

(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
2023年6月15日(15.06.2023)



(10) 国際公開番号

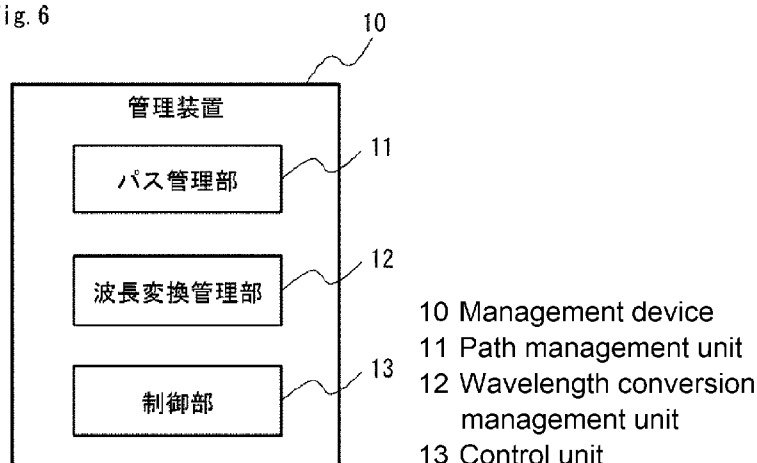
WO 2023/105669 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 10/27 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/045070
- (22) 国際出願日: 2021年12月8日(08.12.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 柳町 成行(YANAGIMACHI Shigeyuki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 家入 健(IEIRI Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目3
- (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, IT, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) Title: MANAGEMENT DEVICE, OPTICAL NODE DEVICE, OPTICAL NETWORK SYSTEM, CONTROL METHOD, AND NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE MEDIUM

(54) 発明の名称: 管理装置、光ノード装置、光ネットワークシステム、制御方法、及び非一時的なコンピュータ可読媒体

Fig. 6



(57) Abstract: A management device (10) comprises: a path management unit (11) for managing wavelength resources that can be used in a path of a photonics network comprising a node that performs wavelength conversion through optical-analogue-optical conversion, and managing the usage state of wavelength resources; a wavelength conversion management unit (12) for managing path wavelength conversion information including wavelength conversion at the node constituting the path; and a control unit (13) for controlling wavelength conversion at the node on the basis of the managed wavelength resources and the usage state, and controlling analogue compensation at the node on the basis of managed path wavelength conversion information.

WO 2023/105669 A1

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, 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：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約：管理装置（10）は、光-アナログ-光変換により波長変換を行うノードを備えたフォトンクス・ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と波長資源の使用状況とを管理するパス管理部（11）と、パスを構成するノードにおける波長変換を含むパスの波長変換情報を管理する波長変換管理部（12）と、管理された波長資源及び使用状況に基づいて、ノードにおける波長変換を制御するとともに、管理されたパスの波長変換情報に基づいて、ノードにおけるアナログ補償を制御する制御部（13）と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

管理装置、光ノード装置、光ネットワークシステム、制御方法、及び非一時的なコンピュータ可読媒体

技術分野

[0001] 本発明は、管理装置、光ノード装置、光ネットワークシステム、制御方法、及び非一時的なコンピュータ可読媒体に関する。

背景技術

[0002] 近年、スマートフォンに代表される携帯端末の急速な普及と、端末の高度化による高精細画像等の大容量データ通信により、ネットワークに流れるトラフィックは急速な伸びを続けている。ある調査によると、国内の2020年度のブロードバンド契約者の総ダウンロードトラフィックは約19Tbpsで年率約57%の割合で増大を続けており、今後もトラフィックの増大が見込まれている。これに対し、大容量通信を支えるコアネットワークでは、複数の異なる波長の光信号を1本の光ファイバに多重して伝送する波長分割多重技術(Wavelength Division Multiplexing: WDM)、DP-QPSK(Dual Polarization Differential Quadrature Phase Shift Keying)、16-QAM(16-Quadrature Amplitude Modulation)等の高度変調方式など、大容量化のニーズにこたえる技術の開発が進められてきた。さらに、無線通信における5Gサービスの進展に伴い、大容量化だけでなく、ネットワークの低遅延化のニーズも高まっている。これらのニーズに対して、近年ではNTTが主導するIOWN(Innovative Optical and Wireless Network)構想では、大容量かつ低遅延のネットワークを実現するオールフォトンクス・ネットワークが提唱されている。オールフォトンクス・ネットワークは、関連するスイッチングノードにおける電気

変換を伴うネットワークと異なり、すべてのパスにおいて光のまま伝送する。このため、電気のスイッチの容量に束縛されることなく大容量で通信が可能なだけでなく、電気変換に伴う遅延がなく、低遅延化も図ることができる。

[0003] しかしながら、光ファイバ内においては、同一の波長が使えないため、異なる方路からスイッチングノードに来た同一波長のパスを同一ファイバに収容できず、効率的なパス制御ができない問題がある。これに対しては、スイッチングノードにおいて、波長変換器を用いて波長を切り替え、同一ファイバに収容する方法がとられる。

[0004] また、光ネットワークにおける信号品質に関連する技術として、例えば、特許文献1や2が知られている。特許文献1には、PDL (Polarization Dependent Loss: 偏波依存性損失) 補償技術が開示され、特許文献2には、分散補償技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2015-186230号公報
特許文献2：特開2010-206539号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、これまでの関連する技術では、オールフォトニクス・ネットワークにおいて適用される波長変換まで考慮されていないため、パスにおける信号品質の劣化を効果的に抑えることは困難である。

[0007] 本開示は、このような課題に鑑み、信号品質の劣化を効果的に抑えることが可能な管理装置、光ノード装置、光ネットワークシステム、制御方法、及び非一時的なコンピュータ可読媒体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

[0008] 本開示に係る管理装置は、光-アナログ-光変換により波長変換を行う光

ノード装置を備えた全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理するパス管理手段と、前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理する波長変換管理手段と、前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御する制御手段と、を備えるものである。

[0009] 本開示に係る光ノード装置は、全光ネットワークを構成する光ノード装置であって、光信号を受信する光受信手段と、前記受信した光信号を光→アナログ→光変換により波長変換する波長変換手段と前記波長変換された光信号を送信する光送信手段と、前記全光ネットワークを管理する管理装置からの通知に応じて、前記波長変換手段において波長変換及びアナログ補償を実行するよう制御するノード制御手段と、を備えるものである。

[0010] 本開示に係る光ネットワークシステムは、光→アナログ→光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークと、前記全光ネットワークを管理する管理装置とを備え、前記管理装置は、前記全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理するパス管理手段と、前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理する波長変換管理手段と、前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御する制御手段と、を備えるものである。

[0011] 本開示に係る制御方法は、光→アナログ→光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理し、前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理し、前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード

装置におけるアナログ補償を制御するものである。

[0012] 本開示に係る制御プログラムが格納された非一時的なコンピュータ可読媒体は、光－アナログ－光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理し、前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理し、前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御する、処理をコンピュータに実行させるための制御プログラムが格納された非一時的なコンピュータ可読媒体である。

発明の効果

[0013] 本開示によれば、信号品質の劣化を効果的に抑えることが可能な管理装置、光ノード装置、光ネットワークシステム、制御方法、及び非一時的なコンピュータ可読媒体を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]検討例の波長変換器の構成を示す機能ブロック図である。
[図2]検討例の他の波長変換器の構成を示す機能ブロック図である。
[図3]検討例の他の波長変換器の具体的な構成例を示す機能ブロック図である。
。
[図4]検討例のオールフォトニクス・ネットワークの構成を示す構成図である。
。
[図5]検討例のオールフォトニクス・ネットワークにおける課題を説明するための図である。
[図6]実施の形態に係る管理装置の概要構成を示す機能ブロック図である。
[図7]実施の形態に係るノードの概要構成を示す機能ブロック図である。
[図8]実施の形態1に係る光ネットワークシステムの構成例を示す構成図である。
。
[図9]実施の形態1に係る光ネットワークシステムにおける各装置の構成例を

示す機能ブロック図である。

[図10]実施の形態1に係る光ネットワークシステムの動作例を示すフローチャートである。

[図11]実施の形態2に係る光ネットワークシステムにおける各装置の構成例を示す機能ブロック図である。

[図12]実施の形態2に係る光ネットワークシステムの動作例を示すフローチャートである。

[図13]実施の形態3に係る光ネットワークシステムの動作例を示すフローチャートである。

[図14]実施の形態3に係るNF特性と波長の関係を示す図である。

[図15]実施の形態に係るコンピュータのハードウェアの概要を示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照して実施の形態について説明する。各図面においては、同一の要素には同一の符号が付されており、必要に応じて重複説明は省略される。

[0016] (実施の形態に至る検討)

上記のように、オールフォトリクス・ネットワークにおけるノードでは、波長変換器により必要に応じて波長変換が行われる。波長変換の方法として、光の非線形性を利用した全光波長変換、トランスポンダ機能を利用した波長変換などが、提唱、あるいは、利用されている。全光波長変換では、光のまま波長変換を行うため遅延が少ない利点があるが、波長変換デバイスの光損失が大きく、伝送可能距離が制限される等の問題がある。

[0017] トランスポンダ機能を利用した波長変換器の機能ブロックを図1に示す。図1に示すように、検討例の波長変換器900は、受信器901、送信器902、デジタル信号処理部903を備えている。受信器901は、第1の波長(λ_1)の光信号を受信し、デジタル信号処理部903で折り返した後、送信器902から第2の波長(λ_2)の光信号を送信する。これにより、光

信号の波長を λ_1 から λ_2 に変換する。波長変換器900では、デジタル信号処理部903を介して、いわゆる3R（増幅:Re-amplification、波形整形:Re-shaping、ビット間隔調整:Re-timing）再生で完全な波形成型がなされるため、伝送距離制限はなくなるが、デジタル信号処理部903での遅延が発生する問題がある。

[0018] そこで、デジタル信号処理部を介さず送信器、受信器間のアナログ電気信号を折り返す構成を検討する（以下、この構成による波長変換をO-A-O（optical-analog-optical）波長変換と記載する）。本構成の機能ブロックを図2に示す。図2に示すように、検討例の他の波長変換器910は、波長変換器900と同様に受信器901及び送信器902を備えるが、デジタル信号処理部903は不要となる。すなわち、他の波長変換器910では、受信器901から出力されたアナログ電気信号を、デジタル信号処理部903を介さずに、送信器902へ直接折り返す。

[0019] 本構成においては、デジタル信号処理を施さないため、これまでの経路の伝送路で蓄積された信号劣化を補償する別の機能を付け加える必要がある。例えば、図3に示すように、コヒーレント受信フロントエンド911とコヒーレント送信フロントエンド912間にアナログ信号処理部913を設け、帯域を補正する等の方法がある。

[0020] 図3の例では、他の波長変換器910は、コヒーレント受信フロントエンド911、コヒーレント送信フロントエンド912、アナログ信号処理部913を備える。コヒーレント受信フロントエンド911は、光/電変換器であり、入力される入力光信号（ λ_1 ）を参照光源（局部発振光:Local oscillator (LO) 光）に基づいてコヒーレント検波し、検波により生成されたアナログ電気信号SA1を出力する。コヒーレント送信フロントエンド912は、電/光変換器であり、アナログ電気信号SA1を折り返したアナログ電気信号SA2を送信光源に基づいてコヒーレント変調し、変調により生成された出力光信号（ λ_2 ）を出力する。例えば、送信光源の波長に応じて出力光信号の波長を λ_1 から λ_2 に変換することができる。アナログ信号処理部9

13は、信号品質を補償するようアナログ電気信号SA1に対しアナログ信号処理を行い、アナログ電気信号SA2を生成するアナログ回路である。アナログ信号処理は、アナログ補償処理であり、例えば、帯域劣化等を補償する。

[0021] また、図3に示すように、アナログ補償処理を制御するため、他の波長変換器910は、前置信号モニタ部914、後置信号モニタ部915、アナログ信号処理制御部916を備えてもよい。前置信号モニタ部914は、アナログ信号処理前のアナログ電気信号SA1の信号特性をモニタする。後置信号モニタ部915は、アナログ信号処理後のアナログ電気信号SA2の信号特性をモニタする。アナログ信号処理制御部916は、前置信号モニタ部914、または、後置信号モニタ部915のモニタ結果に基づいて、アナログ信号処理部913のアナログ信号処理の動作を制御する。例えば、アナログ電気信号SA1、または、アナログ電気信号SA2の帯域をモニタし、そのモニタ結果に基づいて、アナログ信号処理部913における帯域調整量を制御する。

[0022] 図4に、検討例における、O-A-O変換を用いたオールフォトニクス・ネットワーク、および、ノードの構成を示す。図4では、ネットワーク構成を、単純化のために単一、かつ、直線の伝送路構成で示している。すなわち、図4に示すように、検討例のオールフォトニクス・ネットワーク800は、複数のノード810を備えており、各ノード810の間は光伝送路を介して接続されている。

[0023] 各ノード810は、伝送損失を補償する光アンプ811及び812、経路切替スイッチ813、O-A-O波長変換器を複数搭載したO-A-O波長変換器プール814を備えている。光アンプ811と光アンプ812の間に経路切替スイッチ813が接続され、経路切替スイッチ813は必要に応じてパスの経路をO-A-O波長変換器プール814へ切り替える。波長変換を必要なパスがO-A-O波長変換器プール814に接続されたのち、例えば λ_1 から λ_2 に波長が変換され、光伝送路に送出される。

- [0024] しかしながら、既存のネットワークにおいてはネットワーク範囲（例えば10ホップ以内）内では、どのパスにどの波長を割り当てても到達が保証されるようにあらかじめ設計されているが、O-A-O波長変換をネットワーク内に設置すると、波長変換の場所（送信ノードから受信ノードのどの場所に設置するか）により信号品質が変化するため、到達の保証が困難であるという課題がある。例えば、図5に示すように、ノード810AでO-A-O波長変換を行う場合、送信端820から近く、あまり信号劣化が進んでいないため、アナログ補償の効果が薄く、また、残りの伝送路が長い場合途中で最小受信感度を下回ってしまう可能性がある。また、受信端830に近いノード810Eで波長変換を行う場合、ノード810Eまでの到達は保証されているが、劣化が進んだS/Nの悪い信号にアナログ補償を行うとかわってS/N劣化が助長し最小受信感度を下回ってしまう可能性がある。
- [0025] また、ネットワーク内には光アンプ等の波長特性をもつデバイスがあり、例えば、NF（Noise Figure）は短波長側で特性が悪い特徴がある。このため、波長変換時の波長変換前波長、波長変換後波長によっては特性が変わる可能性がある。例えば、短波長から短波長に変換する場合は、長波長から長波長に変換する場合に比較して特性が悪くなる可能性がある。
- [0026] 上記のように、関連する技術として、特許文献1においてはアナログのPDL補償技術、特許文献2においてはアナログの分散補償技術等が開示されるなど、これまで多数のアナログ補償技術が開示されている。しかしながら、これまでのアナログ補償技術は、O-A-O波長変換が配置される前提で設計されておらず、上記の波長変換の場所を考慮したネットワーク制御を別途考慮する必要がある。そこで、実施の形態は、上記の課題を鑑みてなされるものである。
- [0027] 具体的には、2つの主要な問題点が考えられる。第1の問題点は、O-A-O波長変換を用いたオールフォトリクス・ネットワークにおいて、パスの到達保証が困難なことである。その理由は、波長変換の場所（送信ノードから受信ノードのどの場所に設置するか）により信号品質が変化するためであ

る。第2の問題点は、O-A-O波長変換を用いたオールフォトニクス・ネットワークにおいて、パスの到達保証の均一化が図れないことである。その理由は、光アンプ等の波長特性をもつデバイスがあり、波長変換前後の波長にパスの品質が依存するためである。そこで、実施の形態では、アナログ波長変換を用いた光ネットワークにおける制御方法を提供し、特に、パスの到達保証性を確保するための方法を提供する。

[0028] (実施の形態の概要)

図6は、実施の形態に係る管理装置の概要構成を示し、図7は、実施の形態に係るノードの概要構成を示している。

[0029] ノード20は、O-A-O変換（光-アナログ-光変換）により波長変換を行う光ノード装置であり、オールフォトニクス・ネットワーク（全光ネットワーク）を構成する。管理装置10は、ノード20を含むオールフォトニクス・ネットワークを管理及び制御する。例えば、管理装置10は、ネットワークを管理するNMS（Network Management System）である。

[0030] 図6に示すように、管理装置10は、パス管理部11、波長変換管理部12、制御部13を備えている。パス管理部11は、オールフォトニクス・ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と、波長資源の使用状況とを管理する。パス管理部11は、例えば、波長資源（情報）及び使用状況（情報）を管理及び保持するパスデータベースである。

[0031] 波長変換管理部12は、パスを構成するノード20における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理する。波長変換管理部12は、例えば、パスの波長変換情報を管理及び保持する波長変換管理データベースである。

[0032] 制御部13は、パス管理部11により管理された波長資源及び使用状況に基づいて、ノード20における波長変換を制御するとともに、波長変換管理部12により管理されたパスの波長変換情報に基づいて、ノード20におけるアナログ補償を制御する。例えば、制御部13は、パスの波長変換情報をノード20に通知することにより、ノード20が、当該ノード20よりも前の経路において波長変換された全てのパスに対しアナログ補償を行うよう制

御してもよい。

[0033] また、波長変換前の伝送距離、波長変換後の伝送距離、推定信号劣化度、アナログ補償ノード識別情報を含む波長変換特性情報をさらに管理してもよい。この場合、制御部13は、波長変換特性情報に基づいて、アナログ補償を行うパスの候補を決定し、決定したパスに対しアナログ補償を行うようノード20を制御してもよい。さらに、制御部13は、全波長帯を複数に分割し、NF (Noise Figure) 特性が平均化されるように波長変換を行うよう制御してもよい。

[0034] 図7に示すように、ノード20は、光受信部21、波長変換部22、光送信部23、ノード制御部24を備えている。光受信部21は、光伝送路から光信号を受信する。波長変換部22は、光受信部21により受信した光信号をO-A-O波長変換により波長変換する。光送信部23は、波長変換部22により波長変換された光信号を光伝送路へ送信する。

[0035] ノード制御部24は、管理装置10からの通知に応じて、波長変換部22において波長変換及びアナログ補償を実行するよう制御する。例えば、ノード制御部24は、管理装置10から通知されるパスの波長変換情報に応じて、自ノード20よりも前の経路において波長変換された全てのパスをモニタし、モニタ結果に基づいてアナログ補償を行うよう制御してもよい。また、ノード制御部24は、管理装置10から通知されるアナログ補償対象のパスの情報に基づいて、該当するパスに対しアナログ補償を行うよう制御してもよい。

[0036] このような構成により、O-A-O波長変換を用いたオールフォトニクス・ネットワークにおいて、パスの信号品質の劣化を効果的に抑えることができる。すなわち、第1の効果として、波長変換を行ったパスにおけるノードが適切にアナログ補償を行うことで、パスの到達を保証することが可能となる。また、第2の効果として、NF特性が平均化されるように波長変換を行うことにより、パスの到達保証の均一化が可能となる。

[0037] (実施の形態1)

次に、実施の形態1について説明する。本実施の形態では、ノードにおいて、当該ノードよりも前の経路において波長変換された全てのパスをモニタし、アナログ補償を行う例について説明する。

[0038] <システム構成>

まず、図8及び図9を用いて、本実施の形態の構成について説明する。図8は、本実施の形態に係る光ネットワークシステムの構成例を示している。図8に示すように、本実施の形態に係る光ネットワークシステム1は、NMS100、複数のノード200を備えている。複数のノード200の間は、光伝送路300を介して光通信可能に接続されている。複数のノード200とNMS100の間も、例えば光伝送路300を介して接続されるが、他の任意の伝送路により通信可能に接続されてもよい。

[0039] 複数のノード200は、O-A-O波長変換を行う光通信装置である。すなわち、複数のノード200は、O-A-O波長変換を用いたオールフォトニクス・ネットワーク2を構成する。図8の例では、複数のノード200は、メッシュ形状のネットワークを構成するが、リング形状等別の他の形態のネットワークを構成しても良い。また、複数のノード200は、NMS100からの制御に応じて、送信ノード（送信端）から受信ノード（受信端）までのパスを構成し、パスの経路上でデータ（光信号）を送送する。

[0040] NMS100は、複数のノード200を含むオールフォトニクス・ネットワーク2を管理及び制御する管理装置である。NMS100は、オールフォトニクス・ネットワーク2においてノード200が構成するパスを管理及び制御する。NMS100は、送信ノードから受信ノードまでのパスの経路や波長を管理し、パス上のノード200に対し経路や波長を設定する。

[0041] 図9は、本実施の形態に係る光ネットワークシステムにおける各装置の構成例を示している。図9に示すように、NMS100は、パスデータベース（DB）101、波長変換管理データベース（DB）102、ネットワーク制御部103を備えている。

[0042] パスデータベース101は、オールフォトニクス・ネットワーク2の複数

のノード200によるパスを管理し、パスに使用可能な波長資源（波長資源情報）と、その波長資源の使用状況（使用状況情報）を管理及び保持する。パスデータベース101は、パスを構成する各ノード200における波長資源及び使用状況を保持する。波長資源（波長資源情報）は、パスで使用可能な全ての波長を示し、使用状況（使用状況情報）は、パスに使用されている波長を示す。

[0043] 波長変換管理データベース102は、パスを構成するノード200による波長変換を管理及び保持する。波長変換管理データベース102は、パスを構成する各ノード200における波長変換情報を保持する。波長変換情報は、パスの経路上の各ノード200における波長変換を識別可能な情報であり、例えば、各ノード200の波長変換の有無を示してもよいし、各ノードの変換前後の波長等を示してもよい。

[0044] ネットワーク制御部103は、パスデータベース101及び波長変換管理データベース102を参照し、パス及びパスを構成するノード200を制御する。ネットワーク制御部103は、パスデータベース101の波長資源及び使用状況に基づいて、波長変換が必要なパスの波長変換を行う。すなわち、ネットワーク制御部103は、パス上の各ノード200に対し必要に応じてパスの波長変換を行うよう指示し、波長変換を行った結果を示す波長変換情報を波長変換管理データベース102に保持する。また、ネットワーク制御部103は、波長変換管理データベース102の全てのパスの波長変換情報を全てのノード200へ通知する。

[0045] また、ノード200は、伝送損失補償光アンプ201（201a及び201b）、光スイッチ（SW）202、ノード損失補償光アンプ203（203a及び203b）、波長スイッチ（WSS：Wavelength Selective Switch）204（204a及び204b）、タップカップラ205、光パスモニタ206、アナログ波長変換器プール210、ノードコントローラ207を備えている。

[0046] 伝送損失補償光アンプ201は、光信号を増幅することで、光ファイバに

において生じる伝送損失を補償する光アンプである。伝送損失補償光アンプ201aは、光信号を受信する受信アンプである。伝送損失補償光アンプ201aは、入力光ファイバ300aを介して、送信ノード側の隣接ノードからファイバ単位の光信号を受け、入力光ファイバ300aの伝送損失をファイバ単位で補償する。伝送損失補償光アンプ201aは、伝送損失補償後の光信号を光スイッチ202へ出力する。

[0047] 伝送損失補償光アンプ201bは、光信号を送信する送信アンプである。伝送損失補償光アンプ201bは、光スイッチ202からの光信号の伝送損失をファイバ単位で補償する。伝送損失補償光アンプ201bは、伝送損失補償後のファイバ単位の光信号を、出力光ファイバ300bを介して、受信ノード側の隣接ノードへ出力する。

[0048] 光スイッチ202は、波長単位の光信号の経路を切り替え可能な光スイッチである。光スイッチ202は、受信側の伝送損失補償光アンプ201aと送信側の伝送損失補償光アンプ201bの間に接続される。光スイッチ202は、ノードコントローラ207からの制御に応じて、所定の光信号（パス）のadd/dropを切り替える。光スイッチ202は、伝送損失補償光アンプ201aからのファイバ単位の光信号に対し波長単位のスイッチングを行い、dropする波長の光信号を、波長変換ポートを介してノード損失補償光アンプ203aへ出力する。また、光スイッチ202は、アナログ波長変換器プール210経由で、ノード損失補償光アンプ203bから波長変換ポートを介して光信号を受け、受けたファイバ単位の光信号に対し波長単位のスイッチングを行い、addする波長の光信号を伝送損失補償光アンプ201bへ出力する。

[0049] ノード損失補償光アンプ203は、光信号を増幅することで、ノードにおいて生じる損失を補償する光アンプである。受信側（drop側）のノード損失補償光アンプ203aは、光スイッチ202の波長変換ポートからのファイバ単位の光信号の損失を補償し、損失補償後の光信号を波長スイッチ204aへ出力する。送信側（add側）のノード損失補償光アンプ203b

は、アナログ波長変換器プール210経由で、波長スイッチ204bからのファイバ単位の光信号の損失を補償し、損失補償後の光信号を光スイッチ202の波長変換ポートへ出力する。

[0050] 波長スイッチ204は、波長単位の光信号の経路を切り替え可能な光スイッチである。受信側の波長スイッチ204aは、ノード損失補償光アンプ203aからのファイバ単位の光信号を波長単位の分離し、分離した光信号をアナログ波長変換器プール210のO-A-O波長変換器211へ出力する。送信側の波長スイッチ204bは、アナログ波長変換器プール210のO-A-O波長変換器211からの波長単位の光信号をファイバ単位の束ね、ファイバ単位の光信号をノード損失補償光アンプ203bへ出力する。

[0051] タップカプラ205は、受信側の波長スイッチ204aから出力された波長単位の光信号の一部または全部をタップする。光パスモニタ206は、タップカプラ205がタップした光信号の品質をモニタする。ノードコントローラ207からの制御に応じて、タップカプラ205が所定の光信号をタップし、光パスモニタ206がタップされた光信号をモニタする。

[0052] アナログ波長変換器プール210は、複数のO-A-O波長変換器211を含む。O-A-O波長変換器211は、入力される光信号の波長及び出力する光信号の波長に対応して複数設けられる。O-A-O波長変換器211は、O-A-O波長変換を行うとともに、アナログ補償を行うことが可能な波長変換器である。O-A-O波長変換器211は、例えば、図3に示したような、コヒーレント受信フロントエンド、コヒーレント送信フロントエンド、アナログ信号処理部（アナログ補償器）を備えるが、O-A-O波長変換が可能であれば、その他の構成でもよい。O-A-O波長変換器211は、ノードコントローラ207からの制御に応じて、波長スイッチ204aからの波長単位の光信号に対しアナログ補償、あるいは、波長変換とアナログ補償を行い、波長変換またはアナログ補償を行った光信号を波長スイッチ204bへ出力する。

[0053] 例えば、O-A-O波長変換器211内のアナログ補償器として、帯域補

償、PDL補償、分散補償等を行う補償器を設置する。また、光パスモニタ206は、アナログ補償器の構成により異なり、例えば、帯域補償を行う場合はスペクトラムアナライザ、PDL補償を行う場合にはPDLモニタ、分散補償を行う場合には分散モニタを用いる。

[0054] ノードコントローラ207は、ノード200内の各デバイスを制御する。ノードコントローラ207は、NMS100からの制御に応じて各デバイスの動作を制御する。ノードコントローラ207は、NMS100から波長変換の指示を受信すると、光スイッチ202により該当する波長を切り替えるよう制御し、O-A-O波長変換器211により波長を変換するよう制御する。また、ノードコントローラ207は、NMS100から全てのパスの波長変換情報を受信すると、モニタするパス（波長）を決定し、タップカプラ205及び光パスモニタ206によりモニタした結果に基づいて、該当するO-A-O波長変換器211のアナログ補償を制御する。

[0055] <システム動作>

次に、図8及び図9を参照しつつ、図10を用いて、本実施の形態の動作について説明する。図10は、本実施の形態に係る光ネットワークシステムの動作例を示すフローチャートである。

[0056] 図10に示すように、まず、NMS100は、パスの波長変換を行う（S101）。NMS100は、パスリクエストが発行されると、パスデータベース101を参照し、波長資源及び使用状況に基づいて波長変換が必要なパスを決定し、決定したパスの情報を、波長変換を行うノード200に通知する。例えば、パスを識別する情報や、変換前の波長、変換後の波長等を通知する。各ノード200のノードコントローラ207は、NMS100から受信する情報に基づいて、該当するパスの波長を変換するよう光スイッチ202及びO-A-O波長変換器211を制御する。また、各ノード200が波長変換を行うと、NMS100は、パスにおいて各ノード200が波長変換を行ったことを示すパスの波長変換情報を、波長変換管理データベース102に保持する。

- [0057] 次に、NMS 100は、全てのパスの波長変換情報を通知する（S102）。NMS 100は、波長変換及び波長変換管理データベース102の更新が終わると、波長変換管理データベース102を参照し、波長変換された全てのパスの波長変換情報を、全てのノード200のノードコントローラ207に通知する。
- [0058] 次に、各ノード200は、パスのdrop設定を行う（S103）。各ノード200において、NMS 100から全てのパスの波長変換情報を受信すると、ノードコントローラ207は、全てのパスの波長変換情報に基づき、dropするパス（波長）を決定する。dropするパスは、モニタ対象（アナログ補償候補）のパスである。具体的には、パスの波長変換情報から、自ノード以前（自ノードより前）の経路において、他のノード200が波長変換を行ったパスを抽出し、抽出した全てのパス（波長）をdropするように光スイッチ202を設定する。
- [0059] 次に、各ノード200は、波長スイッチ204aをO-A-O波長変換器211に接続する（S104）。各ノード200において、ノードコントローラ207は、drop設定したパス（波長）、すなわち、自ノード以前の経路において波長変換された全てのパスが、分波後O-A-O波長変換器211に接続されるように波長スイッチ204aを設定する。
- [0060] 次に、各ノード200は、パスをモニタする（S105）。各ノード200において、タップカップラ205に接続された光パスモニタ206は、drop設定したパス（波長）、すなわち、自ノード以前の経路において波長変換された全てのパスの品質をモニタする。
- [0061] 次に、各ノード200は、パスのモニタ結果に基づき、アナログ補償を実施する（S106）。各ノード200において、ノードコントローラ207は、モニタされたパスの品質が、あらかじめ決められた劣化スレッシュホールドを超えているか否かを判定する。劣化スレッシュホールドを超えたパスがある場合、該当するパスが接続されたO-A-O波長変換器211において、アナログ補償（あるいは波長変換とアナログ補償）を実施する。すなわち、品質が

所定の閾値よりも劣化しているパスに対しては、O-A-O波長変換器211においてアナログ補償を行い、品質が所定の閾値よりも劣化していないパスに対しては、O-A-O波長変換器211においてアナログ補償を行わない。なお、パスの品質の劣化量に応じて、アナログ補償量を調整してもよい。

[0062] 次に、各ノード200は、パスのadd設定を行い(S107)、動作(設定)を完了する(S108)。各ノード200において、モニタ結果に応じてアナログ補償が実施されると、ノードコントローラ207は、dropされたパス(波長)、すなわち、モニタ結果に応じてアナログ補償が実施されたパスが、もとのファイバにaddされるように光スイッチ202、および、波長スイッチ204bを設定する。なお、次段のノード200でも同一の動作を行う。

[0063] 以上のように、本実施の形態では、O-A-O波長変換を用いたオールフォトニクス・ネットワークにおいて、NMSはNMSにある波長資源と使用状況を管理するパスデータベースを参照し、波長変換が必要なパスの情報を当該ノードに通知して波長変換を行うとともに、波長変換管理データベースにデータを保持する。NMSは波長変換管理データベースを参照し、波長変換された全てのパスの波頭変換情報を、全てのノードのノードコントローラに通知する。各ノードにおいては、自ノード以前の経路において波長変換された全てのパスをdropし、信号品質をモニタする。各ノードは、モニタ情報に基づき、あらかじめ決められた劣化スレッシュホールドを超えたパスに関し、O-A-O波長変換器において、アナログ補償(あるいは波長変換とアナログ補償)を実施する。このように、波長変換されたパスの信号品質を監視し、劣化状況に応じてアナログ補償を行うことにより、パスの到達を保証することが可能となる。

[0064] (実施の形態2)

次に、実施の形態2について説明する。本実施の形態では、NMSがアナログ補償を行うパスを決定する例について説明する。

[0065] <システム構成>

まず、図11を用いて、本実施の形態の構成について説明する。図11は、本実施の形態に係る光ネットワークシステムにおける各装置の構成例を示している。ここでは、実施の形態1における構成との差異のみ説明し、同一の構成については説明を省略する。

[0066] 本実施の形態においては、各ノード200においてパスの信号品質をモニタしない。このため、ノード200では、実施の形態1におけるタップカプラ205、および、光パスモニタ206は省略されている。

[0067] また、NMS100は、実施の形態1の構成に加えて、波長変換特性データベース104（DB）を備えている。波長変換特性データベース104は、パスの波長変換特性を示す波長変換特性情報を保持する。波長変換特性情報は、波長変換前の伝送距離（A）、波長変換後の伝送距離（B）、推定信号劣化度（C）、アナログ補償（帯域再補償）ノード番号（D）を含む。波長変換特性情報は、波長変換前の伝送距離（A）、波長変換後の伝送距離（B）、推定信号劣化度（C）、アナログ補償ノード番号（D）の全てを含むことが好ましいが、少なくともいずれかの情報を含んでいてもよい。例えば、推定信号劣化度（C）とアナログ補償ノード番号（D）を含んでいてもよい。

[0068] 波長変換前の伝送距離（A）は、パスにおいて送信端から波長変換を行ったノードまでの伝送距離（例えばホップ数）である。波長変換後の伝送距離（B）は、パスにおいて波長変換を行ったノードから受信端までの伝送距離である。推定信号劣化度（C）は、パスにおいて推定される光信号の劣化度である。劣化度は、送信端から送信される光信号に対し受信端で受信される光信号の劣化度である。例えば、劣化度は、波長変換前の伝送距離（A）及び波長変換後の伝送距離（B）から推定できる。アナログ補償ノード番号（D）は、パスにおいてアナログ補償を行うノードの番号（識別情報）である。波長変換特性データベース104に格納される波長変換特性情報は、波長変換管理データベース102に格納されたパスの波長変換情報に基づいて設

定されてもよい。また、波長変換特性情報は、各情報をマップ化したマップ情報である。具体的には、ネットワークにおける各ノードの接続関係を示すネットワークマップ上にパスの経路を示し、各パスについて、波長変換前の伝送距離（A）、波長変換後の伝送距離（B）、推定信号劣化度（C）、アナログ補償ノード番号（D）を示している。

[0069] <システム動作>

次に、図6及び図11を参照しつつ、図12を用いて、本実施の形態の動作について説明する。図12は、本実施の形態に係る光ネットワークシステムの動作例を示すフローチャートである。

[0070] 図12に示すように、まず、NMS100は、パスの波長変換を行う（S201）。実施の形態1と同様に、NMS100は、パスリクエストが発行されると、波長資源と使用状況を管理するパスデータベース101を参照し、波長変換が必要なパスの情報を当該ノード200に通知して波長変換を行うとともに、波長変換管理データベース102にパスの波長変換情報を保持する。

[0071] 次に、NMS100は、波長変換特性データベース104を作成する（S202）。NMS100は、波長変換特性データベース104を作成することにより、あらかじめ劣化が進んでいると想定されるパスを選別する。具体的には、波長変換前の伝送距離（A）、波長変換後の伝送距離（B）、推定信号劣化度（C）、アナログ補償ノード番号（D）をマップ化したマップ情報（波長変換特性情報）を生成し、マップ情報を波長変換特性データベース104に保持する。例えば、各パスについて、パスの波長変換情報（経路及び波長変換ノード）から波長変換前の伝送距離（A）及び波長変換後の伝送距離（B）を求め、波長変換前の伝送距離（A）及び波長変換後の伝送距離（B）から推定信号劣化度（C）を求める。パス上でアナログ補償可能なノードからアナログ補償を行うノードを選択し、アナログ補償ノード番号（D）を特定する。NMS100は、波長変換特性データベース104を参照し、マップ情報に応じてアナログ補償を行うパスの候補を決定する。例えば、

パスの推定信号劣化度（C）に基づいて、アナログ補償対象のパスを決定する。具体例を挙げると、到達可能性を保証するホップ数を10とし、パス1（A=1、B=9、C=5、D=8）、パス2（A=7、B=3、C=6、D=9）である場合、C=5以上をアナログ補償対象とすると、パス1、および、パス2がアナログ補償対象と決定される。

[0072] 次に、NMS100は、アナログ補償対象のパスの情報を通知する（S203）。NMS100は、決定したアナログ補償対象のパスの波長変換情報（波長変換管理データベース102）、パスの波長変換特性情報（波長変換特性データベース104）を、アナログ補償を行うノード200へ通知する。上記具体例では、パス1のアナログ補償ノード番号（D）が8であるため、パス1の情報をノード番号8のノード200へ通知し、パス2のアナログ補償ノード番号（D）が9であるため、パス2の情報をノード番号9のノード200へ通知する。

[0073] 次に、通知された当該ノード200は、パスのdrop設定を行う（S204）。当該ノード200において、NMS100からアナログ補償対象のパスの情報を受信すると、ノードコントローラ207は、通知されたアナログ補償対象のパス（波長）をdropするように光スイッチ202を設定する。

[0074] 次に、当該ノード200は、波長スイッチ204aをO-A-O波長変換器211に接続する（S205）。当該ノード200において、ノードコントローラ207は、drop設定したアナログ補償対象のパスが、分波後O-A-O波長変換器211に接続されるように波長スイッチ204aを設定する。

[0075] 次に、当該ノード200は、該当パスのアナログ補償を実施する（S206）。当該ノード200において、O-A-O波長変換器211に接続した該当パスに対して、O-A-O波長変換器211により、アナログ補償（あるいは波長変換とアナログ補償）を実施する。

[0076] 次に、当該ノード200は、パスのadd設定を行い（S207）、動作

(設定)を完了する(S208)。当該ノード200において、アナログ補償対象のパスに対しアナログ補償が実施されると、ノードコントローラ207は、dropされたパス(波長)が、もとのファイバにaddされるように光スイッチ202、および、波長スイッチ204bを設定する。なお、本動作は、NMS100から通知を受けた当該ノード200のみで行う。

[0077] 以上のように、本実施の形態では、O-A-O波長変換を用いたオールフォトニクス・ネットワークにおいて、アナログ補償を行う別の手法として、波長変換前の伝送距離、波長変換後の伝送距離、推定信号劣化度、アナログ補償ノード番号をマップ化した波長変換特性データベースを作成し、保持するとともに、マップに応じてアナログ補償を行うパスの候補を決定し、当該パスのみアナログ補償を行う。このように、波長変換されたパスの信号品質をあらかじめ計算し、劣化状況に応じてアナログ補償を行うことにより、パスの到達を保証することが可能となる。

[0078] (実施の形態3)

次に、実施の形態3について説明する。本実施の形態における構成は、実施の形態1、および、実施の形態2のどちらでも構わないため、構成の記載については省略する。

[0079] <システム動作>

次に、図8及び図9を参照しつつ、図13及び図14を用いて、本実施の形態の動作について説明する。図13は、本実施の形態に係る光ネットワークシステムの動作を示すフローチャートである。

[0080] 図13に示すように、まず、NMS100は、波長特性を考慮してパスの波長変換を行う(S301)。NMS100は、パスリクエストが発行されると、波長資源と使用状況を管理するパスデータベース101を参照し、波長変換が必要なパスの情報を当該ノード200に通知して波長変換を行うとともに、波長変換管理データベース102にパスの波長変換情報を保持する。

[0081] このとき、NMS100は、ネットワーク内のデバイスの波長特性を考慮

して波長変換を行う。例えば、波長特性は、ノード200に搭載された光アンプにおけるNF特性等である。光アンプのNF特性は、短波長側が長波長側に比較して特性が劣るといふ特徴がある。図14はNF特性と、波長割り当てのアルゴリズムを示した概念図である。例えば、全波長帯を10分割し、波長帯に基づいて、NF特性が平均化されるように波長変換を行う。一例では、ノード200において、波長帯1を波長帯10へ変換、波長帯4を波長帯5へ変換等するよう制御することで、NF特性を平均化できる。すなわち、平均値に対する減少量（劣化量）と平均値に対する増加量（向上量）が等しい量（絶対値が等しい）の波長帯間で波長を変換する。なお、S102以降は、実施の形態1の動作と同じなため、説明を省略する。

[0082] 以上のように、本実施の形態では、ネットワーク内のデバイスの波長特性を考慮して波長変換を行ってもよい。例えば、全波長帯を複数に分割し、NF特性が平均化されるように波長変換を行ってもよい。このように、NF等の特性を考慮して波長変換を行うことにより、パスの品質が均一化されるとともに、アナログ補償が必要なパスを削減することが可能である。

[0083] なお、本開示は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。

[0084] 上述の実施形態における各構成は、ハードウェア又はソフトウェア、もしくはその両方によって構成され、1つのハードウェア又はソフトウェアから構成してもよいし、複数のハードウェア又はソフトウェアから構成してもよい。各装置及び各機能（処理）を、図15に示すような、CPU（Central Processing Unit）等のプロセッサ31及び記憶装置であるメモリ32を有するコンピュータ30により実現してもよい。例えば、メモリ32に実施形態における方法（管理方法や制御方法）を行うためのプログラムを格納し、各機能を、メモリ32に格納されたプログラムをプロセッサ31で実行することにより実現してもよい。

[0085] これらのプログラムは、コンピュータに読み込まれた場合に、実施形態で説明された1又はそれ以上の機能をコンピュータに行わせるための命令群（

又はソフトウェアコード)を含む。プログラムは、非一時的なコンピュータ可読媒体又は実体のある記憶媒体に格納されてもよい。限定ではなく例として、コンピュータ可読媒体又は実体のある記憶媒体は、random-access memory (RAM)、read-only memory (ROM)、フラッシュメモリ、solid-state drive (SSD) 又はその他のメモリ技術、CD-ROM、digital versatile disc (DVD)、Blu-ray (登録商標) ディスク又はその他の光ディスクストレージ、磁気カセット、磁気テープ、磁気ディスクストレージ又はその他の磁気ストレージデバイスを含む。プログラムは、一時的なコンピュータ可読媒体又は通信媒体上で送信されてもよい。限定ではなく例として、一時的なコンピュータ可読媒体又は通信媒体は、電氣的、光学的、音響的、またはその他の形式の伝搬信号を含む。

[0086] 以上、実施の形態を参照して本開示を説明したが、本開示は上記実施の形態に限定されるものではない。本開示の構成や詳細には、本開示のScope内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

[0087] 上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

(付記1)

光-アナログ-光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理するパス管理手段と、

前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理する波長変換管理手段と、

前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御する制御手段と、
を備える管理装置。

(付記2)

前記制御手段は、前記パスの波長変換情報を前記光ノード装置に通知する

ことにより、前記パスにおける前記光ノード装置が、前記光ノード装置よりも前の経路において波長変換された全てのパスに対しアナログ補償を行うよう制御する、

付記 1 に記載の管理装置。

(付記 3)

前記パスの波長変換特性を示す波長変換特性情報を管理する波長変換特性管理手段を備え、

前記制御手段は、前記波長変換特性情報に基づいて、アナログ補償を行うパスの候補を決定し、前記決定したパスに対しアナログ補償を行うよう前記光ノード装置を制御する、

付記 1 に記載の管理装置。

(付記 4)

前記波長変換特性情報は、前記パスにおける波長変換前の伝送距離、前記パスにおける波長変換後の伝送距離、前記パスの推定信号劣化度、前記パスにおいてアナログ補償を行うノードの識別情報を含む、

付記 3 に記載の管理装置。

(付記 5)

前記制御手段は、全波長帯を複数に分割し、NF (Noise Figure) 特性が平均化されるように前記波長変換を行うよう制御する、

付記 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の管理装置。

(付記 6)

全光ネットワークを構成する光ノード装置であって、

光信号を受信する光受信手段と、

前記受信した光信号を光-アナログ-光変換により波長変換する波長変換手段と

前記波長変換された光信号を送信する光送信手段と、

前記全光ネットワークを管理する管理装置からの通知に応じて、前記波長変換手段において波長変換及びアナログ補償を実行するよう制御するノード

制御手段と、

を備える光ノード装置。

(付記 7)

前記波長変換手段に入力される光信号をモニタするモニタ手段を備え、

前記ノード制御手段は、前記管理装置から通知されるパスの波長変換情報に基づいて、自装置を含むパスであって自装置よりも前の経路において波長変換された全てのパスを前記モニタ手段によりモニタし、前記モニタ結果に基づいてアナログ補償を行うよう制御する、

付記 6 に記載の光ノード装置。

(付記 8)

前記ノード制御手段は、前記モニタしたパスのうち、品質が所定の閾値よりも劣化しているパスに対しアナログ補償を行うよう制御する、

付記 7 に記載の光ノード装置。

(付記 9)

前記ノード制御手段は、前記管理装置から通知されるアナログ補償対象のパスの情報に基づいて、該当するパスに対しアナログ補償を行うよう制御する、

付記 6 に記載の光ノード装置。

(付記 10)

光-アナログ-光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークと、前記全光ネットワークを管理する管理装置とを備え、

前記管理装置は、

前記全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理するパス管理手段と、

前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理する波長変換管理手段と、

前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に

基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御する制御手段と、
を備える光ネットワークシステム。

(付記 1 1)

光-アナログ-光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理し、

前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理し、

前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御する、

制御方法。

(付記 1 2)

光-アナログ-光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理し、

前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理し、

前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御する、

処理をコンピュータに実行させるための制御プログラムが格納された非一時的なコンピュータ可読媒体。

(付記 1 3)

光受信器のアナログ信号出力を光送信器のアナログ信号入力に直接接続して波長変換を行うアナログ波長変換を用いたオールフォトニクス・ネットワークにおける制御方式であって、

NMSは波長資源と使用状況を管理するパスデータベースと、

波長変換情報を管理する波長管理データベースを具備し、
前記パスデータベースに基づき波長変換を行うとともに、前記波長変換管理データベースを参照してアナログ補償を行うことを特徴とするパス制御方式。

(付記 1 4)

通信経路上のノードにおいて、前記波長変換管理ベースの情報を参照し、自ノード以前の経路において波長変換されたすべてのパスをモニタし、モニタ情報に基づきアナログ補償を行うことを特徴とする付記 1 3 に記載のパス制御方式。

(付記 1 5)

前記 NMS は波長変換前の伝送距離、波長変換後の伝送距離、推定信号劣化度、アナログ補償ノード番号を保持した波長変換特性データベースを具備し、前記波長変換特性データベースを参照してアナログ補償を行うパスの候補を決定するとともに、前記パスのみアナログ補償を行うことを特徴とする付記 1 3 に記載のパス制御方式。

(付記 1 6)

全波長帯を複数に分割し、NF 特性が平均化されるように前記波長変換を行うことを特徴とする付記 1 3 乃至 1 4 のいずれかに記載のパス制御方式。

(付記 1 7)

付記 1 3 に記載のパス制御方式を具備することを特徴とするネットワークマネジメントシステム。

(付記 1 8)

付記 1 3 に記載のパス制御方式を具備することを特徴とする光ネットワーク装置。

(付記 1 9)

付記 1 3 に記載のパス制御方式を具備することを特徴とする光ネットワーク制御プログラム。

符号の説明

- [0088] 1 光ネットワークシステム
- 2 オールフォトニクス・ネットワーク
- 1 0 管理装置
- 1 1 パス管理部
- 1 2 波長変換管理部
- 1 3 制御部
- 2 0 ノード
- 2 1 光受信部
- 2 2 波長変換部
- 2 3 光送信部
- 2 4 ノード制御部
- 3 0 コンピュータ
- 3 1 プロセッサ
- 3 2 メモリ
- 1 0 0 NMS
- 1 0 1 パスデータベース
- 1 0 2 波長変換管理データベース
- 1 0 3 ネットワーク制御部
- 1 0 4 波長変換特性データベース
- 2 0 0 ノード
- 2 0 1 伝送損失補償光アンプ
- 2 0 2 光スイッチ
- 2 0 3 ノード損失補償光アンプ
- 2 0 4 波長スイッチ
- 2 0 5 タップカプラ
- 2 0 6 光パスモニタ
- 2 0 7 ノードコントローラ
- 2 1 0 アナログ波長変換器プール

2 1 1 O - A - O 波長変換器

3 0 0 光伝送路

3 0 0 a、3 0 0 b 光ファイバ

請求の範囲

- [請求項1] 光ーアナログー光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理するパス管理手段と、
- 前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理する波長変換管理手段と、
- 前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御する制御手段と、
- を備える管理装置。
- [請求項2] 前記制御手段は、前記パスの波長変換情報を前記光ノード装置に通知することにより、前記パスにおける前記光ノード装置が、前記光ノード装置よりも前の経路において波長変換された全てのパスに対しアナログ補償を行うよう制御する、
- 請求項1に記載の管理装置。
- [請求項3] 前記パスの波長変換特性を示す波長変換特性情報を管理する波長変換特性管理手段を備え、
- 前記制御手段は、前記波長変換特性情報に基づいて、アナログ補償を行うパスの候補を決定し、前記決定したパスに対しアナログ補償を行うよう前記光ノード装置を制御する、
- 請求項1に記載の管理装置。
- [請求項4] 前記波長変換特性情報は、前記パスにおける波長変換前の伝送距離、前記パスにおける波長変換後の伝送距離、前記パスの推定信号劣化度、前記パスにおいてアナログ補償を行うノードの識別情報を含む、
- 請求項3に記載の管理装置。
- [請求項5] 前記制御手段は、全波長帯を複数に分割し、NF (Noise Figure) 特性が平均化されるように前記波長変換を行うよう制御する、

請求項1乃至4のいずれか一項に記載の管理装置。

[請求項6]

全光ネットワークを構成する光ノード装置であって、
光信号を受信する光受信手段と、

前記受信した光信号を光－アナログ－光変換により波長変換する波長変換手段と

前記波長変換された光信号を送信する光送信手段と、

前記全光ネットワークを管理する管理装置からの通知に応じて、前記波長変換手段において波長変換及びアナログ補償を実行するよう制御するノード制御手段と、

を備える光ノード装置。

[請求項7]

前記波長変換手段に入力される光信号をモニタするモニタ手段を備え、

前記ノード制御手段は、前記管理装置から通知されるパスの波長変換情報に基づいて、自装置を含むパスであって自装置よりも前の経路において波長変換された全てのパスを前記モニタ手段によりモニタし、前記モニタ結果に基づいてアナログ補償を行うよう制御する、

請求項6に記載の光ノード装置。

[請求項8]

前記ノード制御手段は、前記モニタしたパスのうち、品質が所定の閾値よりも劣化しているパスに対しアナログ補償を行うよう制御する、

請求項7に記載の光ノード装置。

[請求項9]

前記ノード制御手段は、前記管理装置から通知されるアナログ補償対象のパスの情報に基づいて、該当するパスに対しアナログ補償を行うよう制御する、

請求項6に記載の光ノード装置。

[請求項10]

光－アナログ－光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークと、前記全光ネットワークを管理する管理装置とを備え、

前記管理装置は、

前記全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理するパス管理手段と、

前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理する波長変換管理手段と、

前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御する制御手段と、

を備える光ネットワークシステム。

[請求項11]

光ーアナログー光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理し、

前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理し、

前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御する、

制御方法。

[請求項12]

光ーアナログー光変換により波長変換を行う光ノード装置を備えた全光ネットワークにおけるパスに使用可能な波長資源と前記波長資源の使用状況とを管理し、

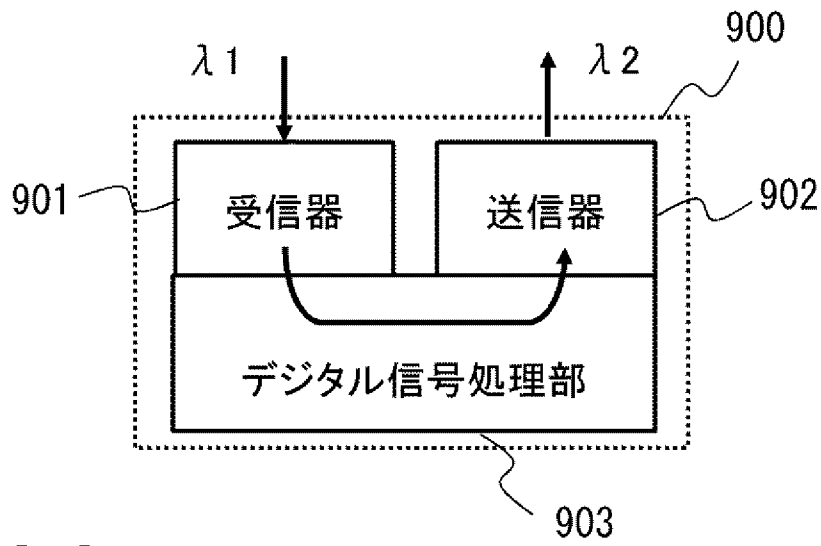
前記パスを構成する前記光ノード装置における波長変換を含むパスの波長変換情報を管理し、

前記管理された波長資源及び使用状況に基づいて、前記光ノード装置における波長変換を制御するとともに、前記管理されたパスの波長変換情報に基づいて、前記光ノード装置におけるアナログ補償を制御

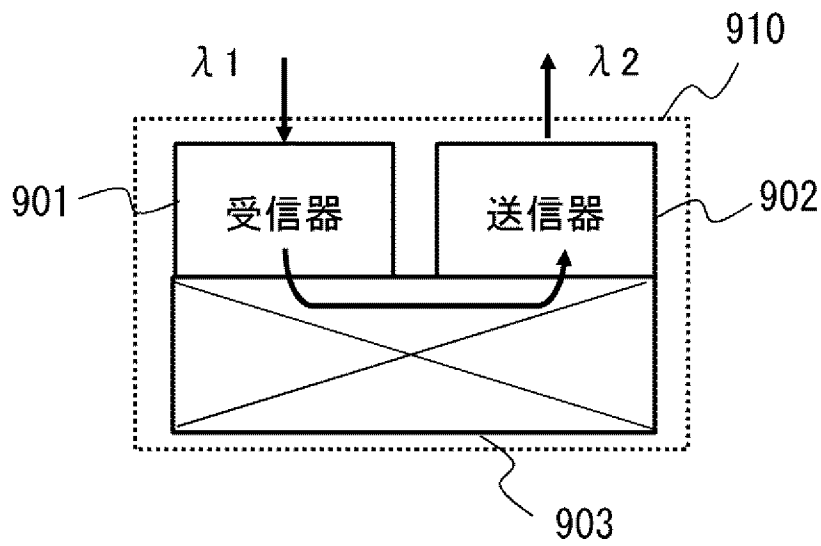
する、

処理をコンピュータに実行させるための制御プログラムが格納された非一時的なコンピュータ可読媒体。

[図1]
Fig. 1



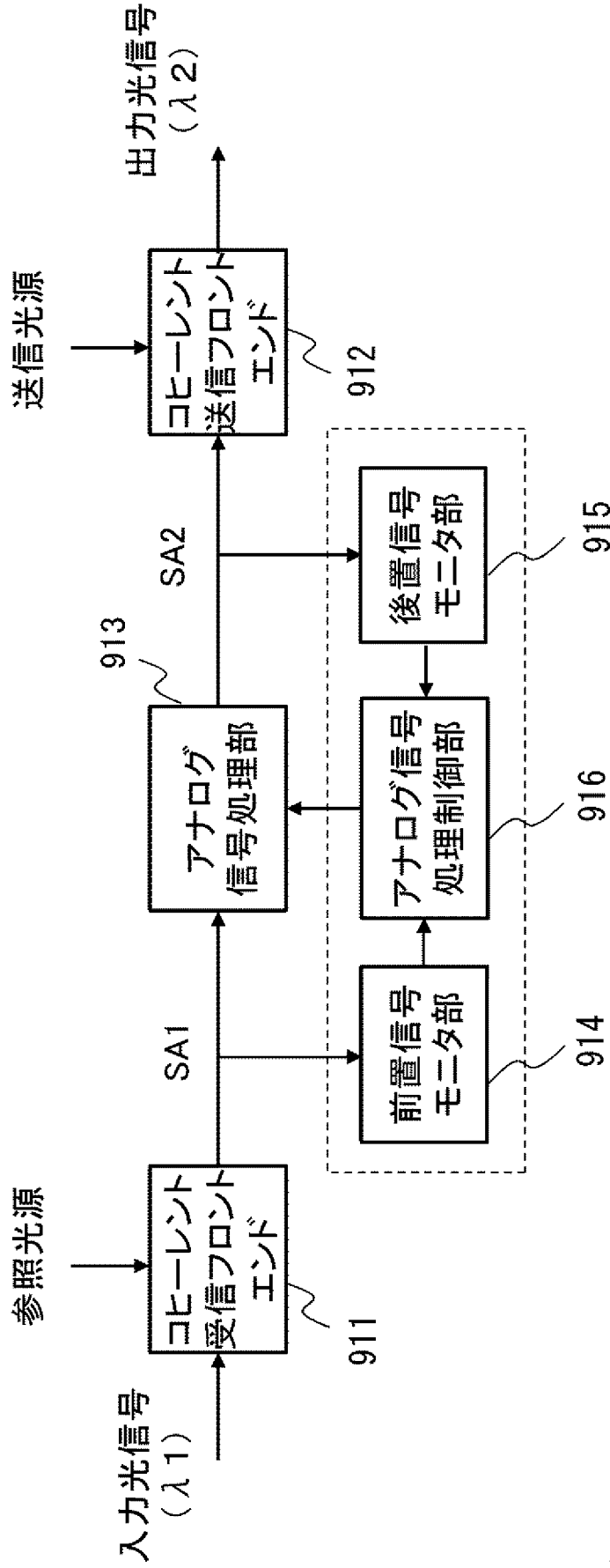
[図2]
Fig. 2



[図3]

Fig. 3

910



[図4]

800

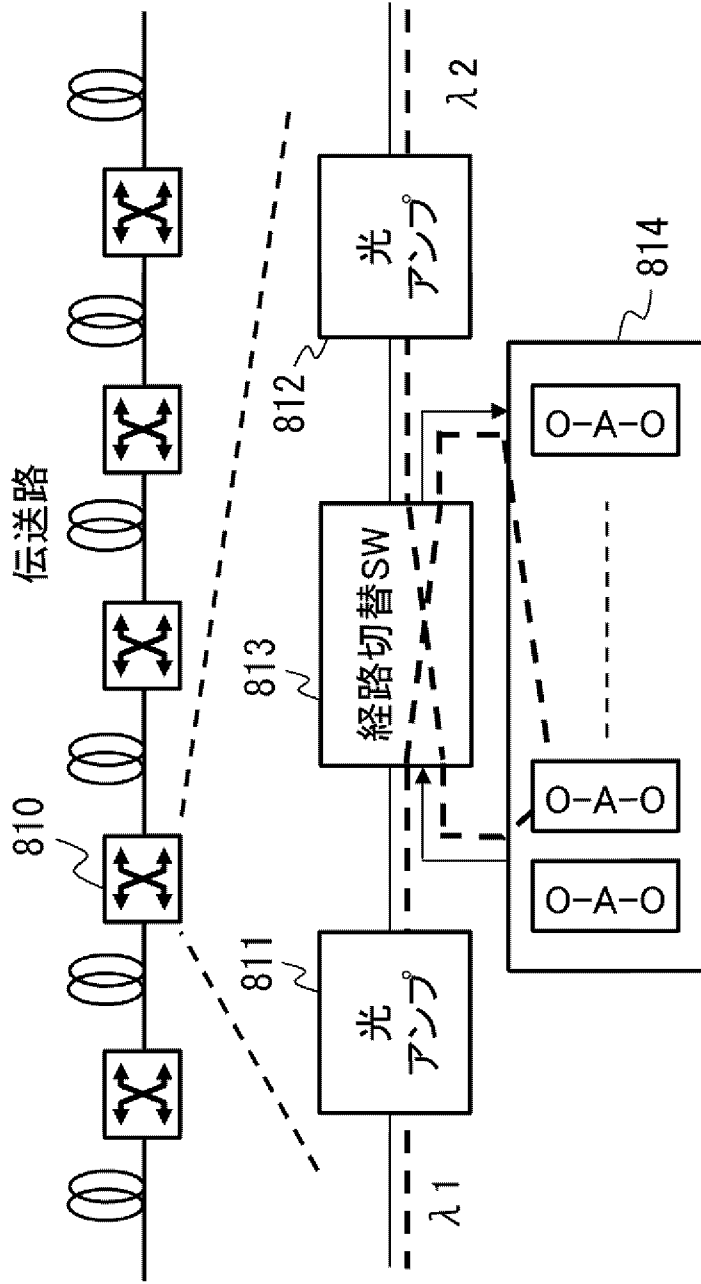
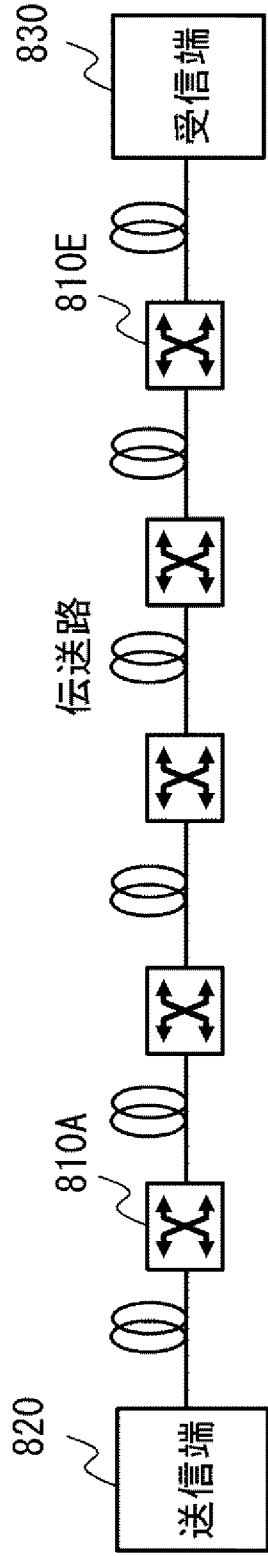


Fig. 4

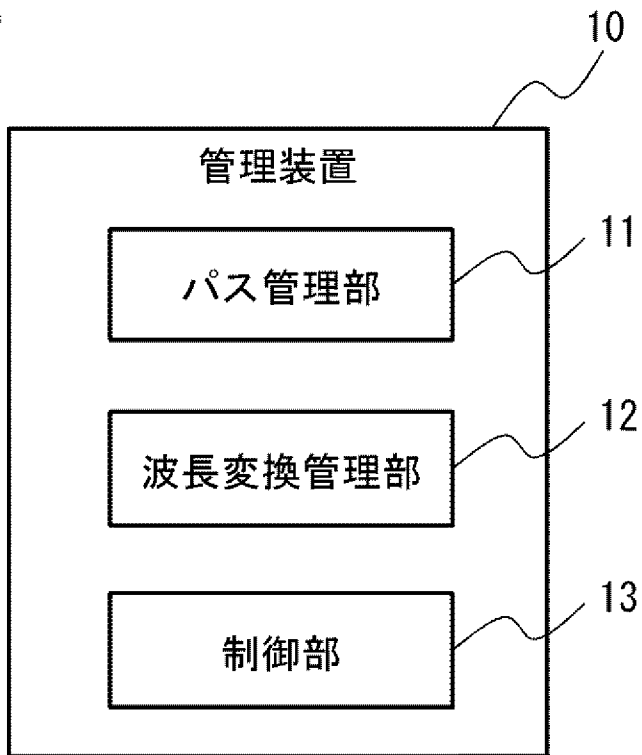
Fig. 5

[図5]

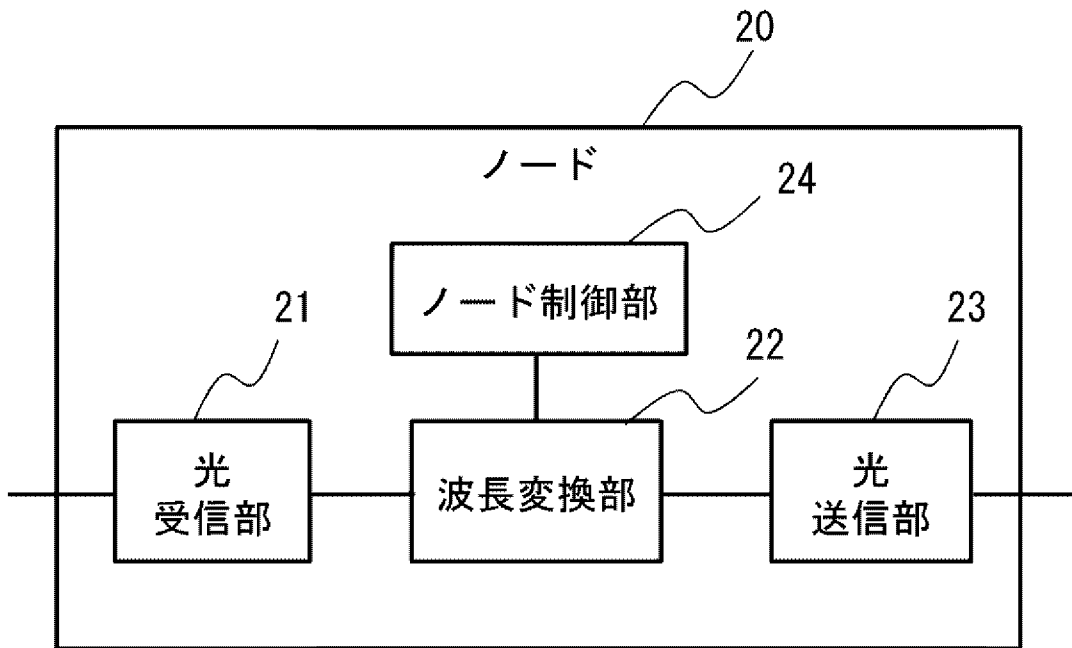
800



[図6]
Fig. 6



[図7]
Fig. 7



[図8]

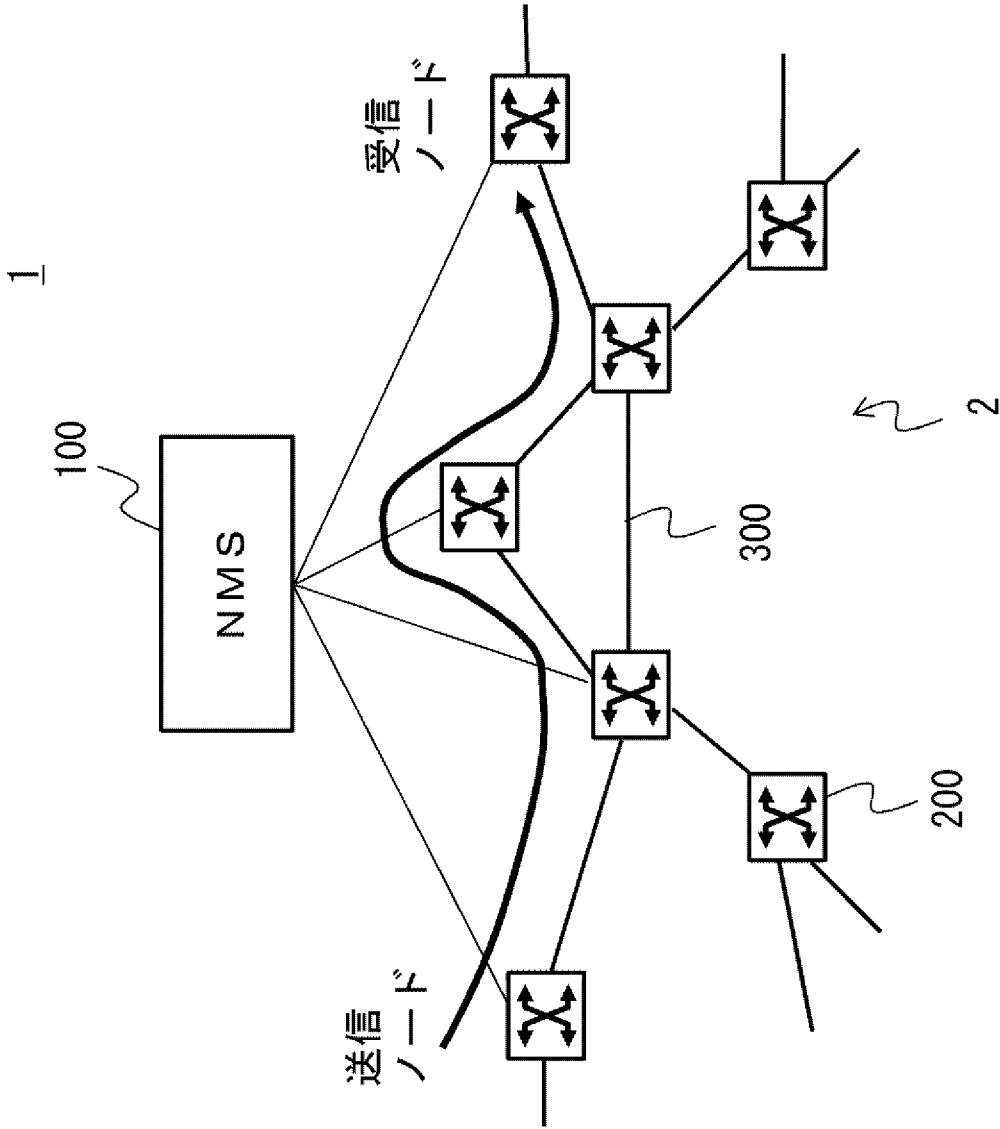


Fig. 8

[図9]

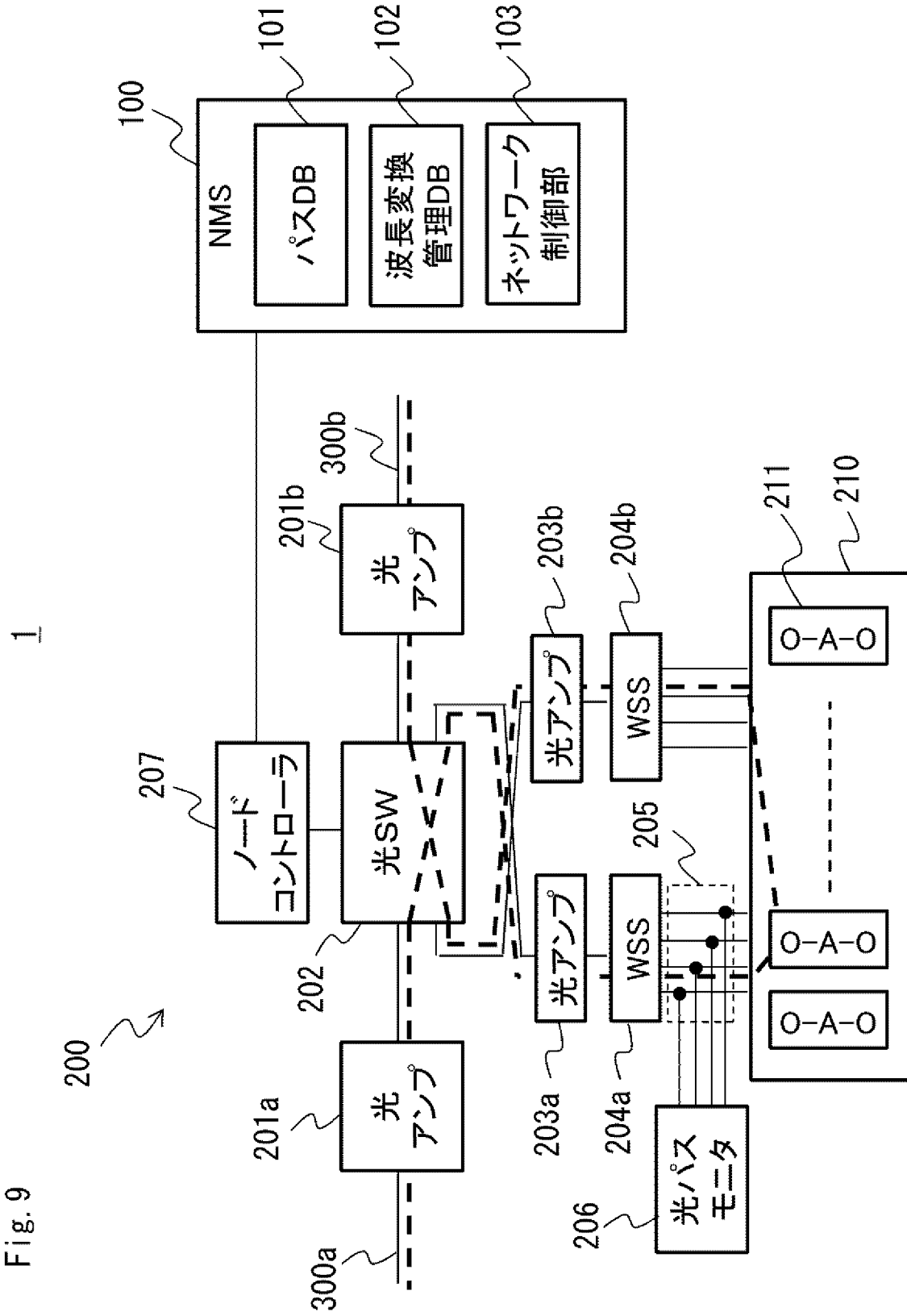
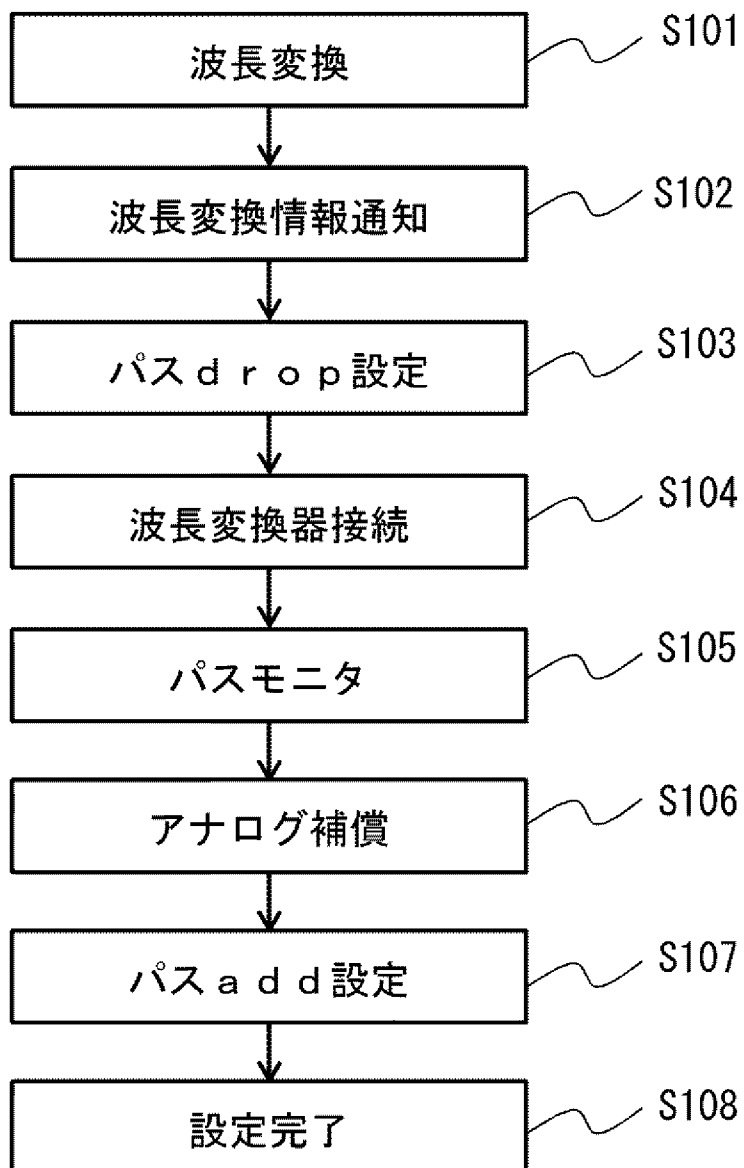


Fig. 9

1

[図10]
Fig. 10



[図11]

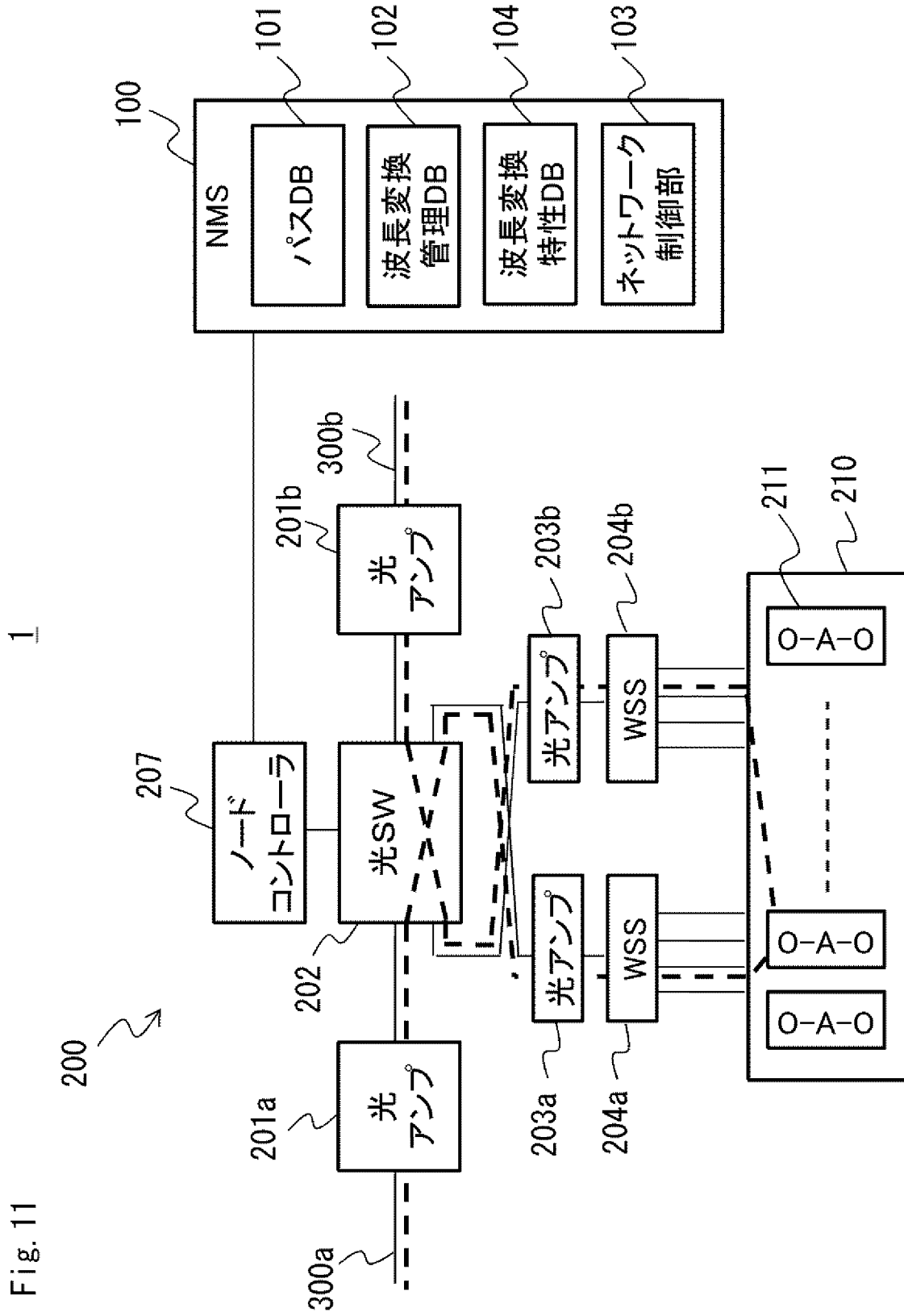
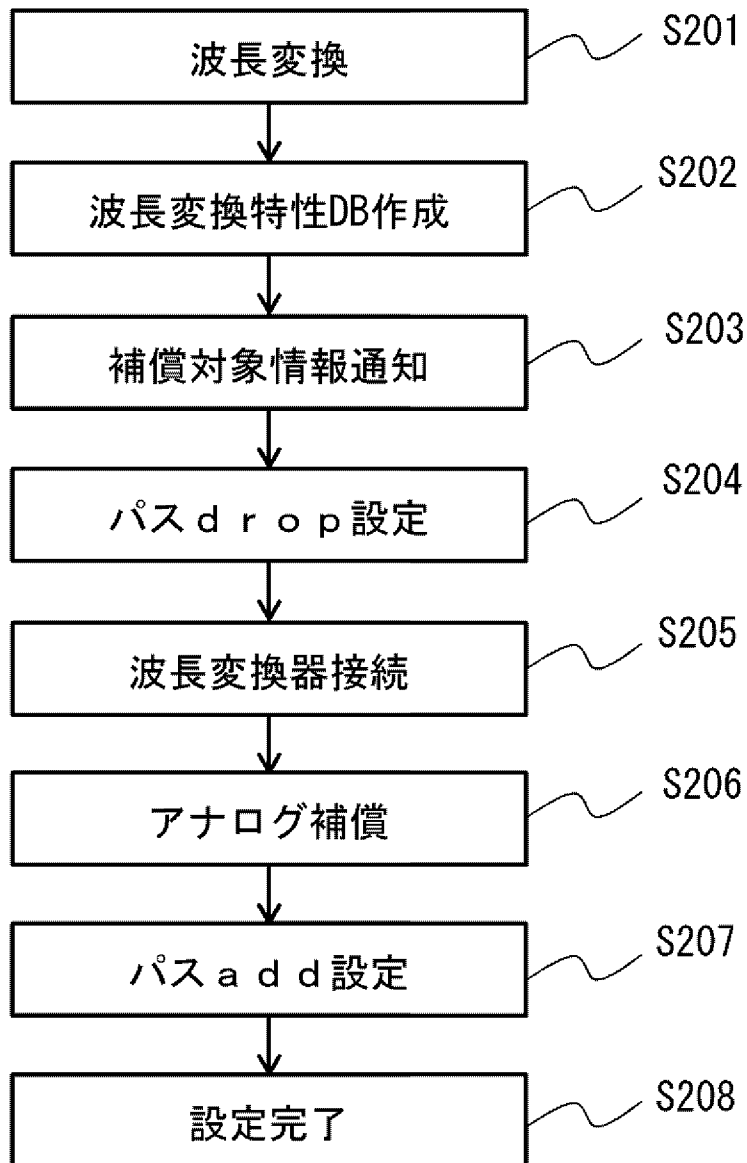
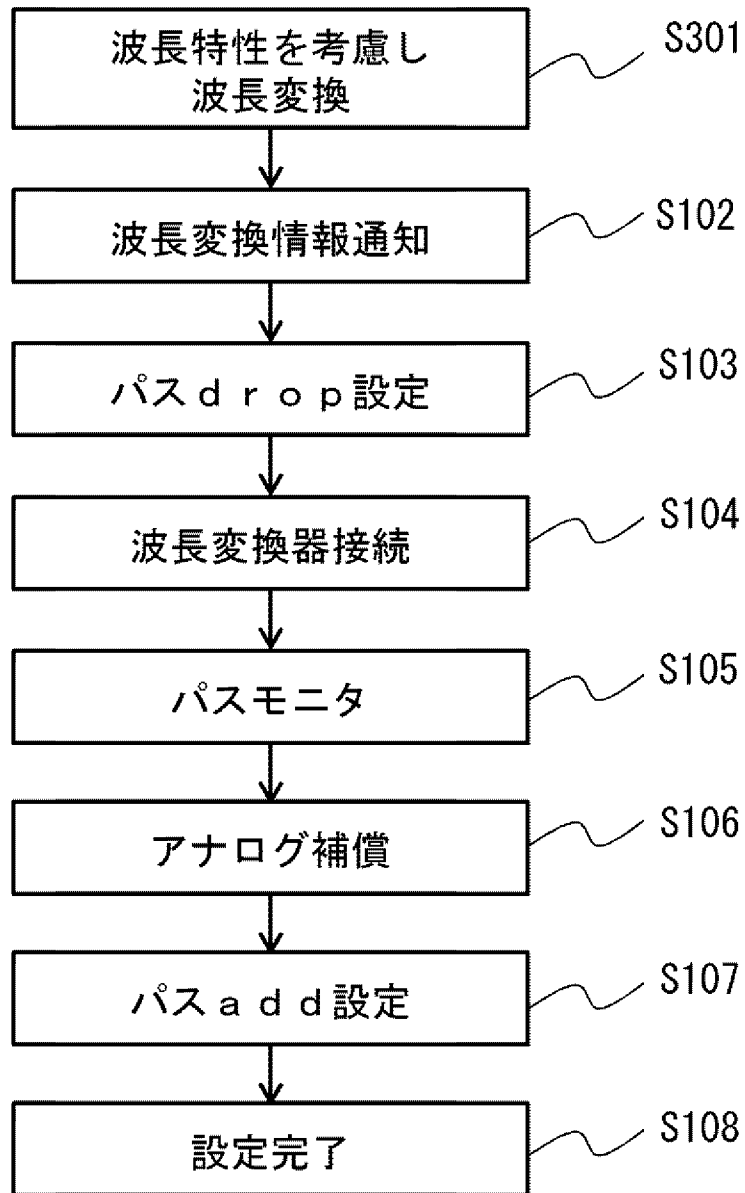


Fig. 11

[図12]
Fig. 12



[図13]
Fig. 13



[図14]

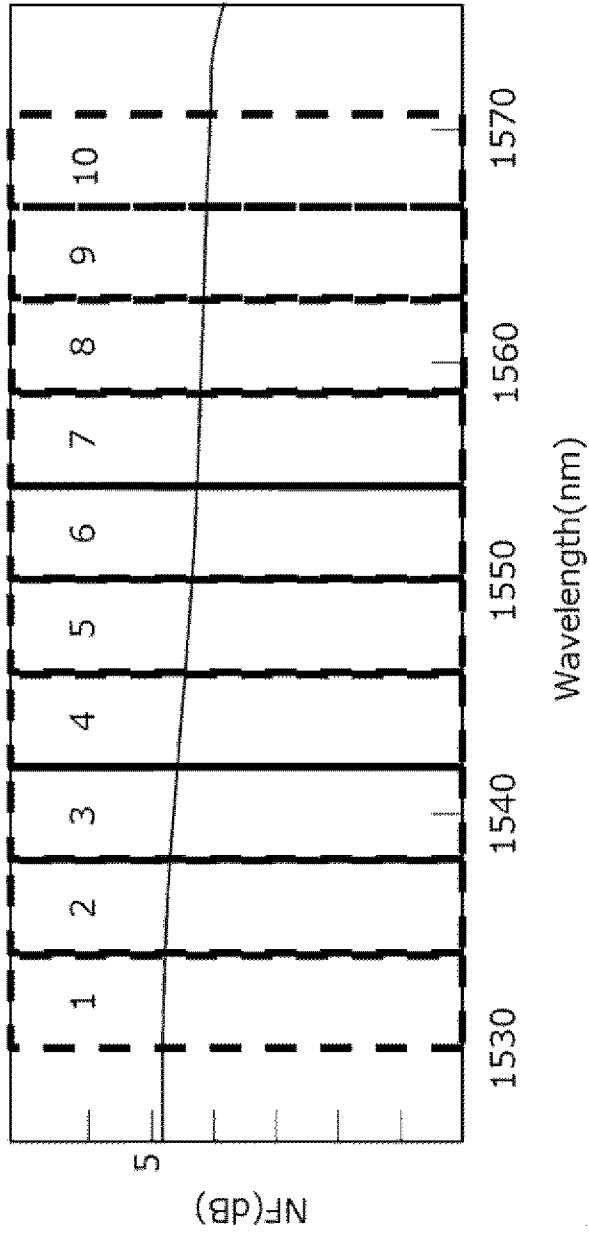
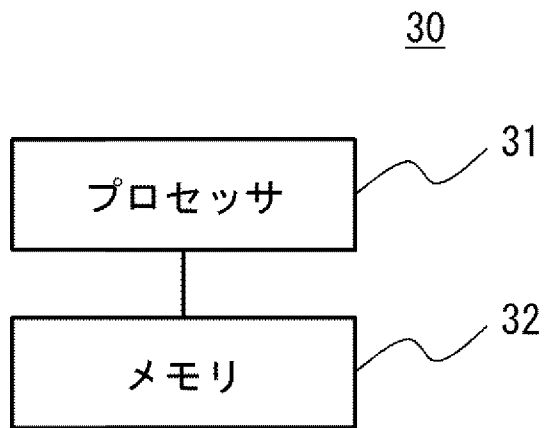


Fig. 14

[図15]
Fig. 15



30

31

32

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/045070

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER | | |
|--|--|--|
| H04B 10/27 (2013.01)j FI: H04B10/27 | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED | | |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04B10/27 | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022 | | |
| 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. |
| A | JP 2004-193974 A (FUJITSU LTD) 08 July 2004 (2004-07-08) entire text, all drawings | 1-12 |
| A | JP 2003-304563 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>) 24 October 2003 (2003-10-24) entire text, all drawings | 1-12 |
| A | JP 2009-17148 A (OKAYAMA UNIV) 22 January 2009 (2009-01-22) entire text, all drawings | 1-12 |
| A | JP 2003-318952 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>) 07 November 2003 (2003-11-07) entire text, all drawings | 1-12 |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 28 February 2022 | | Date of mailing of the international search report 08 March 2022 |
| Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan | | Authorized officer Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

| |
|---|
| International application No. PCT/JP2021/045070 |
|---|

| Patent document cited in search report | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|--|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| JP 2004-193974 A | 08 July 2004 | (Family: none) | |
| JP 2003-304563 A | 24 October 2003 | US 2003/0147645 A1 entire text, all drawings EP 1335627 A2 CA 2418384 A1 | |
| JP 2009-17148 A | 22 January 2009 | (Family: none) | |
| JP 2003-318952 A | 07 November 2003 | US 2003/0198227 A1 entire text, all drawings CA 2425721 A1 | |

| | | |
|--|--|----------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 10/27(2013.01)i FI: H04B10/27 | | |
| 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）） H04B10/27 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 - 2022年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2022年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2022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 |
| A | JP 2004-193974 A（富士通株式会社）08.07.2004（2004 - 07 - 08） 全文,全図 | 1-12 |
| A | JP 2003-304563 A（日本電信電話株式会社）24.10.2003（2003 - 10 - 24） 全文,全図 | 1-12 |
| A | JP 2009-17148 A（国立大学法人 岡山大学）22.01.2009（2009 - 01 - 22） 全文,全図 | 1-12 |
| A | JP 2003-318952 A（日本電信電話株式会社）07.11.2003（2003 - 11 - 07） 全文,全図 | 1-12 |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 28.02.2022 | 国際調査報告の発送日 08.03.2022 | |
| 名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 権限のある職員（特許庁審査官） 対馬 英明 5K 1211 電話番号 03-3581-1101 内線 3556 | |

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/045070

| 引用文献 | 公表日 | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|------------------|------------|------------------------------|-----|
| JP 2004-193974 A | 08.07.2004 | (ファミリーなし) | |
| JP 2003-304563 A | 24.10.2003 | US 2003/0147645 A1 全文, 全図 | |
| | | EP 1335627 A2 | |
| | | CA 2418384 A1 | |
| JP 2009-17148 A | 22.01.2009 | (ファミリーなし) | |
| JP 2003-318952 A | 07.11.2003 | US 2003/0198227 A1 全文, 全図 | |
| | | CA 2425721 A1 | |