

(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
2018年10月4日(04.10.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/181944 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 10/073 (2013.01) H04B 10/27 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/013749

(22) 国際出願日: 2018年3月30日(30.03.2018)

(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 2017-070713 2017年3月31日(31.03.2017) 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). 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: 石井 紀代(ISHII, Kiyoko); 〒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); 〒3058565 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). 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). 竹下 仁士(TAKESHITA, Hitoshi); 〒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). 田島 章雄(TAJIMA,

(54) Title: OPTICAL COMMUNICATION DEVICE AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 光通信装置及び光通信システム

[図2]

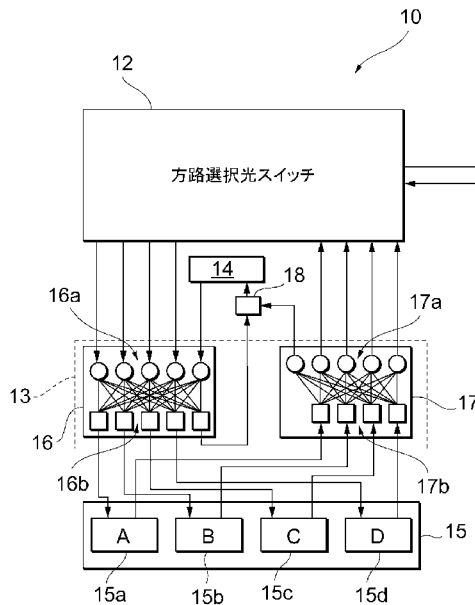


FIG. 2:
12 Path selection optical switch

(57) Abstract: Provided are an optical communication device and an optical communication system which can prevent installation costs from increasing when constructing an optical communication network including a device provided by another vendor or a device of another generation. The optical communication device 10 is provided with: a plurality of optical transponders 15a, 15b, 15c, 15d for performing a mutual exchange of optical signals and electrical signals; a noise adding part 14 for adding signal quality-reducing noise to the input optical signal, and then outputting the resultant optical

[続葉有]

WO 2018/181944 A1



Akio); 〒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: 稲葉 良幸, 外(INABA, Yoshiyuki et al.);
〒1066123 東京都港区六本木 6 - 1 0 -
1 六本木ヒルズ森タワー 2 3 階 T M I
総合法律事務所 Tokyo (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, 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,
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, 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))

signal; a first optical switch for outputting an optical signal, which is input from any one among the outside and the noise adding part 14, to at least any one of the plurality of optical transponders 15a, 15b, 15c, 15d; and a second optical switch for directly or indirectly outputting an optical signal, which is input from at least any one of the plurality of optical transponders 15a, 15b, 15c, 15d, to any one among the outside and the noise adding part 14.

(57) 要約: 異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を含んだ光通信ネットワークを構築する場合に、設備費用の増大を抑制することのできる光通信装置及び光通信システムを提供する。光通信装置 10 は、光信号と電気信号の相互変換を行う複数の光トランスポンダ 15 a, 15 b, 15 c, 15 d と、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して出力するノイズ付加部 14 と、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかから入力された光信号を、少なくとも複数の光トランスポンダ 15 a, 15 b, 15 c, 15 d のいずれかから出力する第 1 光スイッチと、少なくとも複数の光トランスポンダ 15 a, 15 b, 15 c, 15 d のいずれかから入力された光信号を、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかに直接的又は間接的に出力する第 2 光スイッチと、を備える。

明 細 書

発明の名称：光通信装置及び光通信システム

技術分野

[0001] 本発明は、光通信装置及び光通信システムに関する。

背景技術

[0002] 従来、光通信ネットワークは、単一ベンダが提供する単一ジェネレーションの装置によって構築されることがあり、異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を含むネットワークは、異なるネットワークドメインとして扱われることがあった。

[0003] 下記非特許文献1には、異なるベンダの装置や、異なるジェネレーションの装置を単一ドメインの光通信ネットワークに含めて運用するディスアグリゲート・システムが記載されている。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：M. D. Leenheere, et al., “Open and Programmable Metro Networks,” in Proc. OFC 2016, Paper Th1A.7

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 単一ベンダ、単一ジェネレーションの装置によって光通信ネットワークを構築する場合、実際には使用しない機能をも有する多機能な装置を導入せざるを得ないことがあり、光通信ネットワークを構築するための設備費用が増大することがあった。この点、異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を光通信ネットワークに含めることを許容することで、用途に応じて必要十分な機能を有する装置を導入することが可能となり、光通信ネットワークを構築するための設備費用が低減される。

[0006] しかしながら、異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を光通信ネットワークに含めると、通信が行われる装置のベンダの組合

せやジェネレーションの組合せが著しく増加し、装置間の通信品質を保証することが困難となる。ここで、どのような装置の組合せであっても通信品質が一定以上になるように、全ての装置の通信性能を十分に高くすることが考えられるが、そのような装置を導入することとすると、設備費用が増大し、異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を光通信ネットワークに含める利点が損なわれる。

[0007] そこで、本発明は、異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を含んだ光通信ネットワークを構築する場合に、設備費用の増大を抑制することのできる光通信装置及び光通信システム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] 本発明の一態様に係る光通信装置は、光信号と電気信号の相互変換を行う複数の光トランスポンダと、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して出力するノイズ付加部と、外部及びノイズ付加部のいずれかから入力された光信号を、少なくとも複数の光トランスポンダのいずれかに出力する第1光スイッチと、少なくとも複数の光トランスポンダのいずれかから入力された光信号を、外部及びノイズ付加部のいずれかに直接的又は間接的に出力する第2光スイッチと、を備える。

[0009] この態様によれば、ノイズ付加部によって、複数の光トランスポンダの間で伝送される光信号に意図的にノイズを付加することで、異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を含んだ光通信ネットワークを構築した場合に、通信品質をオンデマンドで測定することができる。そのため、通信品質が一定以上となる装置の組み合わせを特定することができ、様々な性能の装置を導入することが許容されるため、設備費用の増大を抑制することができる。

[0010] 上記態様において、入力された光信号をノイズ付加部に出力する第3光スイッチをさらに備え、第1光スイッチは、外部及びノイズ付加部のいずれかから入力された光信号を、複数の光トランスポンダ及び第3光スイッチのい

ずれかに出力し、第2光スイッチは、複数の光トランスポンダのいずれかから入力された光信号を、外部及び第3光スイッチのいずれかに出力してもよい。

[0011] この態様によれば、第1光スイッチから光信号が入力される第3光スイッチを備えることで、外部から入力された光信号にノイズを付加して、光トランスポンダに伝送することができる。そのため、2台以上の光通信装置にそれぞれ含まれる光トランスポンダ間の通信品質の測定が容易に行える。

[0012] 上記態様において、第1光スイッチは、外部及びノイズ付加部のいずれかから入力された光信号を、複数の光トランスポンダ及び第2光スイッチのいずれかに出力し、第2光スイッチは、複数の光トランスポンダ及び第1光スイッチのいずれかから入力された光信号を、外部及びノイズ付加部のいずれかに出力してもよい。

[0013] この態様によれば、第1光スイッチが第2光スイッチに光信号を出力することで、第1光スイッチ及び第2光スイッチ以外に独立した光スイッチを増設せずに、ノイズ付加部によって光信号にノイズを付加して光トランスポンダに伝送することができる。そのため、2台以上の光通信装置にそれぞれ含まれる光トランスポンダ間の通信品質の測定が容易に行え、部品点数の増加を抑えることができる。

[0014] 上記態様において、第1光スイッチは、外部から入力された光信号を分岐させる複数の第1光スプリッタと、ノイズ付加部から入力された光信号を、選択された出力先に出力する第4光スイッチと、複数の第1光スプリッタ及び第4光スイッチのいずれかから入力された光信号を、少なくとも複数の光トランスポンダのいずれかに出力する複数の第5光スイッチと、を含んでもよい。

[0015] この態様によれば、ノイズ付加部から第1光スイッチに入力された光信号を、第4光スイッチから複数の第5光スイッチに振り分けることで、光スプリッタから複数の第5光スイッチに振り分ける場合よりも、光信号が光スプリッタを通過する回数を低減することができ、ノイズ付加部によるノイズ付

加の許容量が増加する。そのため、2台以上の光通信装置にそれぞれ含まれる光トランスポンダ間の通信品質の測定に用いることのできるノイズ付加のマージンが増加し、通信品質の測定をより柔軟に行うことができる。

[0016] 上記態様において、第2光スイッチは、複数の光トランスポンダから入力された光信号を、選択された出力先に出力する複数の第6光スイッチと、複数の第6光スイッチから入力された光信号を、外部に出力する複数の第2光スプリッタと、複数の第6光スイッチから入力された光信号を、ノイズ付加部に出力する第7光スイッチと、を含んでもよい。

[0017] この態様によれば、光トランスポンダから第2光スイッチに入力された光信号を、第7光スイッチからノイズ付加部に伝送することで、第2光スプリッタからノイズ付加部に伝送する場合よりも、光信号が光スプリッタを通過する回数を低減することができ、ノイズ付加部によるノイズ付加の許容量が増加する。そのため、2台以上の光通信装置にそれぞれ含まれる光トランスポンダ間の通信品質の測定に用いることのできるノイズ付加のマージンが増加し、通信品質の測定をより柔軟に行うことができる。

[0018] 上記態様において、複数の光トランスポンダ、ノイズ付加部、第1光スイッチ及び第2光スイッチを制御するコントローラをさらに備えてもよい。

[0019] この態様によれば、コントローラによってノイズ付加部等を制御することで、光通信装置が備える複数の光トランスポンダ間の通信品質を自律的に測定することができる。

[0020] 本発明の一態様に係る光通信システムは、上記いずれかの態様に記載の光通信装置と、光通信装置を管理するマネジメント装置と、を含む光通信システムであって、光通信装置は、複数の光トランスポンダのうち2つの光トランスポンダの一方から他方に、ノイズ付加部を通るように光信号を伝送して、通信品質を測定した測定結果をマネジメント装置に通知する。

[0021] この態様によれば、光通信装置が備える複数の光トランスポンダ間の通信品質を測定した測定結果をマネジメント装置によってまとめて管理することができ、他の光通信装置において同様の光トランスポンダ間に関する通信品

質の確認が要求された場合に、測定結果を流用して通信品質の確認を効率化することができる。

[0022] 上記態様において、上記いずれかの態様に記載の光通信装置である第1光通信装置及び第2光通信装置を含み、第1光通信装置は、複数の光トランスポンダのうちいずれかから第2光通信装置に光信号を送信し、第2光通信装置は、当該光信号を、ノイズ付加部を通して伝送し、複数の光トランスポンダのうちいずれかによって受信し、第1光通信装置及び第2光通信装置は、通信品質を測定した測定結果をそれぞれマネジメント装置に通知してもよい。

[0023] この態様によれば、光通信装置のペアがそれぞれ備える複数の光トランスポンダ間の通信品質を測定した測定結果をマネジメント装置によってまとめて管理することができ、他の光通信装置ペアにおいて同様の光トランスポンダ間に関する通信品質の確認が要求された場合に、測定結果を流用して通信品質の確認を効率化することができる。また、受信側の光通信装置においてノイズを付加することで、送信側の光通信装置においてノイズを付加する場合よりも通信品質の測定処理を簡素化できる。

[0024] 上記態様において、第1光通信装置及び第2光通信装置は、通信品質を測定する複数の光トランスポンダの組合せを、予め定められた周期で更新して、それぞれ通信品質の測定を行い、第1光通信装置及び第2光通信装置は、通信品質を測定した測定結果をそれぞれマネジメント装置に通知してもよい。

[0025] この態様によれば、光通信装置のペアがそれぞれ自律的に通信品質を測定する光トランスポンダのペアの更新を行い、測定結果をまとめてマネジメント装置に通知することで、マネジメント装置の処理負荷及び通信負荷を軽減することができる。

[0026] 上記態様において、マネジメント装置は、複数の光トランスポンダのうち通信品質の測定が既に行われている光トランスポンダの種類の組合せを、当該組合せに関する通信品質の測定結果とともに記憶する記憶部と、第1光通

信装置から第2光通信装置へ光信号を伝送する場合における経路の伝送特性を算出する算出部と、第1光通信装置の光トランスポンダと第2光通信装置の光トランスポンダの組合せが、通信品質の測定が既に行われている光トランスポンダの種類の組合せである場合に、記憶部に記憶された通信品質の測定結果と、算出部により算出された伝送特性とに基づいて通信品質を推定する推定部と、を備えてもよい。

[0027] この態様によれば、通信品質の測定が既に行われている光トランスポンダの種類の組み合わせが、通信品質の測定を行った際と異なるネットワーク構造を介して接続されている場合であっても、通信品質の推定を行うことができる。そのため、異なるネットワーク構造毎に通信品質の測定を行わずともよく、通信品質の測定処理を実行する回数を低減することができ、光通信装置及びマネジメント装置の演算負荷や通信負荷を低減することができる。

[0028] 上記態様において、マネジメント装置は、複数の光トランスポンダのうち通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組合せを抽出する抽出部をさらに備え、抽出部により抽出された光トランスポンダの種類の組合せについて、第1光通信装置及び第2光通信装置の一方又は両方に対して、通信品質の測定を行わせて、当該通信品質の測定結果を記憶部に記憶してもよい。

[0029] この態様によれば、通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組み合わせを減少させることができ、通信品質の推定を行うことのできる光トランスポンダの種類の組み合わせを増加させることができるため、通信品質の測定処理を実行する回数を低減することができ、光通信装置及びマネジメント装置の演算負荷や通信負荷を低減することができる。

発明の効果

[0030] 本発明によれば、異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を含んだ光通信ネットワークを構築する場合に、設備費用の増大を抑制することのできる光通信装置及び光通信システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0031] [図1]本発明の実施形態に係る光通信システムの概要を示す図である。
- [図2]本発明の実施形態に係る光通信装置の構成の第1例を示す図である。
- [図3]本発明の実施形態に係る光通信装置の構成の第2例を示す図である。
- [図4]本発明の実施形態に係る光通信装置の構成の第3例を示す図である。
- [図5]本発明の実施形態に係る光通信装置の構成の第4例を示す図である。
- [図6]本発明の実施形態に係る光通信装置の構成の第5例を示す図である。
- [図7]本発明の実施形態に係るマネジメント装置の機能ブロックを示す図である。
- [図8]本発明の実施形態に係る光通信システムにより実行される第1処理のフローチャートである。
- [図9]本発明の実施形態に係る光通信システムにより実行される第2処理のフローチャートである。
- [図10]本発明の実施形態に係る光通信システムにより実行される第3処理のフローチャートである。
- [図11]本発明の実施形態に係る光通信システムにより実行される第4処理のフローチャートである。
- [図12]本発明の実施形態に係る光通信システムにより実行される第5処理のフローチャートである。

発明を実施するための形態

- [0032] 添付図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。なお、各図において、同一の符号を付したものは、同一又は同様の構成を有する。
- [0033] 図1は、本発明の実施形態に係る光通信システム1の概要を示す図である。光通信システム1は、複数の光通信装置10と、光通信装置10を管理するマネジメント装置100と、を含む。本例では、複数の光通信装置10は、光ファイバFで接続されて、光信号を送受信する。光通信装置10は、コントローラ11、方路選択光スイッチ12、トランスポンダ集約光スイッチ13、ノイズ付加部14及びトランスポンダバンク15を備える。コントロ

ーラ 11 は、方路選択光スイッチ 12、トランスポンダ集約光スイッチ 13、ノイズ付加部 14 及びトランスポンダバンク 15 を制御する。方路選択光スイッチ 12 は、光ファイバ F から入力された光信号をトランスポンダ集約光スイッチ 13 の所定のポートに出力し、トランスポンダ集約光スイッチ 13 から入力された光信号を光ファイバ F に出力する。方路選択光スイッチ 12 は、例えば、波長選択光スイッチ、光スプリッタ、光スイッチ等で構成されてよい。ノイズ付加部 14 は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して出力する。ここで、ノイズの付加は、光強度のロス付加、ASE (Amplified Spontaneous Emission) 付加、波長分散付加、偏波分散付加、PDL (Polarization Dependent Loss) 付加、帯域狭窄等を単一で行うものであってもよいし、組み合わせて行うものであってもよい。トランスポンダバンク 15 は、第 1 光トランスポンダ 15 a、第 2 光トランスポンダ 15 b、第 3 光トランスポンダ 15 c 及び第 4 光トランスポンダ 15 d を含む。本例のトランスポンダバンク 15 は、4 つの光トランスポンダを含むが、トランスポンダバンク 15 が含む光トランスポンダの数は任意である。光トランスポンダは、光信号と電気信号の相互変換を行う。なお、同図では光トランスポンダに入出力される光信号を図示しており、電気信号の入出力については図示を省略しているが、光トランスポンダは、Ethernet スイッチ等と接続するためのクライアント側ポートを有してよい。

[0034] マネジメント装置 100 は、光通信装置 10 のコントローラ 11 に対して光信号の伝送経路を制御するための信号を送信したり、光通信装置 10 から通信品質の測定結果を受信したりする。本例のマネジメント装置 100 は、NMS (Network Management System) と表されている。なお、同図では、複数の光通信装置 10 が直列的に光ファイバ F で接続され、それぞれマネジメント装置 100 と接続されている例を示しているが、光通信システム 1 の構成はこれに限られない。複数の光通信装置 10 により構成されるネットワークは、任意の構造を有してよいし、マネジメント装置 100 は、必ずしも全ての光通信装置 10 を制御しなくてもよい。

[0035] 異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を含んだ光通信ネットワークを構成する例として、光通信装置 10 に異なるベンダが提供する光トランスポンダや異なるジェネレーションの光トランスポンダを含める場合が挙げられる。このような場合、光通信装置 10 に含まれる複数の光トランスポンダの間で光信号の送受信を行い、通信品質の測定を行って、所定の通信品質の基準を満足するか確認することとなる。なお、通信品質の測定は、ノイズ付加部 14 により OSNR (Optical Signal to Noise Ratio) を変化させながら、光トランスポンダが備えるビットエラーレート測定機能等を用いて測定を行ってもよいし、外部測定装置により測定を行ってもよい。

[0036] また、異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を含んだ光通信ネットワークを構成する他の例として、個々の光通信装置 10 に含まれる複数の光トランスポンダのベンダ及びジェネレーションは統一されているが、複数の光通信装置 10 を比較すると、含まれている光トランスポンダのベンダやジェネレーションが異なっている場合が挙げられる。このような場合、複数の光通信装置 10 の間で光信号の送受信を行い、通信品質の測定を行って、所定の通信品質の基準を満足するか確認することとなる。この場合も、通信品質の測定は、ノイズ付加部 14 により OSNR (Optical Signal to Noise Ratio) を変化させながら、光トランスポンダが備えるビットエラーレート測定機能等を用いて測定を行ってもよいし、外部測定装置により測定を行ってもよい。

[0037] 図 2 は、本発明の実施形態に係る光通信装置 10 の構成の第 1 例を示す図である。同図では、光通信装置 10 が備えるコントローラ 11 の図示を省略している。以下で説明する光通信装置 10 の構成の第 1 例から第 5 例は、トランスポンダ集約光スイッチ 13 の内部構成及び第 3 光スイッチ 18 の有無について相違しており、方路選択光スイッチ 12、ノイズ付加部 14 及びトランスポンダバンク 15 の構成については共通する。

[0038] 本例の光通信装置 10 は、トランスポンダ集約光スイッチ 13 の内部構成

として、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかから入力された光信号を、少なくとも複数の光トランスポンダのいずれかに出力する第 1 光スイッチ 16 と、少なくとも複数の光トランスポンダのいずれかから入力された光信号を、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかに直接的又は間接的に出力する第 2 光スイッチ 17 と、を備える。より詳しくは、第 1 光スイッチ 16 は、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかから入力された光信号を、複数の光トランスポンダ及び第 3 光スイッチ 18 のいずれかに出力し、第 2 光スイッチ 17 は、複数の光トランスポンダのいずれかから入力された光信号を、外部及び第 3 光スイッチ 18 のいずれかに出力する。ここで、外部から入力された光信号とは、方路選択光スイッチ 12 を介して、外部接続された光ファイバ F (図 1 参照) から入力された光信号である。また、光信号を、外部に直接的又は間接的に出力とは、方路選択光スイッチ 12 を介して、外部接続された光ファイバ F に光信号を出力することである。

[0039] 本例では、第 1 光スイッチ 16 は、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかから入力された光信号を分岐させる複数の第 1 光スプリッタ 16 a と、複数の第 1 光スプリッタ 16 a から入力された光信号を、少なくとも複数の光トランスポンダのいずれかに出力する複数の第 5 光スイッチ 16 b と、を含む。複数の第 1 光スプリッタ 16 a は、図 2 において丸で図示され、外部から入力された光信号、すなわち、方路選択光スイッチ 12 を介して外部接続された光ファイバ F から入力された光信号を、分岐させて複数の第 5 光スイッチ 16 b に出力する。複数の第 5 光スイッチ 16 b は、同図において四角で図示され、入力された光信号を、対応する光トランスポンダ又は第 3 光スイッチ 18 に対して出力する。ここで、複数の第 5 光スイッチ 16 b は、コントローラ 11 から受信する制御信号に基づいて、光信号を光トランスポンダ又は第 3 光スイッチ 18 に対して出力したり、出力しなかったりする。このようにして、外部接続された光ファイバ F から入力された光信号を、第 1 光トランスポンダ 15 a、第 2 光トランスポンダ 15 b、第 3 光トランスポンダ 15 c、第 4 光トランスポンダ 15 d 及び第 3 光スイッチ 18 に対して選

択的に出力する。

[0040] 本例では、第2光スイッチ17は、複数の光トランスポンダから入力された光信号を、選択された出力先に出力する複数の第6光スイッチ17bと、複数の第6光スイッチ17bから入力された光信号を、外部、ノイズ付加部14及び第3光スイッチ18のいずれかに出力する複数の第2光スプリッタ17aと、を含む。複数の第6光スイッチ17bは、同図において四角で図示され、第1光トランスポンダ15a、第2光トランスポンダ15b、第3光トランスポンダ15c及び第4光トランスポンダ15dのいずれかから入力された光信号を、コントローラ11から受信する制御信号に基づいて、複数の第2光スプリッタ17aのいずれかに出力したり、出力しなかったりする。複数の第2光スプリッタ17aは、同図において丸で図示され、複数の第6光スイッチ17bから入力された光信号を、方路選択光スイッチ12、ノイズ付加部14及び第3光スイッチ18のいずれかに出力する。

[0041] 一例として、光通信装置10が備える第1光トランスポンダ15aと、第2光トランスポンダ15bとの間で通信品質の測定を行う場合について説明する。第1光トランスポンダ15aから出力された光信号は、複数の第6光スイッチ17bのうちの1つ（同図において左から2番目に図示された光スイッチ）に入力され、複数の第2光スプリッタ17aのうちの1つ（同図において最も左に図示された光スプリッタ）に伝送され、当該光スプリッタから第3光スイッチ18に入力される。第3光スイッチ18は、入力された光信号をノイズ付加部14に出力する。ノイズ付加部14は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して、複数の第1光スプリッタ16aのうちの1つ（同図において最も右に図示された光スプリッタ）に出力する。ノイズが付加された光信号は、当該光スプリッタから複数の第5光スイッチ16bに伝送されて、複数の第5光スイッチ16bのうちの1つ（同図において左から2番目に図示された光スイッチ）から第2光トランスポンダ15bに出力される。光通信装置10のコントローラ11は、第1光トランスポンダ15aによって送信した光信号と、ノイズ付加部14によ

って付加したノイズと、第2光トランスポンダ15bで受信した光信号とを比較して、通信品質に関する所定の基準に対してどの程度のマージンが確保できているかを測定し、第1光トランスポンダ15aと第2光トランスポンダ15bとの間における通信品質の測定を行う。ここでは、第1光トランスポンダ15aと、第2光トランスポンダ15bとの間で通信品質の測定を行う場合について説明したが、同様にして、任意の光トランスポンダの間で通信品質の測定を行うことができる。また、複数の光トランスポンダのペアについて、同時に通信品質の測定を行うこともできるし、1つの光トランスポンダから送信された光信号を、複数の光トランスポンダで受信して、1対多の通信品質を測定することもできる。

[0042] 本実施形態に係る光通信装置10によれば、ノイズ付加部14によって、複数の光トランスポンダの間で伝送される光信号に意図的にノイズを付加することで、異なるベンダが提供する装置や異なるジェネレーションの装置を含んだ光通信ネットワークを構築した場合に、通信品質をオンデマンドで測定することができる。そのため、通信品質が一定以上となる装置の組み合わせを特定することができ、様々な性能の装置を導入することが許容されるため、設備費用の増大を抑制することができる。

[0043] コントローラ11は、複数の光トランスポンダ、ノイズ付加部14、第1光スイッチ16及び第2光スイッチ17を制御する。光通信装置10は、コントローラ11を備えることで、複数の光トランスポンダ間の通信品質を自律的に測定することができる。

[0044] 次に、他の例として、他の光通信装置10が備える光トランスポンダと、光通信装置10が備える第1光トランスポンダ15aとの間で通信品質の測定を行う場合について説明する。他の光通信装置10が備える光トランスポンダから出力された光信号は、光ファイバF（図1参照）によって伝送され、方路選択光スイッチ12によって第1光スイッチ16の複数の第1光スプリッタ16aのうちのいずれかに入力される。当該入力を受けた第1光スプリッタ16aは、光信号を複数の第5光スイッチ16bに出力する。複数の

第5光スイッチ16bのうちの1つ（図2において最も右に図示された光スプリッタ）は、入力された光信号を第3光スイッチ18に出力し、第3光スイッチ18は、入力された光信号をノイズ付加部14に出力する。ノイズ付加部14は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して、複数の第1光スプリッタ16aのうちの1つ（同図において最も右に図示された光スプリッタ）に出力する。ノイズが付加された光信号は、当該光スプリッタから複数の第5光スイッチ16bに伝送されて、複数の第5光スイッチ16bのうちの1つ（同図において最も左に図示された光スイッチ）から第1光トランスポンダ15aに出力される。光通信装置10のコントローラ11は、他の光通信装置10の備える光トランスポンダによって送信された光信号と、ノイズ付加部14によって付加したノイズと、第1光トランスポンダ15aで受信した光信号とを比較して、通信品質に関する所定の基準に対してどの程度のマージンが確保できているかを測定し、他の光通信装置10の備える光トランスポンダと第1光トランスポンダ15aとの間における通信品質の測定を行う。ここでは、他の光通信装置10の備える光トランスポンダと第1光トランスポンダ15aとの間で通信品質の測定を行う場合について説明したが、同様にして、他の光通信装置10の備える光トランスポンダと任意の光トランスポンダの間で通信品質の測定を行うことができる。また、複数の光トランスポンダのペアについて、同時に通信品質の測定を行うこともできるし、1つの光トランスポンダから送信された光信号を、複数の光トランスポンダで受信して、1対多の通信品質を測定することもできる。

[0045] 本実施形態に係る光通信装置10によれば、第1光スイッチ16から光信号が入力される第3光スイッチ18を備えることで、外部から入力された光信号にノイズを付加して、光トランスポンダに伝送することができる。そのため、2台以上の光通信装置10にそれぞれ含まれる光トランスポンダ間の通信品質の測定が容易に行える。

[0046] 図3は、本発明の実施形態に係る光通信装置10の構成の第2例を示す図

である。本例の光通信装置 10 は、第 3 光スイッチ 18 を備えず、トランスポンダ集約光スイッチ 13 の内部構成が異なる点で、第 1 例の場合と相違する。本例の第 1 光スイッチ 16 は、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかから入力された光信号を、複数の光トランスポンダ及び第 2 光スイッチ 17 のいずれかに出力し、第 2 光スイッチ 17 は、複数の光トランスポンダ及び第 1 光スイッチ 16 のいずれかから入力された光信号を、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかに出力する。

[0047] 本例では、第 1 光スイッチ 16 は、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかから入力された光信号を分岐させる複数の第 1 光スプリッタ 16 a と、複数の第 1 光スプリッタ 16 a から入力された光信号を、複数の光トランスポンダ及び第 2 光スイッチ 17 のいずれかに出力する複数の第 5 光スイッチ 16 b と、を含む。複数の第 1 光スプリッタ 16 a は、同図において丸で図示され、外部から入力された光信号、すなわち、方路選択光スイッチ 12 を介して外部接続された光ファイバ F から入力された光信号を、分岐させて複数の第 5 光スイッチ 16 b に出力する。複数の第 5 光スイッチ 16 b は、同図において四角で図示され、入力された光信号を、対応する光トランスポンダ又は第 2 光スイッチ 17 に対して出力する。ここで、複数の第 5 光スイッチ 16 b は、コントローラ 11 から受信する制御信号に基づいて、光信号を光トランスポンダ又は第 2 光スイッチ 17 に対して出力したり、出力しなかったりする。このようにして、外部接続された光ファイバ F から入力された光信号を、第 1 光トランスポンダ 15 a、第 2 光トランスポンダ 15 b、第 3 光トランスポンダ 15 c、第 4 光トランスポンダ 15 d 及び第 2 光スイッチ 17 に対して選択的に出力する。

[0048] 本例では、第 2 光スイッチ 17 は、複数の光トランスポンダ及び第 1 光スイッチ 16 のいずれかから入力された光信号を、選択された出力先に出力する複数の第 6 光スイッチ 17 b 及び第 8 光スイッチ 17 c と、複数の第 6 光スイッチ 17 b 及び第 8 光スイッチ 17 c から入力された光信号を、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかに出力する複数の第 2 光スプリッタ 17 a と

、を含む。複数の第6光スイッチ17b及び第8光スイッチ17cは、同図において四角で図示され、第1光トランスポンダ15a、第2光トランスポンダ15b、第3光トランスポンダ15c、第4光トランスポンダ15d及び第1光スイッチ16のいずれかから入力された光信号を、コントローラ11から受信する制御信号に基づいて、複数の第2光スプリッタ17aのいずれかに出力したり、出力しなかったりする。複数の第2光スプリッタ17aは、同図において丸で図示され、複数の第6光スイッチ17b及び第8光スイッチ17cから入力された光信号を、方路選択光スイッチ12及びノイズ付加部14のいずれかに出力する。

[0049] 一例として、光通信装置10が備える第1光トランスポンダ15aと、第2光トランスポンダ15bとの間で通信品質の測定を行う場合について説明する。第1光トランスポンダ15aから出力された光信号は、複数の第6光スイッチ17bのうちの1つ（同図において左から2番目に図示された光スイッチ）に入力され、複数の第2光スプリッタ17aのうちの1つ（同図において最も左に図示された光スプリッタ）に伝送され、当該光スプリッタからノイズ付加部14に入力される。ノイズ付加部14は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して、複数の第1光スプリッタ16aのうちの1つ（同図において最も右に図示された光スプリッタ）に出力する。ノイズが付加された光信号は、当該光スプリッタから複数の第5光スイッチ16bに伝送されて、複数の第5光スイッチ16bのうちの1つ（同図において左から2番目に図示された光スイッチ）から第2光トランスポンダ15bに出力される。光通信装置10のコントローラ11は、第1光トランスポンダ15aによって送信した光信号と、ノイズ付加部14によって付加したノイズと、第2光トランスポンダ15bで受信した光信号とを比較して、通信品質に関する所定の基準に対してどの程度のマージンが確保できているかを測定し、第1光トランスポンダ15aと第2光トランスポンダ15bとの間における通信品質の測定を行う。

[0050] 次に、他の例として、他の光通信装置10が備える光トランスポンダと、

光通信装置 10 が備える第 1 光トランスポンダ 15 a との間で通信品質の測定を行う場合について説明する。他の光通信装置 10 が備える光トランスポンダから出力された光信号は、光ファイバ F（図 1 参照）によって伝送され、方路選択光スイッチ 12 によって第 1 光スイッチ 16 の複数の第 1 光スプリッタ 16 a のうちのいずれかに入力される。当該入力を受けた第 1 光スプリッタ 16 a は、光信号を複数の第 5 光スイッチ 16 b に出力する。複数の第 5 光スイッチ 16 b のうちの 1 つ（図 3 において最も右に図示された光スプリッタ）は、入力された光信号を第 2 光スイッチ 17 に含まれる第 8 光スイッチ 17 c に出力し、第 8 光スイッチ 17 c は、入力された光信号を複数の第 2 光スプリッタ 17 a のうちの 1 つ（同図において最も左に図示された光スプリッタ）に出力する。光信号は、当該光スプリッタからノイズ付加部 14 に入力され、ノイズ付加部 14 は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して、複数の第 1 光スプリッタ 16 a のうちの 1 つ（同図において最も右に図示された光スプリッタ）に出力する。ノイズが付加された光信号は、当該光スプリッタから複数の第 5 光スイッチ 16 b に伝送されて、複数の第 5 光スイッチ 16 b のうちの 1 つ（同図において最も左に図示された光スイッチ）から第 1 光トランスポンダ 15 a に出力される。光通信装置 10 のコントローラ 11 は、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダによって送信された光信号と、ノイズ付加部 14 によって付加したノイズと、第 1 光トランスポンダ 15 a で受信した光信号とを比較して、通信品質に関する所定の基準に対してどの程度のマージンが確保できているかを測定し、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと第 1 光トランスポンダ 15 a との間における通信品質の測定を行う。ここでは、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと第 1 光トランスポンダ 15 a との間で通信品質の測定を行う場合について説明したが、同様にして、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと任意の光トランスポンダの間で通信品質の測定を行うことができる。また、複数の光トランスポンダのペアについて、同時に通信品質の測定を行うこともできるし、1 つの光トランスポ

ンダから送信された光信号を、複数の光トランスポンダで受信して、1対多の通信品質を測定することもできる。

[0051] 本実施形態に係る光通信装置10によれば、第1光スイッチ16が第2光スイッチ17に光信号を出力することで、第1光スイッチ16及び第2光スイッチ17以外に独立した光スイッチを増設せずに、ノイズ付加部によって光信号にノイズを付加して光トランスポンダに伝送することができる。そのため、2台以上の光通信装置にそれぞれ含まれる光トランスポンダ間の通信品質の測定が容易に行え、部品点数の増加を抑えることができる。

[0052] 図4は、本発明の実施形態に係る光通信装置10の構成の第3例を示す図である。本例の光通信装置10は、トランスポンダ集約光スイッチ13の内部構成が異なる点で、第1例の場合と相違する。本例の第1光スイッチ16は、ノイズ付加部14から入力された光信号を、選択された出力先に出力する第4光スイッチ16cを含む。

[0053] 本例では、第1光スイッチ16は、外部及びノイズ付加部14のいずれかから入力された光信号を分岐させる複数の第1光スプリッタ16aと、ノイズ付加部14から入力された光信号を、選択された出力先に出力する第4光スイッチ16cと、複数の第1光スプリッタ16a及び第4光スイッチ16cのいずれかから入力された光信号を、複数の光トランスポンダ及び第2光スイッチ17のいずれかに出力する複数の第5光スイッチ16bと、を含む。複数の第1光スプリッタ16aは、同図において丸で図示され、外部から入力された光信号、すなわち、方路選択光スイッチ12を介して外部接続された光ファイバFから入力された光信号を、分岐させて複数の第5光スイッチ16bに出力する。第4光スイッチ16cは、同図において四角で図示される。複数の第5光スイッチ16bは、同図において四角で図示され、入力された光信号を、対応する光トランスポンダ又は第2光スイッチ17に対して出力する。ここで、複数の第5光スイッチ16bは、コントローラ11から受信する制御信号に基づいて、光信号を光トランスポンダ又は第3光スイッチ18に対して出力したり、出力しなかったりする。このようにして、外

部接続された光ファイバF（図1参照）から入力された光信号を、第1光トランスポンダ15a、第2光トランスポンダ15b、第3光トランスポンダ15c、第4光トランスポンダ15d及び第3光スイッチ18に対して選択的に出力する。

[0054] 本例では、第2光スイッチ17は、複数の光トランスポンダ及び第1光スイッチ16のいずれかから入力された光信号を、選択された出力先に出力する複数の第6光スイッチ17bと、複数の第6光スイッチ17bから入力された光信号を、外部及び第3光スイッチ18のいずれかに出力する複数の第2光スプリッタ17aと、を含む。複数の第6光スイッチ17bは、図4において四角で図示され、第1光トランスポンダ15a、第2光トランスポンダ15b、第3光トランスポンダ15c及び第4光トランスポンダ15dのいずれかから入力された光信号を、コントローラ11から受信する制御信号に基づいて、複数の第2光スプリッタ17aのいずれかに出力したり、出力しなかったりする。複数の第2光スプリッタ17aは、同図において丸で図示され、複数の第6光スイッチ17b及び第8光スイッチ17cから入力された光信号を、方路選択光スイッチ12及び第3光スイッチ18のいずれかに出力する。

[0055] 一例として、光通信装置10が備える第1光トランスポンダ15aと、第2光トランスポンダ15bとの間で通信品質の測定を行う場合について説明する。第1光トランスポンダ15aから出力された光信号は、複数の第6光スイッチ17bのうちの1つ（同図において左から2番目に図示された光スイッチ）に入力され、複数の第2光スプリッタ17aのうちの1つ（同図において最も左に図示された光スプリッタ）に伝送され、当該光スプリッタから第3光スイッチ18に入力される。第3光スイッチ18は、入力された光信号をノイズ付加部14に出力する。ノイズ付加部14は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して、第4光スイッチ16cに出力する。ノイズが付加された光信号は、第4光スイッチ16cから複数の第5光スイッチ16bのうちの1つ（同図において左から2番目に図示

された光スイッチ)に伝送されて、当該第5光スイッチ16bから第2光トランスポンダ15bに出力される。光通信装置10のコントローラ11は、第1光トランスポンダ15aによって送信した光信号と、ノイズ付加部14によって付加したノイズと、第2光トランスポンダ15bで受信した光信号とを比較して、通信品質に関する所定の基準に対してどの程度のマージンが確保できているかを測定し、第1光トランスポンダ15aと第2光トランスポンダ15bとの間における通信品質の測定を行う。ここでは、第1光トランスポンダ15aと、第2光トランスポンダ15bとの間で通信品質の測定を行う場合について説明したが、同様にして、任意の光トランスポンダの間で通信品質の測定を行うことができる。また、複数の光トランスポンダのペアについて、同時に通信品質の測定を行うこともできるし、1つの光トランスポンダから送信された光信号を、複数の光トランスポンダで受信して、1対多の通信品質を測定することもできる。

[0056] 次に、他の例として、他の光通信装置10が備える光トランスポンダと、光通信装置10が備える第1光トランスポンダ15aとの間で通信品質の測定を行う場合について説明する。他の光通信装置10が備える光トランスポンダから出力された光信号は、光ファイバF(図1参照)によって伝送され、方路選択光スイッチ12によって第1光スイッチ16の複数の第1光スプリッタ16aのうちのいずれかに入力される。当該入力を受けた第1光スプリッタ16aは、光信号を複数の第5光スイッチ16bに出力する。複数の第5光スイッチ16bのうちの1つ(図4において最も右に図示された光スプリッタ)は、入力された光信号を第3光スイッチ18に出力し、第3光スイッチ18は、入力された光信号をノイズ付加部14に出力する。ノイズ付加部14は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して、第4光スイッチ16cに出力する。ノイズが付加された光信号は、第4光スイッチ16cから複数の第5光スイッチ16bのうちの1つ(同図において最も左に図示された光スイッチ)に伝送されて、当該第5光スイッチ16bから第1光トランスポンダ15aに出力される。光通信装置10の

コントローラ 11 は、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダによって送信された光信号と、ノイズ付加部 14 によって付加したノイズと、第 1 光トランスポンダ 15 a で受信した光信号とを比較して、通信品質に関する所定の基準に対してどの程度のマージンが確保できているかを測定し、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと第 1 光トランスポンダ 15 a との間における通信品質の測定を行う。ここでは、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと第 1 光トランスポンダ 15 a との間で通信品質の測定を行う場合について説明したが、同様にして、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと任意の光トランスポンダの間で通信品質の測定を行うことができる。また、複数の光トランスポンダのペアについて、同時に通信品質の測定を行うこともできるし、1 つの光トランスポンダから送信された光信号を、複数の光トランスポンダで受信して、1 対多の通信品質を測定することもできる。

[0057] 本実施形態に係る光通信装置 10 によれば、ノイズ付加部 14 から第 1 光スイッチ 16 に入力された光信号を、第 4 光スイッチ 16 c から複数の第 5 光スイッチ 16 b に振り分けることで、光スプリッタから複数の第 5 光スイッチ 16 b に振り分ける場合よりも、光信号が光スプリッタを通過する回数を低減することができ、ノイズ付加部 14 によるノイズ付加の許容量が増加する。そのため、2 台以上の光通信装置 10 にそれぞれ含まれる光トランスポンダ間の通信品質の測定に用いることのできるノイズ付加のマージンが増加し、通信品質の測定をより柔軟に行うことができる。

[0058] 図 5 は、本発明の実施形態に係る光通信装置 10 の構成の第 4 例を示す図である。本例の光通信装置 10 は、第 3 光スイッチ 18 を備えず、トランスポンダ集約光スイッチ 13 の内部構成が異なる点で、第 1 例の場合と相違する。本例の第 1 光スイッチ 16 は、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかから入力された光信号を、複数の光トランスポンダ及び第 2 光スイッチ 17 のいずれかに出力し、第 2 光スイッチ 17 は、複数の光トランスポンダ及び第 1 光スイッチ 16 のいずれかから入力された光信号を、外部及びノイズ付加

部 1 4 のいずれかに出力する。また、本例の第 1 光スイッチ 1 6 は、ノイズ付加部 1 4 から入力された光信号を、選択された出力先に出力する第 4 光スイッチ 1 6 c を含む。

[0059] 本例では、第 1 光スイッチ 1 6 は、外部から入力された光信号を分岐させる複数の第 1 光スプリッタ 1 6 a と、ノイズ付加部 1 4 から入力された光信号を、選択された出力先に出力する第 4 光スイッチ 1 6 c と、複数の第 1 光スプリッタ 1 6 a 及び第 4 光スイッチ 1 6 c から入力された光信号を、複数の光トランスポンダ及び第 2 光スイッチ 1 7 のいずれかに出力する複数の第 5 光スイッチ 1 6 b と、を含む。複数の第 1 光スプリッタ 1 6 a は、同図において丸で図示され、外部から入力された光信号、すなわち、方路選択光スイッチ 1 2 を介して外部接続された光ファイバ F から入力された光信号を、分岐させて複数の第 5 光スイッチ 1 6 b に出力する。第 4 光スイッチ 1 6 c は、同図において四角で図示される。複数の第 5 光スイッチ 1 6 b は、同図において四角で図示され、入力された光信号を、対応する光トランスポンダ又は第 2 光スイッチ 1 7 に対して出力する。ここで、複数の第 5 光スイッチ 1 6 b は、コントローラ 1 1 から受信する制御信号に基づいて、光信号を光トランスポンダ又は第 2 光スイッチ 1 7 に対して出力したり、出力しなかったりする。このようにして、外部接続された光ファイバ F から入力された光信号を、第 1 光トランスポンダ 1 5 a、第 2 光トランスポンダ 1 5 b、第 3 光トランスポンダ 1 5 c、第 4 光トランスポンダ 1 5 d 及び第 2 光スイッチ 1 7 に対して選択的に出力する。

[0060] 本例では、第 2 光スイッチ 1 7 は、複数の光トランスポンダ及び第 1 光スイッチ 1 6 のいずれかから入力された光信号を、選択された出力先に出力する複数の第 6 光スイッチ 1 7 b 及び第 8 光スイッチ 1 7 c と、複数の第 6 光スイッチ 1 7 b 及び第 8 光スイッチ 1 7 c から入力された光信号を、外部及びノイズ付加部 1 4 のいずれかに出力する複数の第 2 光スプリッタ 1 7 a と、を含む。複数の第 6 光スイッチ 1 7 b 及び第 8 光スイッチ 1 7 c は、同図において四角で図示され、第 1 光トランスポンダ 1 5 a、第 2 光トランスポ

ンダ 15 b、第 3 光トランスポンダ 15 c、第 4 光トランスポンダ 15 d 及び第 1 光スイッチ 16 のいずれかから入力された光信号を、コントローラ 11 から受信する制御信号に基づいて、複数の第 2 光スプリッタ 17 a のいずれかに出力したり、出力しなかったりする。複数の第 2 光スプリッタ 17 a は、同図において丸で図示され、複数の第 6 光スイッチ 17 b 及び第 8 光スイッチ 17 c から入力された光信号を、方路選択光スイッチ 12 及びノイズ付加部 14 のいずれかに出力する。

[0061] 一例として、光通信装置 10 が備える第 1 光トランスポンダ 15 a と、第 2 光トランスポンダ 15 b との間で通信品質の測定を行う場合について説明する。第 1 光トランスポンダ 15 a から出力された光信号は、複数の第 6 光スイッチ 17 b のうちの 1 つ（図 5 において左から 2 番目に図示された光スイッチ）に入力され、複数の第 2 光スプリッタ 17 a のうちの 1 つ（同図において最も左に図示された光スプリッタ）に伝送され、当該光スプリッタからノイズ付加部 14 に入力される。ノイズ付加部 14 は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して、第 4 光スイッチ 16 c へ出力する。ノイズが付加された光信号は、第 4 光スイッチ 16 c から複数の第 5 光スイッチ 16 b のうちの 1 つ（同図において左から 2 番目に図示された光スイッチ）に伝送され、当該第 5 光スイッチ 16 b から第 2 光トランスポンダ 15 b へ出力される。光通信装置 10 のコントローラ 11 は、第 1 光トランスポンダ 15 a によって送信した光信号と、ノイズ付加部 14 によって付加したノイズと、第 2 光トランスポンダ 15 b で受信した光信号とを比較して、通信品質に関する所定の基準に対してどの程度のマージンが確保できているかを測定し、第 1 光トランスポンダ 15 a と第 2 光トランスポンダ 15 b との間における通信品質の測定を行う。

[0062] 次に、他の例として、他の光通信装置 10 が備える光トランスポンダと、光通信装置 10 が備える第 1 光トランスポンダ 15 a との間で通信品質の測定を行う場合について説明する。他の光通信装置 10 が備える光トランスポンダから出力された光信号は、光ファイバ F（図 1 参照）によって伝送され

、方路選択光スイッチ 12 によって第 1 光スイッチ 16 の複数の第 1 光スプリッタ 16 a のうちのいずれかに入力される。当該入力を受けた第 1 光スプリッタ 16 a は、光信号を複数の第 5 光スイッチ 16 b に出力する。複数の第 5 光スイッチ 16 b のうちの 1 つ（図 5 において最も右に図示された光スプリッタ）は、入力された光信号を第 2 光スイッチ 17 に含まれる第 8 光スイッチ 17 c に出力し、第 8 光スイッチ 17 c は、入力された光信号を複数の第 2 光スプリッタ 17 a のうちの 1 つ（同図において最も左に図示された光スプリッタ）に出力する。光信号は、当該光スプリッタからノイズ付加部 14 に入力され、ノイズ付加部 14 は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して、第 4 光スイッチ 16 c に出力する。ノイズが付加された光信号は、第 4 光スイッチ 16 c から複数の第 5 光スイッチ 16 b のうちの 1 つ（同図において最も左に図示された光スイッチ）に伝送され、当該第 5 光スイッチ 16 b から第 1 光トランスポンダ 15 a に出力される。光通信装置 10 のコントローラ 11 は、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダによって送信された光信号と、ノイズ付加部 14 によって付加したノイズと、第 1 光トランスポンダ 15 a で受信した光信号とを比較して、通信品質に関する所定の基準に対してどの程度のマージンが確保できているかを測定し、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと第 1 光トランスポンダ 15 a との間における通信品質の測定を行う。ここでは、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと第 1 光トランスポンダ 15 a との間で通信品質の測定を行う場合について説明したが、同様にして、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと任意の光トランスポンダの間で通信品質の測定を行うことができる。また、複数の光トランスポンダのペアについて、同時に通信品質の測定を行うこともできるし、1 つの光トランスポンダから送信された光信号を、複数の光トランスポンダで受信して、1 対多の通信品質を測定することもできる。

[0063] 本実施形態に係る光通信装置 10 によれば、第 1 光スイッチ 16 が第 2 光スイッチ 17 に光信号を出力することで、第 1 光スイッチ 16 及び第 2 光ス

イッチ 17 以外に独立した光スイッチを増設せずに、ノイズ付加部 14 によって光信号にノイズを付加して光トランスポンダに伝送することができる。また、ノイズ付加部 14 から第 1 光スイッチ 16 に入力された光信号を、第 4 光スイッチ 16 c から複数の第 5 光スイッチ 16 b に振り分けることで、光スプリッタから複数の第 5 光スイッチ 16 b に振り分ける場合よりも、光信号が光スプリッタを通過する回数を低減することができ、ノイズ付加部 14 によるノイズ付加の許容量が増加する。そのため、2 台以上の光通信装置にそれぞれ含まれる光トランスポンダ間の通信品質の測定に用いることのできるノイズ付加のマージンが増加し、通信品質の測定をより柔軟に行うことができる。

[0064] 図 6 は、本発明の実施形態に係る光通信装置 10 の構成の第 5 例を示す図である。本例の光通信装置 10 は、第 3 光スイッチ 18 を備えず、トランスポンダ集約光スイッチ 13 の内部構成が異なる点で、第 1 例の場合と相違する。本例の第 1 光スイッチ 16 は、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかから入力された光信号を、複数の光トランスポンダ及び第 2 光スイッチ 17 のいずれかに出力し、第 2 光スイッチ 17 は、複数の光トランスポンダ及び第 1 光スイッチ 16 のいずれかから入力された光信号を、外部及びノイズ付加部 14 のいずれかに出力する。また、本例の第 1 光スイッチ 16 は、ノイズ付加部 14 から入力された光信号を、選択された出力先に出力する第 4 光スイッチ 16 c を含む。また、本例の第 2 光スイッチ 17 は、複数の第 6 光スイッチ 17 b から入力された光信号を、ノイズ付加部 14 に出力する第 7 光スイッチ 17 d を含む。

[0065] 本例では、第 1 光スイッチ 16 は、外部から入力された光信号を分岐させる複数の第 1 光スプリッタ 16 a と、ノイズ付加部 14 から入力された光信号を、選択された出力先に出力する第 4 光スイッチ 16 c と、複数の第 1 光スプリッタ 16 a 及び第 4 光スイッチ 16 c から入力された光信号を、複数の光トランスポンダ及び第 2 光スイッチ 17 のいずれかに出力する複数の第 5 光スイッチ 16 b と、を含む。複数の第 1 光スプリッタ 16 a は、同図に

において丸で図示され、外部から入力された光信号、すなわち、方路選択光スイッチ 12 を介して外部接続された光ファイバ F（図 1 参照）から入力された光信号を、分岐させて複数の第 5 光スイッチ 16 b に出力する。第 4 光スイッチ 16 c は、図 6 において四角で図示される。複数の第 5 光スイッチ 16 b は、同図において四角で図示され、入力された光信号を、対応する光トランスポンダ又は第 2 光スイッチ 17 に対して出力する。ここで、複数の第 5 光スイッチ 16 b は、コントローラ 11 から受信する制御信号に基づいて、光信号を光トランスポンダ又は第 2 光スイッチ 17 に対して出力したり、出力しなかったりする。このようにして、外部接続された光ファイバ F から入力された光信号を、第 1 光トランスポンダ 15 a、第 2 光トランスポンダ 15 b、第 3 光トランスポンダ 15 c、第 4 光トランスポンダ 15 d 及び第 2 光スイッチ 17 に対して選択的に出力する。

[0066] 本例では、第 2 光スイッチ 17 は、複数の光トランスポンダ及び第 1 光スイッチ 16 のいずれかから入力された光信号を、選択された出力先に出力する複数の第 6 光スイッチ 17 b 及び第 8 光スイッチ 17 c と、複数の第 6 光スイッチ 17 b 及び第 8 光スイッチ 17 c から入力された光信号を、外部に出力する複数の第 2 光スプリッタ 17 a と、複数の第 6 光スイッチ 17 b 及び第 8 光スイッチ 17 c から入力された光信号を、ノイズ付加部 14 に出力する第 7 光スイッチ 17 d と、を含む。複数の第 6 光スイッチ 17 b 及び第 8 光スイッチ 17 c は、同図において四角で図示され、第 1 光トランスポンダ 15 a、第 2 光トランスポンダ 15 b、第 3 光トランスポンダ 15 c、第 4 光トランスポンダ 15 d 及び第 1 光スイッチ 16 のいずれかから入力された光信号を、コントローラ 11 から受信する制御信号に基づいて、複数の第 2 光スプリッタ 17 a 及び第 7 光スイッチ 17 d のいずれかに出力したり、出力しなかったりする。複数の第 2 光スプリッタ 17 a は、同図において丸で図示され、複数の第 6 光スイッチ 17 b 及び第 8 光スイッチ 17 c から入力された光信号を、方路選択光スイッチ 12 に出力する。第 7 光スイッチ 17 d は、同図において四角で図示され、複数の第 6 光スイッチ 17 b 及び第

8光スイッチ17cから入力された光信号を、ノイズ付加部14に出力する。

[0067] 一例として、光通信装置10が備える第1光トランスポンダ15aと、第2光トランスポンダ15bとの間で通信品質の測定を行う場合について説明する。第1光トランスポンダ15aから出力された光信号は、複数の第6光スイッチ17bのうちの1つ（同図において左から2番目に図示された光スイッチ）に入力され、第7光スイッチ17dに伝送され、第7光スイッチ17dからノイズ付加部14に入力される。ノイズ付加部14は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して、第4光スイッチ16cに出力する。ノイズが付加された光信号は、第4光スイッチ16cから複数の第5光スイッチ16bのうちの1つ（同図において左から2番目に図示された光スイッチ）に伝送され、当該第5光スイッチ16bから第2光トランスポンダ15bに出力される。光通信装置10のコントローラ11は、第1光トランスポンダ15aによって送信した光信号と、ノイズ付加部14によって付加したノイズと、第2光トランスポンダ15bで受信した光信号とを比較して、通信品質に関する所定の基準に対してどの程度のマージンが確保できているかを測定し、第1光トランスポンダ15aと第2光トランスポンダ15bとの間における通信品質の測定を行う。

[0068] 次に、他の例として、他の光通信装置10が備える光トランスポンダと、光通信装置10が備える第1光トランスポンダ15aとの間で通信品質の測定を行う場合について説明する。他の光通信装置10が備える光トランスポンダから出力された光信号は、光ファイバF（図1参照）によって伝送され、方路選択光スイッチ12によって第1光スイッチ16の複数の第1光スプリッタ16aのうちのいずれかに入力される。当該入力を受けた第1光スプリッタ16aは、光信号を複数の第5光スイッチ16bに出力する。複数の第5光スイッチ16bのうちの1つ（図6において最も右に図示された光スプリッタ）は、入力された光信号を第2光スイッチ17に含まれる第8光スイッチ17cに出力し、第8光スイッチ17cは、入力された光信号を第7

光スイッチ 17 d に出力する。光信号は、第 7 光スイッチ 17 d からノイズ付加部 14 に入力され、ノイズ付加部 14 は、入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して、第 4 光スイッチ 16 c に出力する。ノイズが付加された光信号は、第 4 光スイッチ 16 c から複数の第 5 光スイッチ 16 b のうちの 1 つ（同図において最も左に図示された光スイッチ）に伝送され、当該第 5 光スイッチ 16 b から第 1 光トランスポンダ 15 a に出力される。光通信装置 10 のコントローラ 11 は、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダによって送信された光信号と、ノイズ付加部 14 によって付加したノイズと、第 1 光トランスポンダ 15 a で受信した光信号とを比較して、通信品質に関する所定の基準に対してどの程度のマージンが確保できているかを測定し、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと第 1 光トランスポンダ 15 a との間における通信品質の測定を行う。ここでは、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと第 1 光トランスポンダ 15 a との間で通信品質の測定を行う場合について説明したが、同様にして、他の光通信装置 10 の備える光トランスポンダと任意の光トランスポンダの間で通信品質の測定を行うことができる。また、複数の光トランスポンダのペアについて、同時に通信品質の測定を行うこともできるし、1 つの光トランスポンダから送信された光信号を、複数の光トランスポンダで受信して、1 対多の通信品質を測定することもできる。

[0069] 本実施形態に係る光通信装置 10 によれば、光トランスポンダから第 2 光スイッチ 17 に入力された光信号を、第 7 光スイッチ 17 d からノイズ付加部 14 に伝送することで、第 2 光スプリッタ 17 a からノイズ付加部 14 に伝送する場合よりも、光信号が光スプリッタを通過する回数を低減することができ、ノイズ付加部 14 によるノイズ付加の許容量が増加する。そのため、2 台以上の光通信装置 10 にそれぞれ含まれる光トランスポンダ間の通信品質の測定に用いることのできるノイズ付加のマージンが増加し、通信品質の測定をより柔軟に行うことができる。

[0070] 以上説明した光通信装置 10 の構成の第 1 例から第 5 例は、方路選択光ス

イチ 12 と接続するトランスポンダ集約光スイッチ 13 のポートが光スプリッタを備えているため、ノイズ付加部 14 を通過しない光信号に対し、C/D/C (Colorless, Directionless, and Contentionless) 接続機能を損なわない。

[0071] 図 7 は、本発明の実施形態に係るマネジメント装置 100 の機能ブロックを示す図である。マネジメント装置 100 は、通信部 101、記憶部 102、算出部 103、推定部 104 及び抽出部 105 を備える。通信部 101 は、通信インターフェースによって構成され、光通信装置 10 のコントローラ 11 に対して光信号を伝送する経路の設定情報を送信したり、コントローラ 11 から通信品質の測定結果に関する情報を受信したりする。記憶部 102 は、複数の光トランスポンダのうち通信品質の測定が既に行われている光トランスポンダの種類の組合せを、当該組合せに関する通信品質の測定結果とともに記憶する。算出部 103 は、2 台の光通信装置 10 の一方（以下、第 1 光通信装置と呼ぶ。）から他方（以下、第 2 光通信装置と呼ぶ。）へ光信号を伝送する場合における経路の伝送特性を算出する。推定部 104 は、第 1 光通信装置の光トランスポンダと第 2 光通信装置の光トランスポンダの組合せが、通信品質の測定が既に行われている光トランスポンダの種類の組合せである場合に、記憶部 102 に記憶された通信品質の測定結果と、算出部 103 により算出された伝送特性とに基づいて通信品質を推定する。抽出部 105 は、複数の光トランスポンダのうち通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組合せを抽出する。算出部 103、推定部 104 及び抽出部 105 は、マネジメント装置 100 の備えるプロセッサによって実現される機能部である。

[0072] 図 8 は、本発明の実施形態に係る光通信システム 1 により実行される第 1 処理のフローチャートである。第 1 処理は、光通信システム 1 に含まれる 1 台の光通信装置 10 及びマネジメント装置 100 によって実行される処理であり、光通信装置 10 の備える複数の光トランスポンダ間の通信品質を測定する処理である。光通信装置 10 は、複数の光トランスポンダのうち 2 つの

光トランスポンダの一方から他方に、ノイズ付加部 14 を通るように光信号を伝送して、通信品質を測定した測定結果をマネジメント装置 100 に通知する。

[0073] はじめに、光通信装置 10 は、光通信装置 10 の備える複数の光トランスポンダのうち通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせを設定する (S 11)。ここで、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせは、複数の光トランスポンダのなかから 2 台の光トランスポンダを選ぶ組み合わせであってよく、光通信装置 10 が N 台の光トランスポンダを備える場合、可能な組み合わせは最大で $N(N-1)/2$ 通りである。なお、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせの設定は、マネジメント装置 100 により行われてもよい。

[0074] 次に、光通信装置 10 は、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせに関して、伝送される光信号が少なくとも一度ノイズ付加部 14 を通るように光信号の伝送パスを設定する (S 12)。伝送パスの設定は、トランスポンダ集約光スイッチ 13 に含まれる第 1 光スイッチ 16 や第 2 光スイッチ 17 に対する制御信号の設定により行われる。なお、光信号の伝送パスの設定は、マネジメント装置 100 により行われてもよい。

[0075] 光通信装置 10 は、設定された光トランスポンダのペアに関して、設定された光信号の伝送パスで光信号を送受信して、当該光トランスポンダペアについて通信品質を測定してコントローラ 11 のメモリに保存する (S 13)。その後、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせが残されているか否か判断する (S 14)。通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせが残されている場合 (S 14 : Yes)、光トランスポンダの組み合わせの設定を更新し (S 15)、新たに光信号の伝送パスを設定して (S 12)、通信品質を測定してコントローラ 11 のメモリに保存する (S 13)。

[0076] 一方、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせが残されていない場合 (S 14 : No)、マネジメント装置 100 (NMS) に通信品質の

測定結果をまとめて通知する（S 1 6）。マネジメント装置 1 0 0 は、通信品質の測定結果を、測定対象となった光トランスポンダの組み合わせと関連付けて記憶部 1 0 2 に記憶する。以上により第 1 処理が終了する。

[0077] 本実施形態に係る光通信システム 1 によれば、光通信装置 1 0 が備える複数の光トランスポンダ間の通信品質を測定した測定結果をマネジメント装置 1 0 0 によってまとめて管理することができ、他の光通信装置 1 0 において同様の光トランスポンダ間に関する通信品質の確認が要求された場合に、測定結果を流用して通信品質の確認を効率化することができる。また、伝送パスの設定や通信品質の測定等の一連の処理を光通信装置 1 0 によって自律的に行うことで、マネジメント装置 1 0 0 に大きな処理負荷及び通信負荷をかけずに、通信品質をオンデマンドで測定することができる。

[0078] 図 9 は、本発明の実施形態に係る光通信システム 1 により実行される第 2 処理のフローチャートである。第 2 処理は、光通信システム 1 に含まれる 2 台の光通信装置 1 0 及びマネジメント装置 1 0 0 によって実行される処理であり、2 台の光通信装置 1 0 がそれぞれ備える複数の光トランスポンダ間の通信品質を測定する処理である。以下では、通信品質を測定する 2 台の光通信装置 1 0 の一方を第 1 光通信装置と称し、他方を第 2 光通信装置と称する。第 1 光通信装置は、複数の光トランスポンダのうちいずれかから第 2 光通信装置に光信号を送信し、第 2 光通信装置は、当該光信号を、ノイズ付加部 1 4 を通るように伝送し、複数の光トランスポンダのうちいずれかによって受信し、第 1 光通信装置及び第 2 光通信装置は、通信品質を測定した測定結果をそれぞれマネジメント装置 1 0 0 に通知する。

[0079] はじめに、マネジメント装置 1 0 0 は、光通信システム 1 の通信ネットワークに含まれる光通信装置 1 0 の組み合わせを設定する（S 2 1）。ここで、通信品質を測定する光通信装置 1 0 の組み合わせは、通信ネットワークに含まれる複数の光通信装置 1 0 のなかから 2 台の光通信装置 1 0 を選ぶ組み合わせであってよく、通信ネットワークが N 台の光通信装置 1 0 を含む場合、可能な組み合わせは最大で $N(N-1)/2$ 通りである。

- [0080] 次に、第1光通信装置及び第2光通信装置は、通信品質を測定する第1光通信装置及び第2光通信装置それぞれが備える複数の光トランスポンダのうち通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせを設定する（S22）。なお、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせの設定は、マネジメント装置100により行われてもよい。
- [0081] マネジメント装置100は、第1光通信装置と第2光通信装置の間に介在する他の光通信装置10の方路選択光スイッチ12を制御して、第1光通信装置から第2光通信装置に光信号が伝送されるように、光信号の伝送パスを設定する。また、第1光通信装置及び第2光通信装置は、通信品質を測定する光トランスポンダのペアに関して、伝送される光信号が少なくとも一度ノイズ付加部14を通るように光信号の伝送パスを設定する（S23）。ここで、伝送パスは、受信側である第2光通信装置においてノイズ付加部14を通るように設定してよい。
- [0082] 第1光通信装置及び第2光通信装置は、設定された光トランスポンダのペアに関して、設定された光信号の伝送パスで光信号を送受信して、当該光トランスポンダペアについて通信品質を測定して、それぞれのコントローラ11のメモリに保存する（S24）。その後、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせが残されているか否か判断する（S25）。通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせが残されている場合（S25：Yes）、光トランスポンダの組み合わせの設定を更新し（S26）、新たに光信号の伝送パスを設定して（S23）、通信品質を測定してコントローラ11のメモリに保存する（S24）。なお、通信品質の測定は、双方向で行ってもよいし、一方向で行ってもよい。光トランスポンダの組み合わせの設定を更新する際には、更新のタイミングをマネジメント装置100から第1光通信装置及び第2光通信装置に通知してもよいし、予め第1光通信装置及び第2光通信装置についてマスター装置とスレーブ装置の関係を定めてマスター装置からスレーブ装置に更新のタイミングを通知するようにしてもよい。
- [0083] 一方、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせが残されてい

い場合（S25：No）、第1光通信装置及び第2光通信装置は、マネジメント装置100（NMS）に通信品質の測定結果をまとめて通知する（S27）。マネジメント装置100は、通信品質の測定結果を、測定対象となった光トランスポンダの組み合わせと関連付けて記憶部102に記憶する。以上により第2処理が終了する。

[0084] 本実施形態に係る光通信システム1によれば、光通信装置10のペアがそれぞれ備える複数の光トランスポンダ間の通信品質を測定した測定結果をマネジメント装置100によってまとめて管理することができ、他の光通信装置10のペアにおいて同様の光トランスポンダ間に関する通信品質の確認が要求された場合に、測定結果を流用して通信品質の確認を効率化することができる。また、送信側の光通信装置10においてノイズを付加する場合と比較して、受信側の光通信装置10においてノイズを付加することで、送信側の光通信装置10からノイズの付加量等の情報を受信側の光通信装置10に伝送する必要がなくなるため、通信品質の測定処理を簡素化できる。

[0085] 図10は、本発明の実施形態に係る光通信システム1により実行される第3処理のフローチャートである。第3処理は、光通信システム1に含まれる2台の光通信装置10及びマネジメント装置100によって実行される処理であり、2台の光通信装置10がそれぞれ備える複数の光トランスポンダについて、測定対象とする光トランスポンダのペアを2台の光通信装置10によって自律的に更新して、通信品質を測定する処理である。以下では、通信品質を測定する2台の光通信装置10の一方を第1光通信装置と称し、他方を第2光通信装置と称する。第1光通信装置及び第2光通信装置は、通信品質を測定する複数の光トランスポンダの組合せを、予め定められた周期で更新して、それぞれ通信品質の測定を行い、第1光通信装置及び第2光通信装置は、通信品質を測定した測定結果をそれぞれマネジメント装置100に通知する。

[0086] はじめに、マネジメント装置100は、通信品質を測定する更新周期を設定する（S31）。更新周期は、通信品質を測定する光トランスポンダのペ

アを更新する周期であり、任意の時間周期とすることができる。なお、更新周期は、光通信装置 10 によって設定されてもよい。

[0087] 次に、マネジメント装置 100 は、光通信システム 1 の通信ネットワークに含まれる光通信装置 10 の組み合わせを設定する (S 32)。設定対象となった第 1 光通信装置及び第 2 光通信装置は、それぞれが備える複数の光トランスポンダのうち通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせを設定する (S 33)。なお、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせの設定は、マネジメント装置 100 により行われてもよい。

[0088] マネジメント装置 100 は、第 1 光通信装置と第 2 光通信装置の間に介在する他の光通信装置 10 の方路選択光スイッチ 12 を制御して、第 1 光通信装置から第 2 光通信装置に光信号が伝送されるように、光信号の伝送パスを設定する。また、第 1 光通信装置及び第 2 光通信装置は、通信品質を測定する光トランスポンダのペアに関して、伝送される光信号が少なくとも一度ノイズ付加部 14 を通るように光信号の伝送パスを設定する (S 34)。ここで、伝送パスは、受信側である第 2 光通信装置においてノイズ付加部 14 を通るように設定してよい。

[0089] 第 1 光通信装置及び第 2 光通信装置は、設定された光トランスポンダのペアに関して、設定された光信号の伝送パスで光信号を送受信して、当該光トランスポンダペアについて通信品質を測定して、それぞれのコントローラ 11 のメモリに保存する (S 35)。その後、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせが残されているか否か判断する (S 36)。通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせが残されている場合 (S 36: Yes)、第 1 光通信装置及び第 2 光通信装置は、更新周期に従って光トランスポンダの組み合わせの設定を更新し (S 37)、更新して設定された光トランスポンダのペアに関して、伝送される光信号が少なくとも一度ノイズ付加部 14 を通るように光信号の伝送パスを設定する (S 34)。そして、通信品質を測定してコントローラ 11 のメモリに保存する (S 35)。

[0090] 一方、通信品質を測定する光トランスポンダの組み合わせが残されてい

い場合（S36：No）、第1光通信装置及び第2光通信装置は、マネジメント装置100（NMS）に通信品質の測定結果をまとめて通知する（S38）。マネジメント装置100は、通信品質の測定結果を、測定対象となった光トランスポンダの組み合わせと関連付けて記憶部102に記憶する。なお、第1光通信装置及び第2光通信装置は、測定結果をマネジメント装置100に通知する前に、所定の基準に従って、測定結果をスクリーニングして、所定の基準を満たす測定結果をマネジメント装置100に通知することとしてもよい。以上により第3処理が終了する。

[0091] 本実施形態に係る光通信システム1によれば、光通信装置10のペアがそれぞれ自律的に通信品質を測定する光トランスポンダのペアの更新を行い、測定結果をまとめてマネジメント装置100に通知することで、マネジメント装置100の処理負荷及び通信負荷を軽減することができる。また、第1光通信装置及び第2光通信装置によって通信品質の測定結果をスクリーニングしてマネジメント装置100に通知することで、マネジメント装置100によって処理すべき情報量が削減され、マネジメント装置100の演算負荷や通信負荷を抑制することができる。

[0092] 図11は、本発明の実施形態に係る光通信システム1により実行される第4処理のフローチャートである。第4処理は、光通信システム1に含まれる2台の光通信装置10及びマネジメント装置100によって実行される処理であり、2台の光通信装置10がそれぞれ備える複数の光トランスポンダについて、所定の通信品質を確保することが可能か否かを判断し、判断結果に基づいて光信号の伝送パスを設定する（又は設定しない）処理である。以下では、通信品質を測定する2台の光通信装置10の一方を第1光通信装置と称し、他方を第2光通信装置と称する。

[0093] はじめに、マネジメント装置100は、光通信システム1に含まれる2台の光通信装置10（第1光通信装置及び第2光通信装置）から、接続要求を受け付ける（S41）。そして、第1光通信装置及び第2光通信装置が備える複数の光トランスポンダについて、既に通信品質を測定している光トラン

スポンダの種類の組み合わせを、接続可能な光トランスポンダの組み合わせとして抽出する（S 4 2）。

[0094] 次に、マネジメント装置 1 0 0 は、算出部 1 0 3 によって、第 1 光通信装置と第 2 光通信装置の間に介在する他の光通信装置 1 0 及び光ファイバ F の伝送特性に基づいて、第 1 光通信装置から第 2 光通信装置へ光信号を伝送する場合における経路の伝送特性を算出する（S 4 3）。さらに、マネジメント装置 1 0 0 は、推定部 1 0 4 によって、記憶部 1 0 2 に記憶された光トランスポンダペアの通信品質の測定結果と、算出部 1 0 3 により算出された伝送特性とに基づいて、光トランスポンダペアの通信品質を推定する（S 4 4）。

[0095] マネジメント装置 1 0 0 は、推定された通信品質に基づいて、当該光トランスポンダのペアによって所定の通信品質を満足する通信が行えるか否かを判断し、第 1 光通信装置及び第 2 光通信装置は接続可能か否かを判断する（S 4 5）。ここで接続可能と判断された場合（S 4 5 : Y e s）、マネジメント装置 1 0 0 は、第 1 光通信装置と第 2 光通信装置の間に介在する他の光通信装置 1 0 の方路選択光スイッチ 1 2 を制御して、第 1 光通信装置から第 2 光通信装置に光信号が伝送されるように、光信号の伝送パスを設定する。

[0096] 一方、通信品質の推定対象となった光トランスポンダのペアについて、接続可能でないと判断された場合（S 4 5 : N o）、未検討の光トランスポンダの組み合わせが存在するか否かを判断する（S 4 6）。未検討の光トランスポンダの組み合わせが存在する場合（S 4 6 : Y e s）、算出部 1 0 3 による伝送パスの伝送特性の算出（S 4 3）、推定部 1 0 4 による通信品質の推定を行い（S 4 4）、第 1 光通信装置及び第 2 光通信装置は接続可能か否かを判断する（S 4 5）。なお、伝送パスの伝送特性に実質的な変化が無い場合、算出部 1 0 3 による伝送特性の算出は省略して、算出済みの伝送特性を用いることとしてもよい。

[0097] 通信品質の推定対象となった光トランスポンダのペアについて、接続可能でないと判断された場合であって（S 4 5 : N o）、未検討の光トランスポ

ングの組み合わせが存在しないと判断された場合（S 4 6 : N o）、マネジメント装置 1 0 0 は、第 1 光通信装置と第 2 光通信装置の間では、所定の通信品質を満足する伝送パスを設定することができないことを示す情報を出力する（S 4 9）。以上により第 4 処理が終了する。

[0098] 本実施形態に係る光通信システム 1 によれば、通信品質の測定が既に行われている光トランスポンダの種類の組み合わせが、通信品質の測定を行った際と異なるネットワーク構造を介して接続されている場合であっても、通信品質の推定を行うことができる。そのため、異なるネットワーク構造毎に通信品質の測定を行わずともよく、通信品質の測定処理を実行する回数を低減することができ、光通信装置 1 0 及びマネジメント装置 1 0 0 の演算負荷や通信負荷を低減することができる。

[0099] 図 1 2 は、本発明の実施形態に係る光通信システム 1 により実行される第 5 処理のフローチャートである。第 5 処理は、光通信システム 1 に含まれる 2 台の光通信装置 1 0 及びマネジメント装置 1 0 0 によって実行される処理であり、複数の光トランスポンダのうち通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組合せを抽出し、抽出された光トランスポンダのペアについて通信品質の測定を行う処理である。以下では、通信品質を測定する 2 台の光通信装置 1 0 の一方を第 1 光通信装置と称し、他方を第 2 光通信装置と称する。

[0100] はじめに、マネジメント装置 1 0 0 は、抽出部 1 0 5 によって、複数の光トランスポンダのうち通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組合せを抽出する（S 5 1）。なお、通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組合せが存在しない場合、第 5 処理を終了してよい（S 5 2 : N o）。

[0101] 通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組合せが存在する場合（S 5 2 : Y e s）、マネジメント装置 1 0 0 は、通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの組み合わせを備える第 1 光通信装置及び第 2 光通信装置を探索する（S 5 3）。なお、1 台の光通信装置 1 0 が通

信品質の測定が行われていない光トランスポンダの組合せを含む場合、マネジメント装置１００は、１台の光通信装置１０を探索すればよい。

[0102] 次に、マネジメント装置１００は、探索された第１光通信装置及び第２光通信装置が備える、通信品質の測定が行われていない光トランスポンダのペアの間に光信号を伝送するように、第１光通信装置と第２光通信装置の間に介在する他の光通信装置１０の方路選択光スイッチ１２を制御して、第１光通信装置から第２光通信装置に光信号の伝送パスを設定し、第１光通信装置及び第２光通信装置は、当該光トランスポンダのペアによって光信号の送受信がされるように、伝送パスを設定する。ここで、受信側の第２光通信装置のノイズ付加部１４を通るように伝送パスを設定してよい。

[0103] 第１光通信装置及び第２光通信装置は、設定された伝送パスによって、当該光トランスポンダのペアについて通信品質の測定を行い、マネジメント装置１００に測定結果を通知する。マネジメント装置１００は、測定結果を、当該光トランスポンダのペアと関連付けて記憶部１０２に記憶する（Ｓ５６）。さらに、通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組合せが存在するか否かを判断して（Ｓ５２）、通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組合せが存在しなくなるまで測定処理を繰り返す。以上により第５処理が終了する。

[0104] 本実施形態に係る光通信システム１によれば、通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組み合わせを減少させることができ、通信品質の推定を行うことのできる光トランスポンダの種類の組み合わせを増加させることができるため、通信品質の測定処理を実行する回数を低減することができ、光通信装置１０及びマネジメント装置１００の演算負荷や通信負荷を低減することができる。

[0105] 以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。実施形態が備える各要素並びにその配置、材料、条件、形状及びサイズ等は、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、異なる実施形態で示した

構成同士を部分的に置換し又は組み合わせることが可能である。

符号の説明

[0106] 1…光通信システム、10…光通信装置、11…コントローラ、12…方路選択光スイッチ、13…トランスポンダ集約光スイッチ、14…ノイズ付加部、15…トランスポンダバンク、15a…第1光トランスポンダ、15b…第2光トランスポンダ、15c…第3光トランスポンダ、15d…第4光トランスポンダ、16…第1光スイッチ、16a…第1光スプリッタ、16b…第5光スイッチ、16c…第4光スイッチ、17…第2光スイッチ、17a…第2光スプリッタ、17b…第6光スイッチ、17c…第8光スイッチ、17d…第7光スイッチ、18…第3光スイッチ、100…マネジメント装置、101…通信部、102…記憶部、103…算出部、104…推定部、F…光ファイバ

請求の範囲

- [請求項1] 光信号と電気信号の相互変換を行う複数の光トランスポンダと、
入力された光信号に対して、信号品質を低下させるノイズを付加して出力するノイズ付加部と、
外部及び前記ノイズ付加部のいずれかから入力された光信号を、少なくとも前記複数の光トランスポンダのいずれかに出力する第1光スイッチと、
少なくとも前記複数の光トランスポンダのいずれかから入力された光信号を、外部及び前記ノイズ付加部のいずれかに直接的又は間接的に出力する第2光スイッチと、
を備える光通信装置。
- [請求項2] 入力された光信号を前記ノイズ付加部に出力する第3光スイッチをさらに備え、
前記第1光スイッチは、外部及び前記ノイズ付加部のいずれかから入力された光信号を、前記複数の光トランスポンダ及び前記第3光スイッチのいずれかに出力し、
前記第2光スイッチは、前記複数の光トランスポンダのいずれかから入力された光信号を、外部及び前記第3光スイッチのいずれかに出力する、
請求項1に記載の光通信装置。
- [請求項3] 前記第1光スイッチは、外部及び前記ノイズ付加部のいずれかから入力された光信号を、前記複数の光トランスポンダ及び前記第2光スイッチのいずれかに出力し、
前記第2光スイッチは、前記複数の光トランスポンダ及び前記第1光スイッチのいずれかから入力された光信号を、外部及び前記ノイズ付加部のいずれかに出力する、
請求項1に記載の光通信装置。
- [請求項4] 前記第1光スイッチは、

外部から入力された光信号を分岐させる複数の第1光スプリッタと、

前記ノイズ付加部から入力された光信号を、選択された出力先に出力する第4光スイッチと、

前記複数の第1光スプリッタ及び前記第4光スイッチのいずれかから入力された光信号を、少なくとも前記複数の光トランスポンダのいずれかに出力する複数の第5光スイッチと、を含む、

請求項1から3のいずれか1項に記載の光通信装置。

[請求項5]

前記第2光スイッチは、

前記複数の光トランスポンダから入力された光信号を、選択された出力先に出力する複数の第6光スイッチと、

前記複数の第6光スイッチから入力された光信号を、外部に出力する複数の第2光スプリッタと、

前記複数の第6光スイッチから入力された光信号を、前記ノイズ付加部に出力する第7光スイッチと、を含む、

請求項1から4のいずれか1項に記載の光通信装置。

[請求項6]

前記複数の光トランスポンダ、前記ノイズ付加部、前記第1光スイッチ及び前記第2光スイッチを制御するコントローラをさらに備える、

請求項1から5のいずれか1項に記載の光通信装置。

[請求項7]

請求項1から6のいずれか1項に記載の光通信装置と、

前記光通信装置を管理するマネジメント装置と、を含む光通信システムであって、

前記光通信装置は、前記複数の光トランスポンダのうち2つの光トランスポンダの一方から他方に、前記ノイズ付加部を通るように光信号を伝送して、通信品質を測定した測定結果を前記マネジメント装置に通知する、

光通信システム。

- [請求項8] 請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光通信装置である第 1 光通信装置及び第 2 光通信装置を含み、
- 前記第 1 光通信装置は、前記複数の光トランスポンダのうちいずれかから前記第 2 光通信装置に光信号を送信し、
- 前記第 2 光通信装置は、当該光信号を、前記ノイズ付加部を通るように伝送し、前記複数の光トランスポンダのうちいずれかによって受信し、
- 前記第 1 光通信装置及び前記第 2 光通信装置は、通信品質を測定した測定結果をそれぞれ前記マネジメント装置に通知する、
- 請求項 7 に記載の光通信システム。
- [請求項9] 前記第 1 光通信装置及び前記第 2 光通信装置は、通信品質を測定する前記複数の光トランスポンダの組合せを、予め定められた周期で更新して、それぞれ通信品質の測定を行い、
- 前記第 1 光通信装置及び前記第 2 光通信装置は、通信品質を測定した測定結果をそれぞれ前記マネジメント装置に通知する、
- 請求項 8 に記載の光通信システム。
- [請求項10] 前記マネジメント装置は、
- 前記複数の光トランスポンダのうち通信品質の測定が既に行われている光トランスポンダの種類の組合せを、当該組合せに関する通信品質の測定結果とともに記憶する記憶部と、
- 前記第 1 光通信装置から前記第 2 光通信装置へ光信号を伝送する場合における経路の伝送特性を算出する算出部と、
- 前記第 1 光通信装置の光トランスポンダと前記第 2 光通信装置の光トランスポンダの組合せが、通信品質の測定が既に行われている光トランスポンダの種類の組合せである場合に、前記記憶部に記憶された通信品質の測定結果と、前記算出部により算出された前記伝送特性とに基づいて通信品質を推定する推定部と、を備える、
- 請求項 8 又は 9 に記載の光通信システム。

[請求項11]

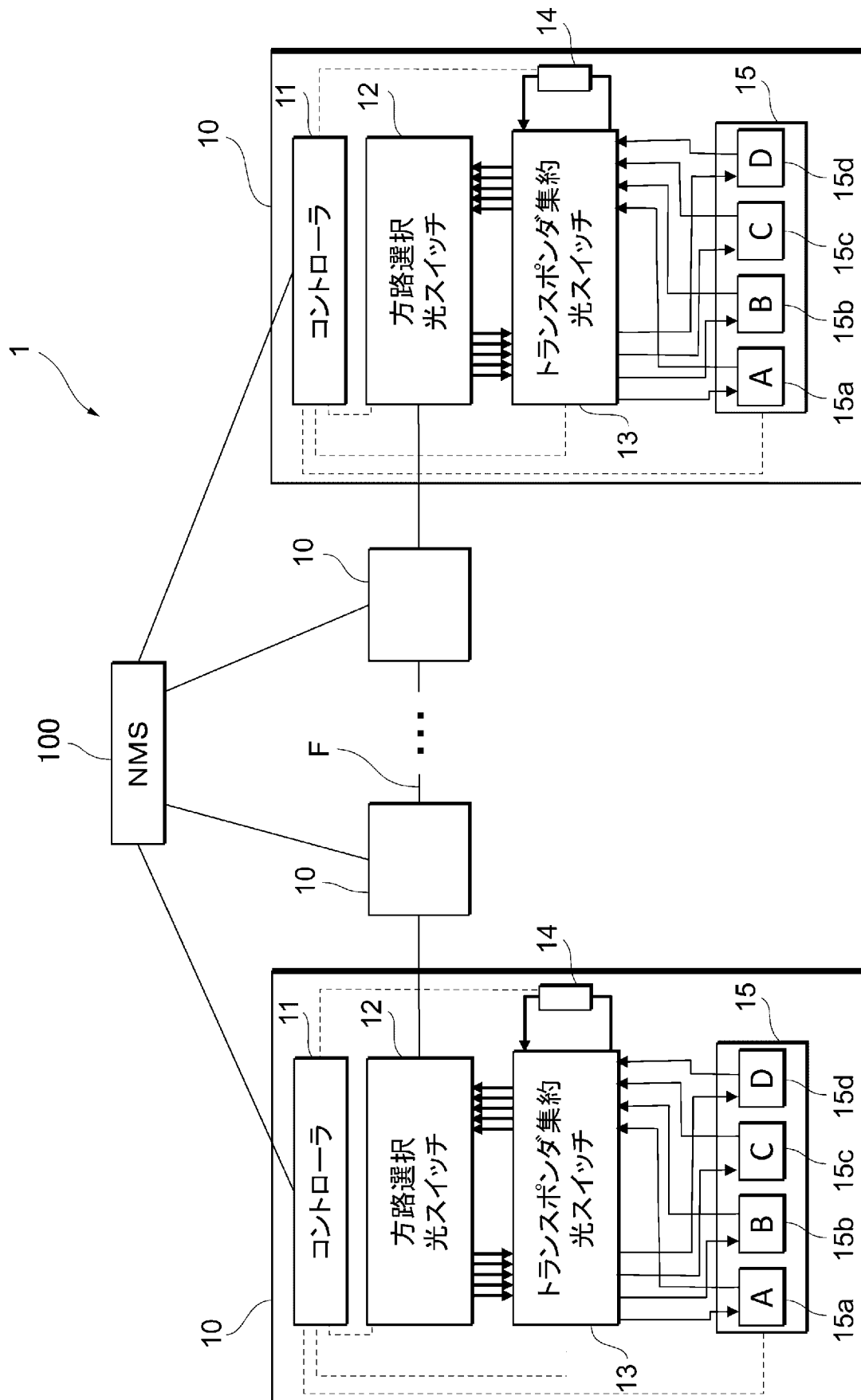
前記マネジメント装置は、

前記複数の光トランスポンダのうち通信品質の測定が行われていない光トランスポンダの種類の組合せを抽出する抽出部をさらに備え、

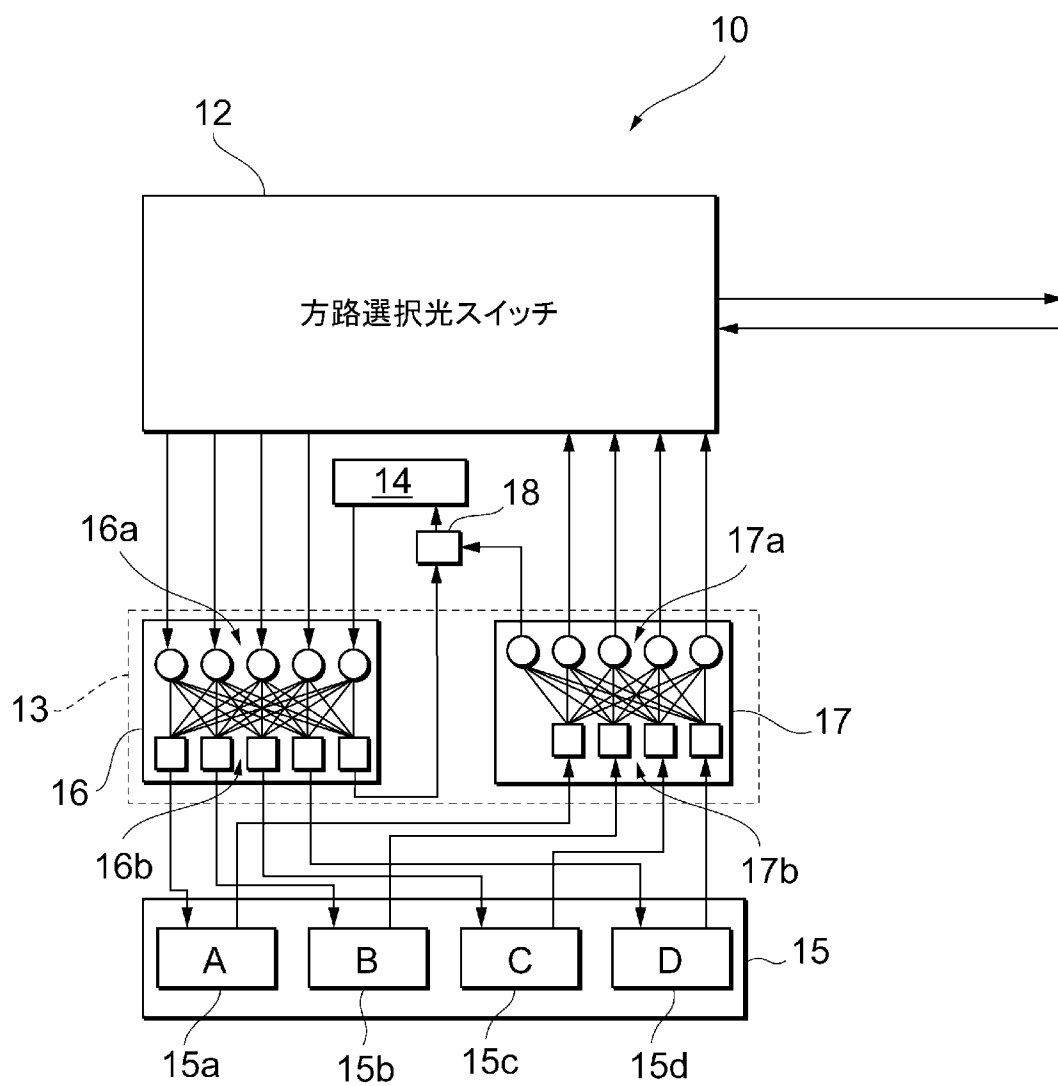
前記抽出部により抽出された光トランスポンダの種類の組合せについて、前記第1光通信装置及び前記第2光通信装置の一方又は両方に対して、通信品質の測定を行わせて、当該通信品質の測定結果を前記記憶部に記憶する、

請求項10に記載の光通信システム。

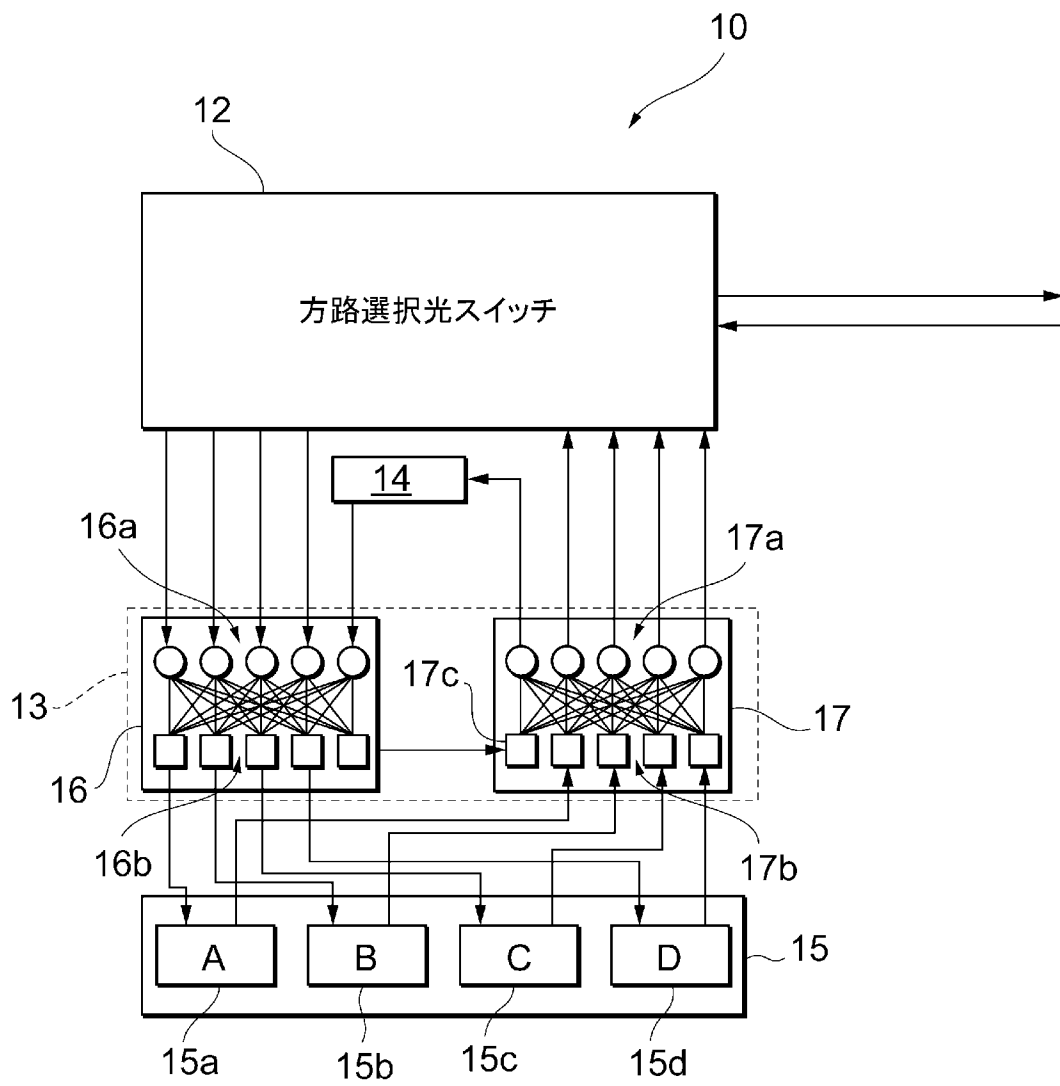
[図1]



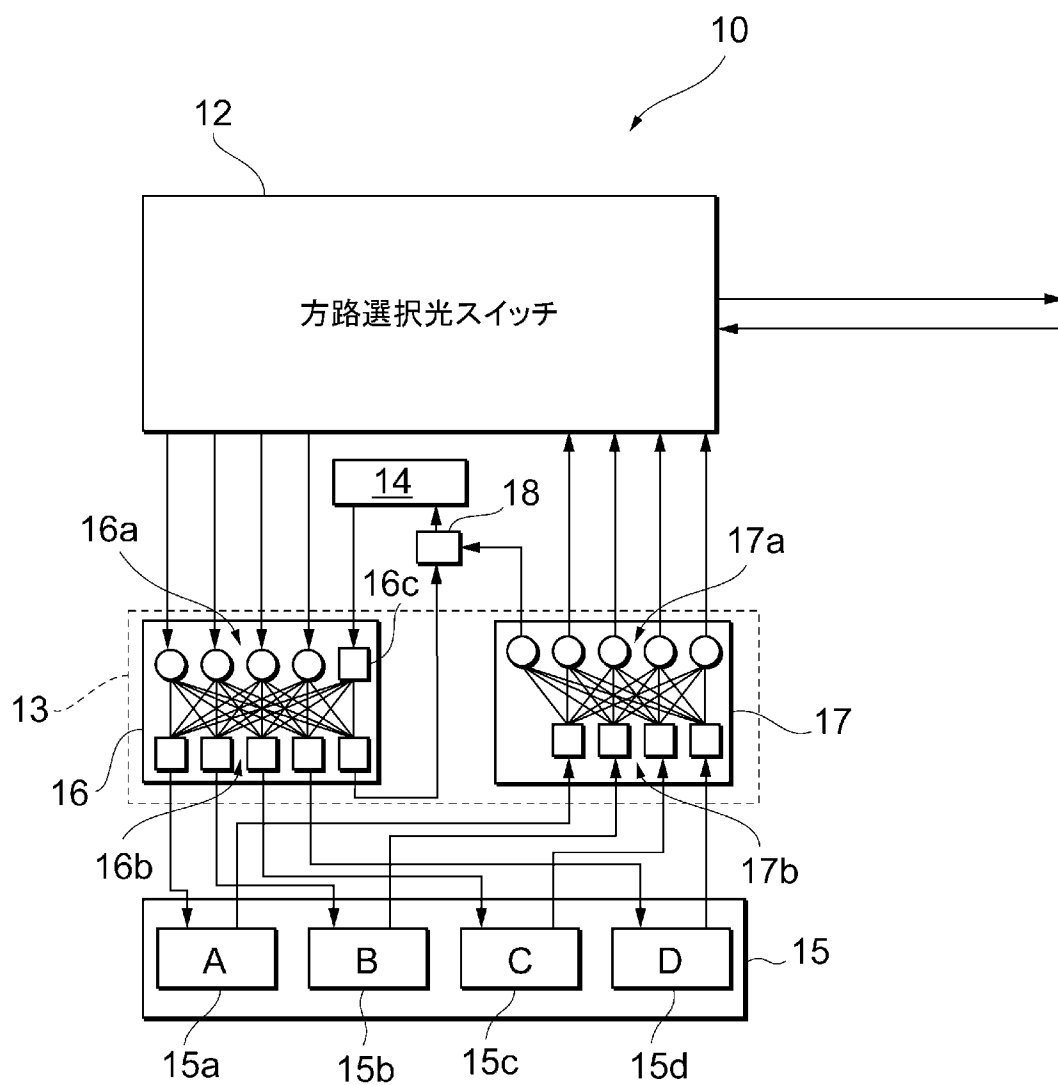
[図2]



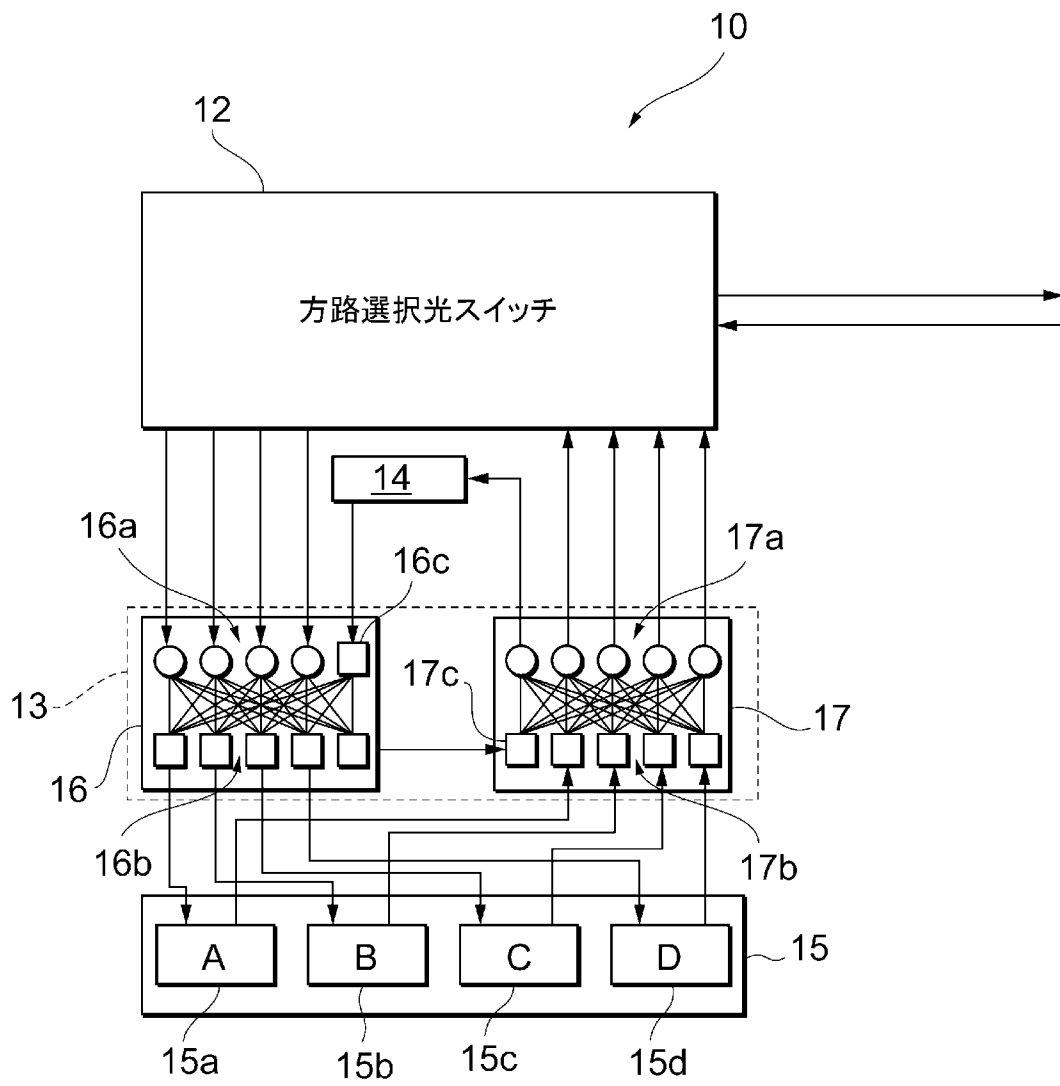
[図3]



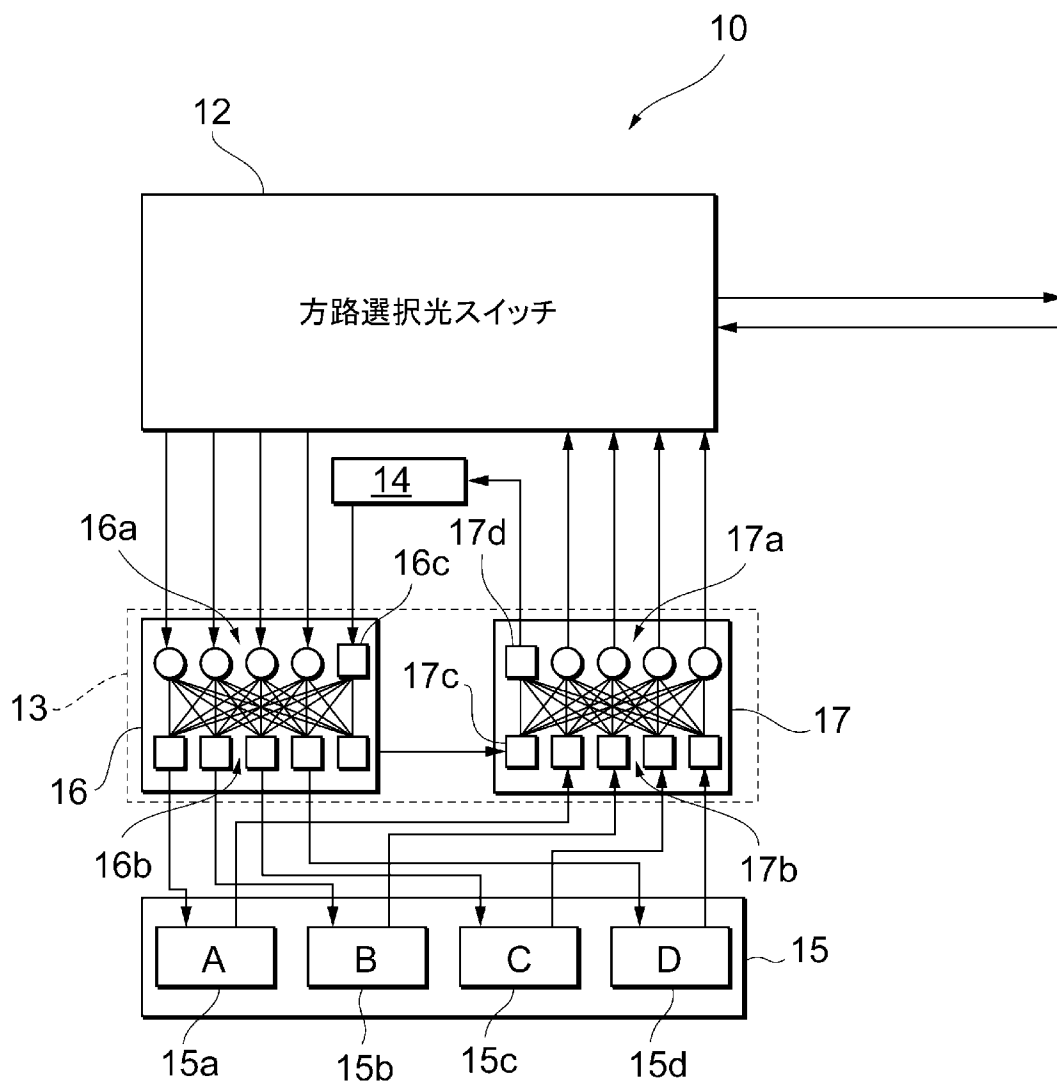
[図4]



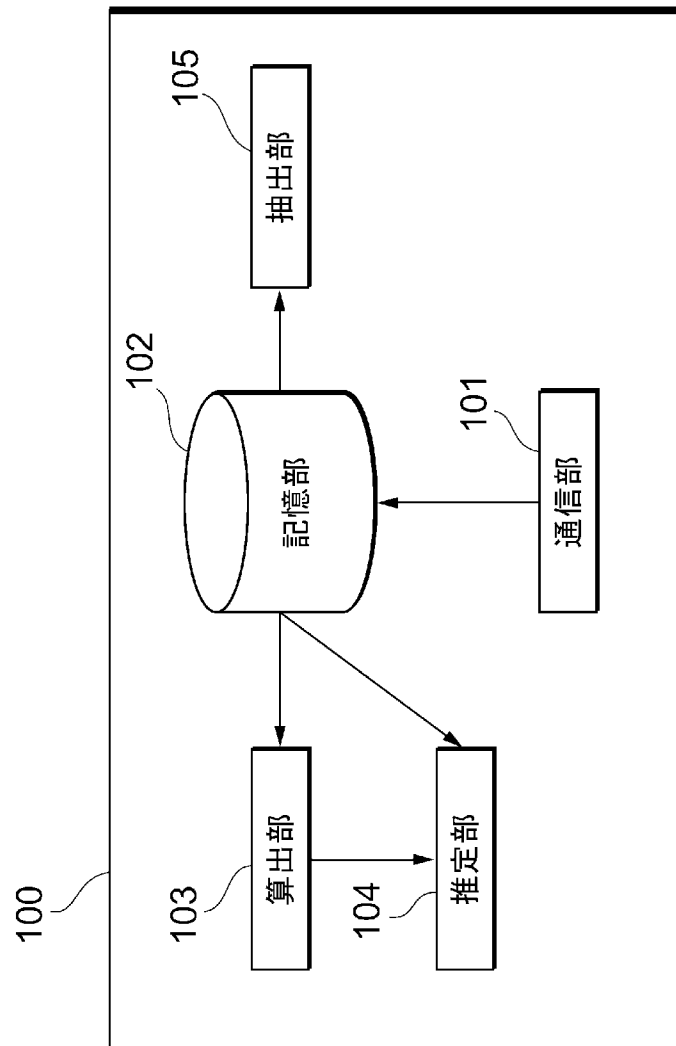
[図5]



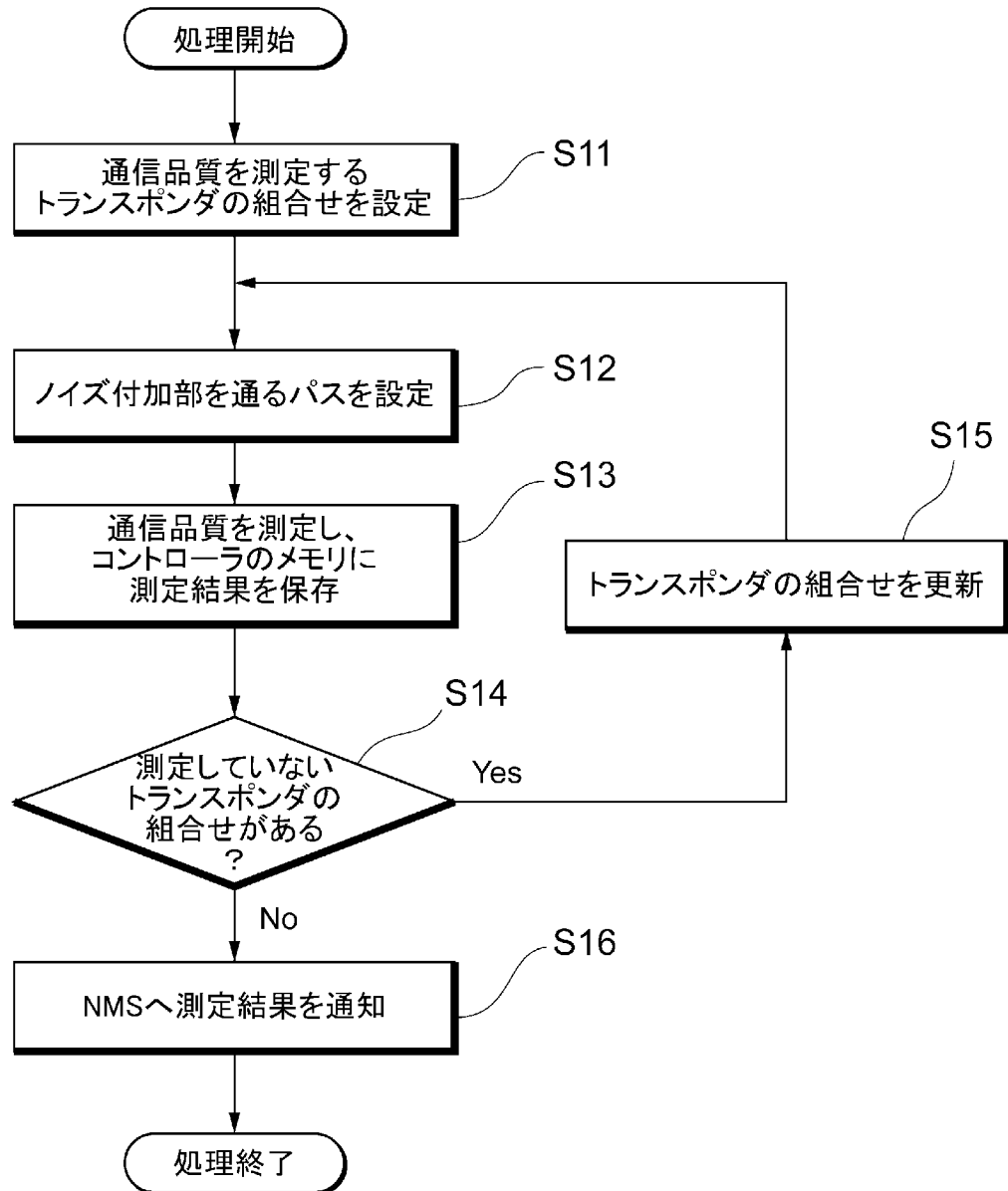
[図6]



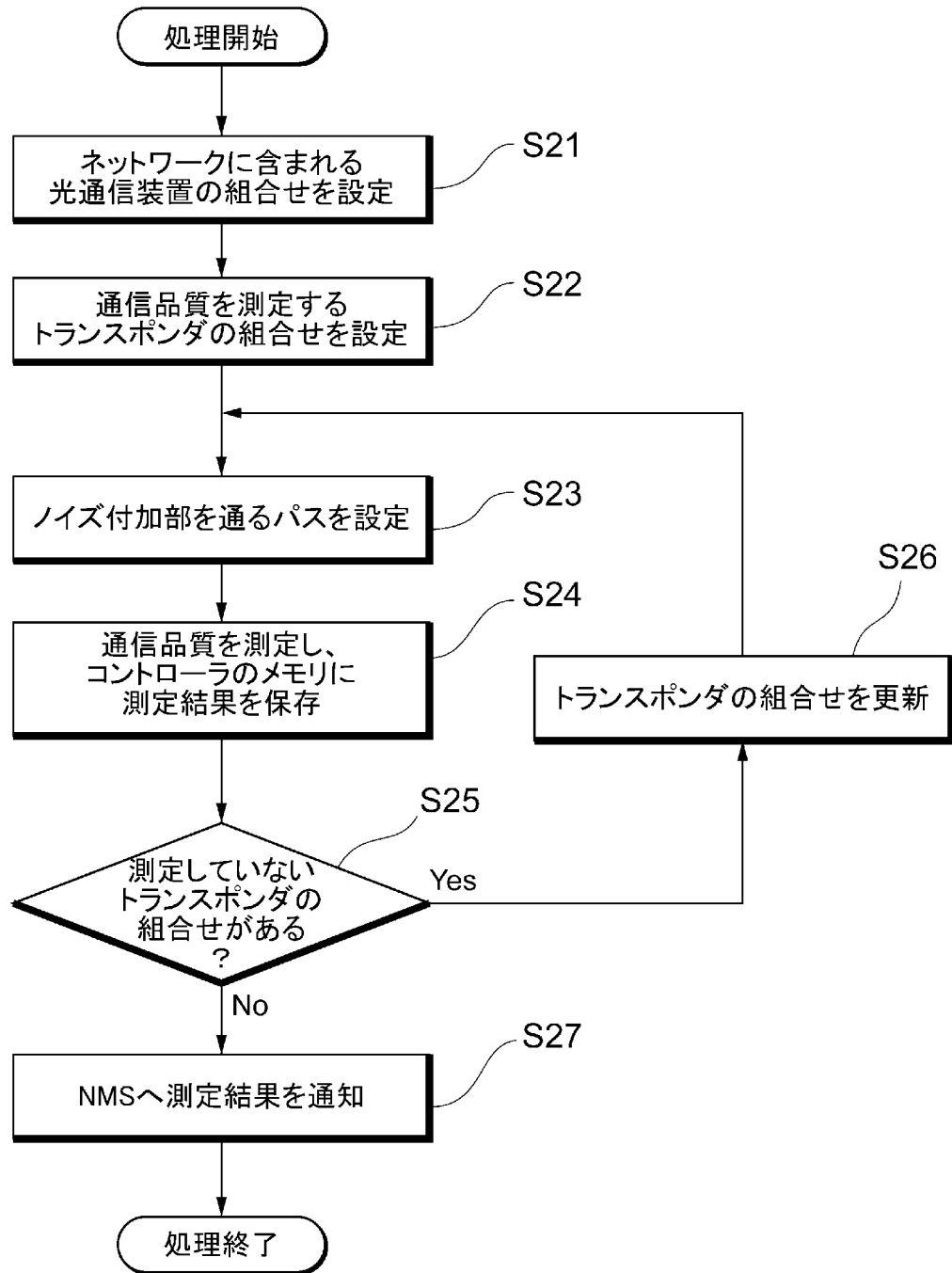
[図7]



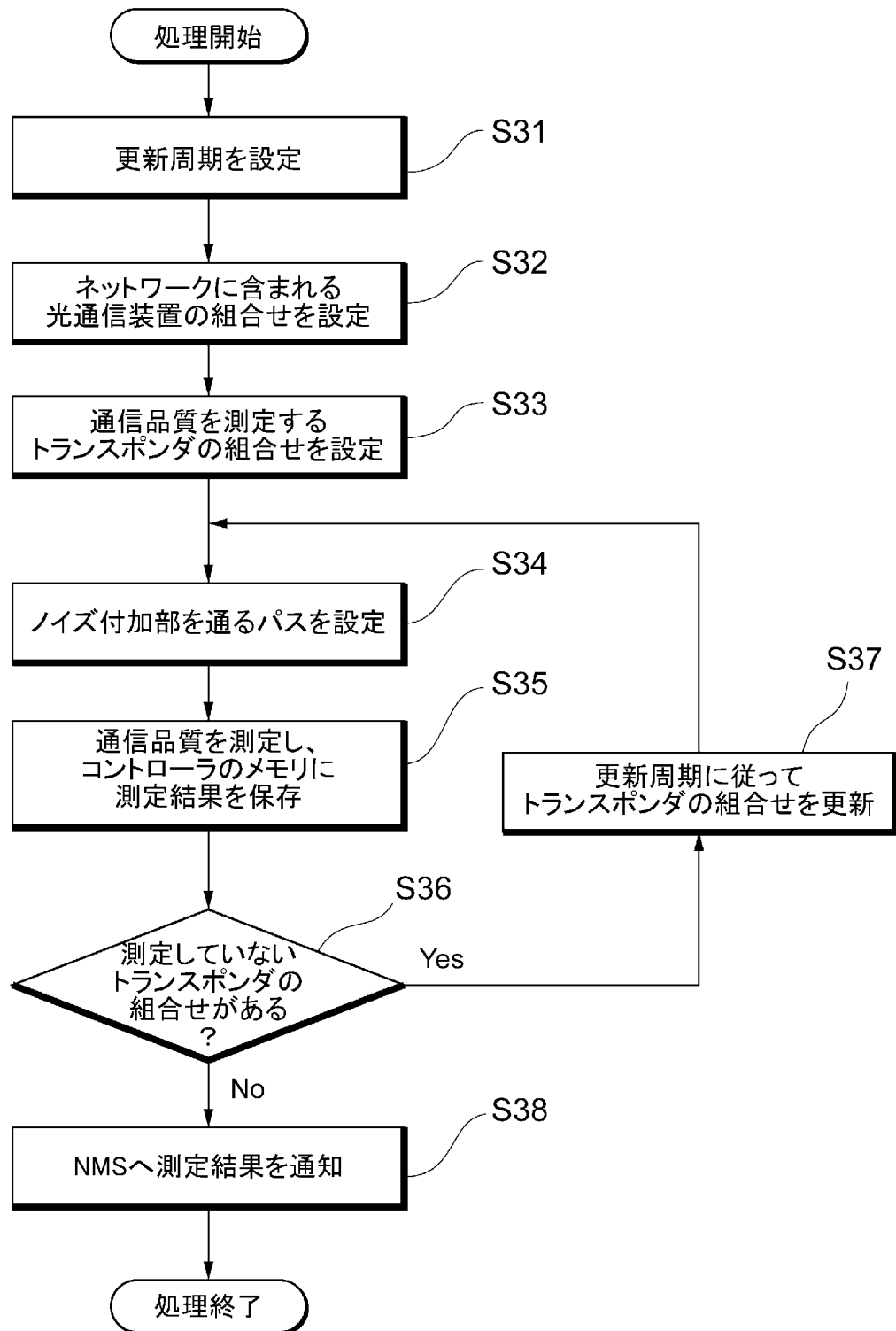
[図8]



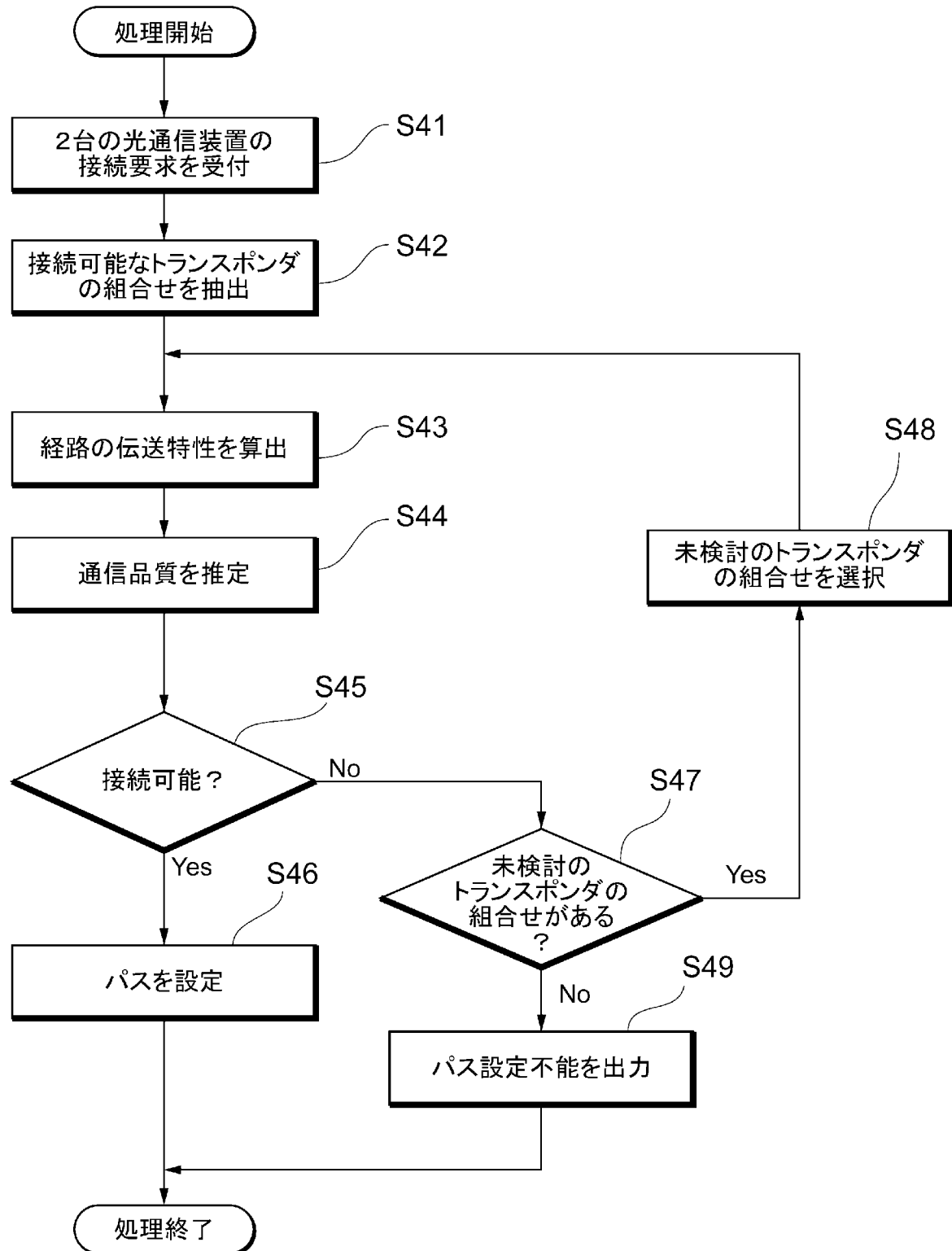
[図9]



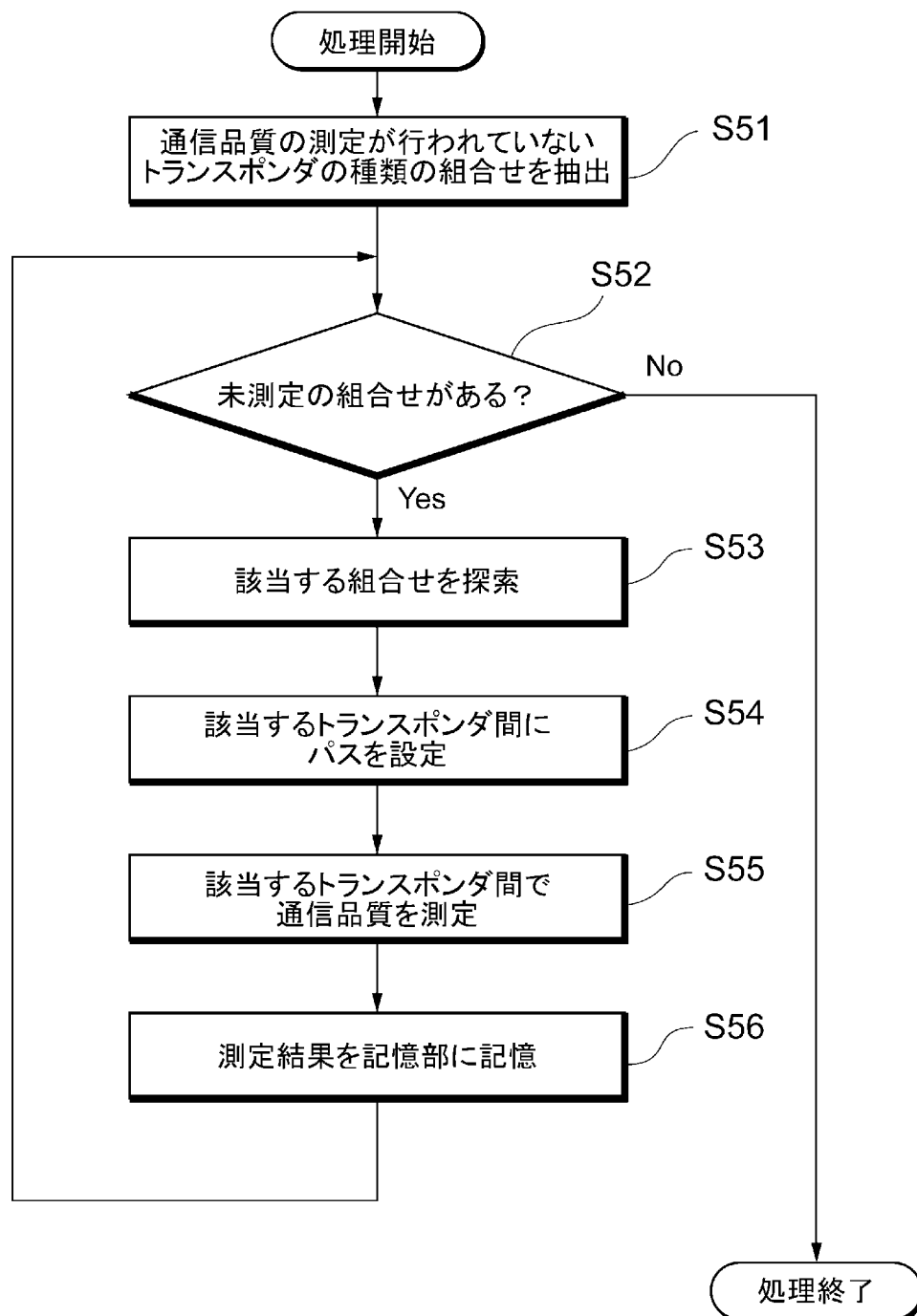
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/013749

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H04B10/073 (2013.01) i, H04B10/27 (2013.01) 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)

Int.Cl. H04B10/073, 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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2017-152794 A (HITACHI METALS, LTD.) 31 August 2017, paragraphs [0015]-[0033] (Family: none)	1-11
A	UEDA, Koh et al., "Large-Scale Optical Circuit Switch for Intra-Datacenter Networking Using Silicon-Photonic Multicast Switch and Tunable Filter", 42nd European Conference and Exhibition on Optical Communications, 18 September 2016, pages. 610-612	1-11
A	JP 2006-157950 A (FUJITSU LTD.) 15 June 2006, paragraphs [0047]-[0070] (Family: none)	1-11

☐ 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

"I" 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
18 June 2018 (18.06.2018)

Date of mailing of the international search report
26 June 2018 (26.06.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04B10/073(2013.01)i, H04B10/27(2013.01)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. H04B10/073, 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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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）

IEEE Xplore

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
P, A	JP 2017-152794 A（日立金属株式会社）2017.08.31, 段落 [0015]-[0033]（ファミリーなし）	1-11
A	UEDA, Koh et al., Large-Scale Optical Circuit Switch for Intra-Datacenter Networking Using Silicon-Photonic Multicast Switch and Tunable Filter, 42nd European Conference and Exhibition on Optical Communications, 2016.09.18, pages.610-612	1-11

☒ 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

18.06.2018

国際調査報告の発送日

26.06.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

前田 典之

5 K

9073

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

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 2006-157950 A (富士通株式会社) 2006.06.15, 段落 [0047]-[0070] (ファミリーなし)	1-11