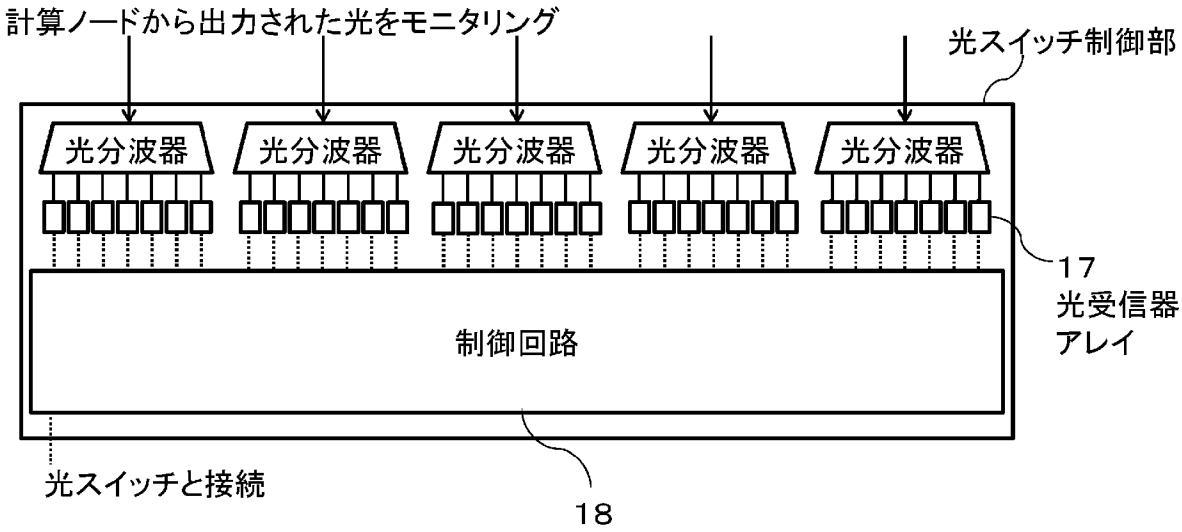
[図18]



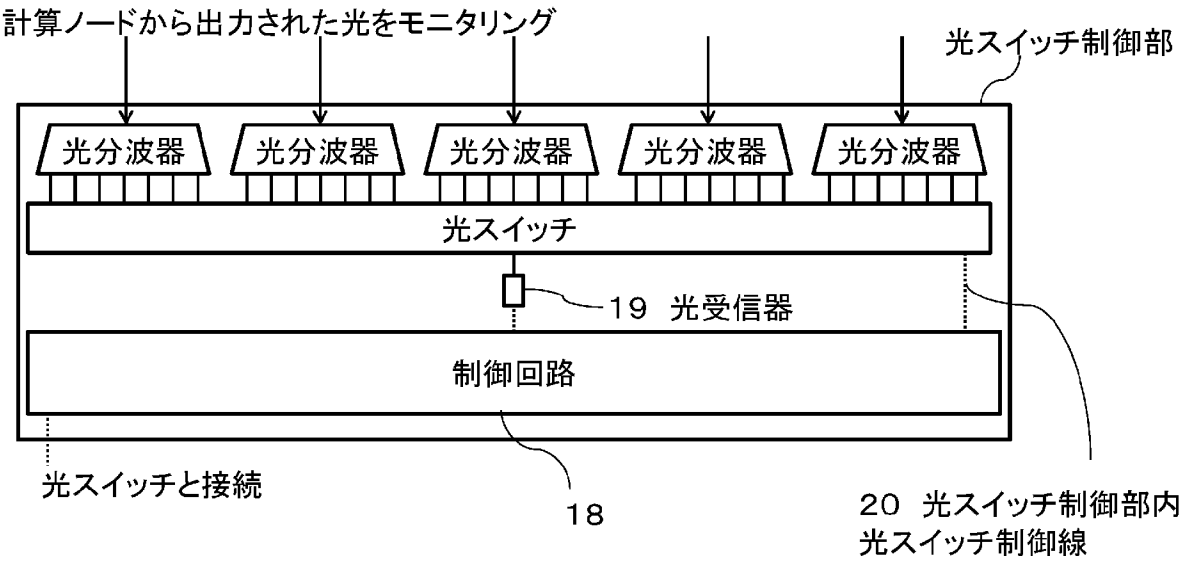
[図19]


多波長光源
光分波器
光分波器
光受信器アレイ
16 ミキサーアレイ
光受信器部

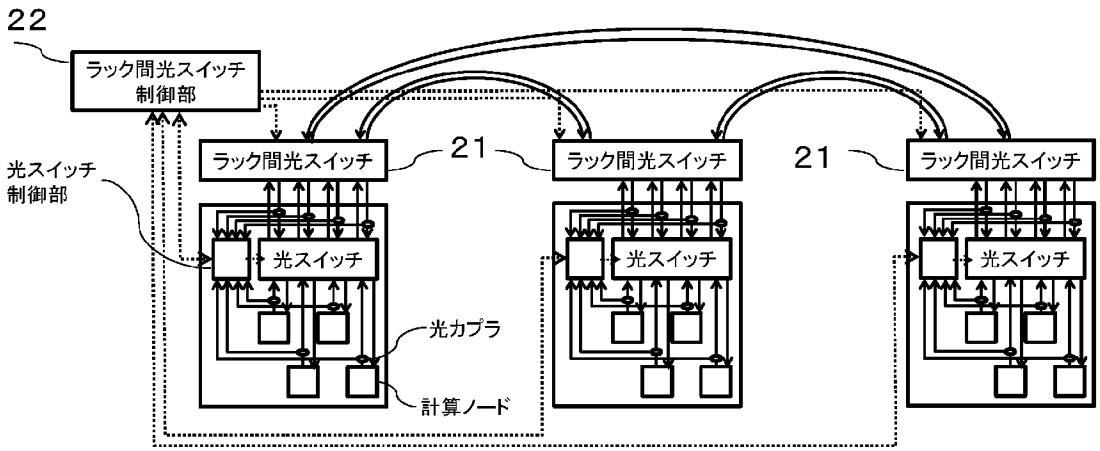
[図20]


計算ノードから出力された光をモニタリング
光スイッチ制御部
光分波器
光分波器
光分波器
光分波器
光分波器
17
光受信器
アレイ
制御回路
光スイッチと接続
18

[図21]


計算ノードから出力された光をモニタリング
光スイッチ制御部
光分波器
光分波器
光分波器
光分波器
光分波器
光スイッチ
19 光受信器
制御回路
光スイッチと接続
18
20 光スイッチ制御部内
光スイッチ制御線

[図22]


22
ラック間光スイッチ
制御部
光スイッチ
制御部
ラック間光スイッチ
21
ラック間光スイッチ
21
ラック間光スイッチ
光スイッチ
光スイッチ
光スイッチ
光カプラ
計算ノード

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/005426

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04Q3/52(2006.01)i, *H04B10/00*(2013.01)i, *H04M3/00*(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)
H04Q3/52, H04B10/00, H04M3/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2006-215815 A (Fujitsu Ltd.), 17 August 2006 (17.08.2006), paragraphs [0031] to [0033], [0036], [0040] to [0044], [0055] to [0057], [0059], [0060] & US 2006/0171712 A1 paragraphs [0051] to [0053], [0057], [0061] to [0065], [0077] to [0079], [0081], [0082]	1-3,17-19 4-16,20-32
Y A	JP 2004-272117 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 30 September 2004 (30.09.2004), paragraphs [0001], [0009], [0016], [0017] (Family: none)	1-3,17-19 4-16,20-32

☒ 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	Date of mailing of the international search report
26 April 2017 (26.04.17)	16 May 2017 (16.05.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/005426

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-50002 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 17 March 2014 (17.03.2014), paragraphs [0011] to [0014], [0025] to [0027], [0034] to [0041], [0045] to [0048], [0053] (Family: none)	4-16,20-32
A	JP 2005-244261 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 08 September 2005 (08.09.2005), paragraphs [0004], [0008], [0009], [0041] (Family: none)	4-16,20-32

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／００５４２６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04Q3/52(2006.01)i, H04B10/00(2013.01)i, H04M3/00(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04Q3/52, H04B10/00, H04M3/00

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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 A	JP 2006-215815 A（富士通株式会社）2006.08.17, 段落[0031]-[0033],[0036],[0040]-[0044],[0055]-[0057],[0059],[0060] & US 2006/0171712 A1,段落[0051]-[0053],[0057],[0061]-[0065],[0077]-[0079],[0081],[0082]	1-3,17-19 4-16,20-32
Y A	JP 2004-272117 A（日本電信電話株式会社）2004.09.30, 段落[0001],[0009],[0016],[0017]（ファミリーなし）	1-3,17-19 4-16,20-32

☑　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	国際調査報告の発送日
２６．０４．２０１７	１６．０５．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
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）　５Ｊ　４０５８
中村　信也
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５３４

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
A	JP 2014-50002 A（日本電信電話株式会社）2014.03.17, 段落[0011]-[0014],[0025]-[0027],[0034]-[0041],[0045]-[0048], [0053]（ファミリーなし）	4-16,20-32
A	JP 2005-244261 A（日本電信電話株式会社）2005.09.08, 段落[0004],[0008],[0009],[0041]（ファミリーなし）	4-16,20-32