

(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
2020年8月20日(20.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/166485 A1

(51) 国際特許分類:

H04L 7/00 (2006.01)

H04L 12/70 (2013.01)

G04G 5/00 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/004618

(22) 国際出願日: 2020年2月6日(06.02.2020)

(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 2019-024802 2019年2月14日(14.02.2019) JP

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE

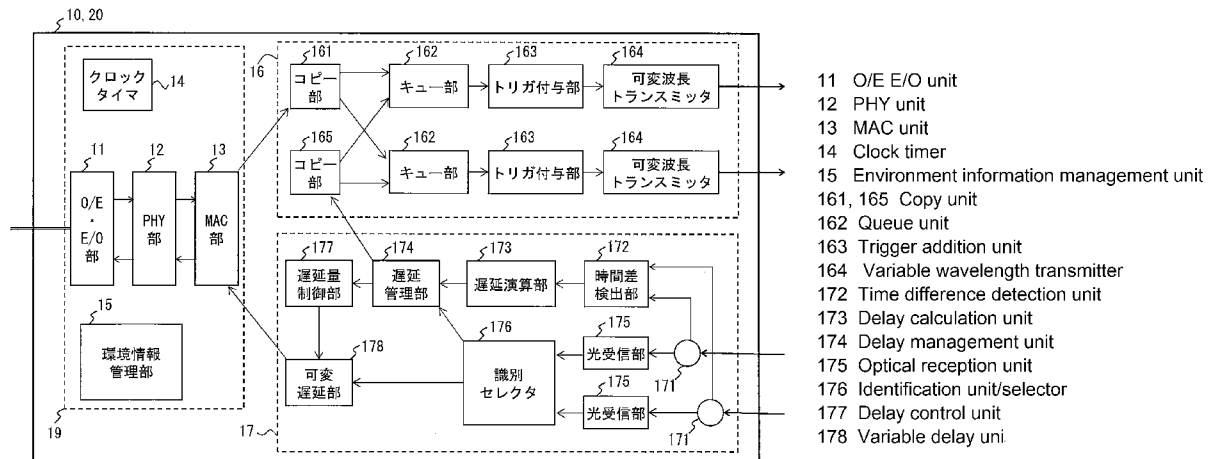
CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 中川 雅弘 (NAKAGAWA, Masahiro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 新井 薫 (ARAI, Kaoru); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 佐久間 大樹 (SAKUMA, Hiroki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 坪井 俊一 (TSUBOI, Shunichi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(54) Title: TRANSMISSION DEVICE, TIME TRANSMISSION SYSTEM, AND DELAY COMPENSATION METHOD

(54) 発明の名称: 伝送装置、時刻伝送システム、および、遅延補正方法

[図6]



(57) Abstract: [Problem] To provide a time synchronization mechanism such that the effects of link asymmetry between time synchronization devices is reduced. [Solution] A second transmission device 2 comprises: a transmission unit 16 that simultaneously transmits delay calculation packets of a plurality of wavelengths to a counterpart time transmission device; and a reception unit 17 that determines the propagation delay Dms from the counterpart time transmission device to the host device on the basis of the differences in the arrival times of the delay calculation packets of the plurality of wavelengths received from the counterpart time transmission device, receives notification of the propagation delay Dsm from the local device to the counterpart time transmission device as determined by the counterpart time transmission device, and determines a propagation delay Dmax greater than the propagation delay Dms and the propagation delay Dsm. The reception unit generates a wait delay Wms from the propagation delay Dms to the propagation delay Dmax for the received PTP packets, and then transmits the PTP packets to a slave node 4.



(74) 代理人: 特許業務法人磯野国際特許商標事務所 (ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目1番18号 ヒューリック虎ノ門ビル 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, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 【課題】時刻同期装置間のリンク非対称性の影響を低減するような時刻同期機構を提供すること。【解決手段】第2伝送装置2は、複数波長分の遅延算出用パケットを同時に対向の時刻伝送装置に送信する送信部16と、対向の時刻伝送装置から受信した複数波長分の遅延算出用パケットの到着した時刻の差をもとに、対向の時刻伝送装置から自装置までの伝搬遅延Dmsを求め、対向の時刻伝送装置が求めた自装置から対向の時刻伝送装置までの伝搬遅延Dsmの通知を受け、伝搬遅延Dmsおよび伝搬遅延Dsmよりも大きな伝搬遅延Dmaxを求める受信部17とを有する。受信部17は、受信したPTPパケットに対して、伝搬遅延Dmsから伝搬遅延Dmaxまでの待ちあわせ遅延Wmsを発生させた後に、スレーブノード4に送信する。

明 細 書

発明の名称：

伝送装置、時刻伝送システム、および、遅延補正方法

技術分野

[0001] 本発明は、伝送装置、時刻伝送システム、および、遅延補正方法に関する。

背景技術

[0002] 時刻同期技術は、モバイルにおける基地局間連携において次世代移動通信5G (Generation) などで今後必要とされている。時刻同期システムは、例えば、時刻基準装置であるGM (Grand Master) を各地点に分散配置させる構成により実現される。各地点のGMは、GNSS (Global Navigation Satellite System) 衛星からの信号を直接受信するGNSSレシーバとして機能し、受信した信号を直接エンドアプリケーションに配信する。

しかし、高性能であるGNSSレシーバの台数を増やすと、その分コストも高くなってしまふ。また、悪天候により衛星からの信号を受信できない時間帯は、時刻の精度が悪化してしまふ。

[0003] そこで、GMからの情報をパケットネットワークによって配信する（つまり、GNSS信号を間接的に受信する）形態として、例えば、パケットのタイムスタンプを利用して時刻同期を行うPTP (Precision Time Protocol) が用いられる（非特許文献1）。PTPでは、通信事業者の高信頼なネットワークを介して時刻同期が行われる。

これにより、時刻基準となるGNSSアンテナの受信地点および設置数を集約でき、集約したGNSSレシーバ (GM) へ監視機能を具備することでGNSS受信の信頼性を向上することができる。また、パケットネットワークの経路二重化により、信頼性も向上できる。さらに、GMはPTPパケットを主信号に重畳することで、経済的かつ高精度に時刻情報を伝達することができる。

[0004] 図17は、時刻同期技術が適用された時刻伝送システムの構成図である。

時刻伝送システムは、PTPに対応したPTPノードであるGMノード82zと、BC (Boundary Clock) ノード83z, 84zと、OC (Ordinary Clock) ノード85zとがネットワークで接続されて構成される。

以下、時刻同期を直接行うPTPノード間で、時刻情報を提供する側をマスタノード91z (図18) とし、マスタノード91zから時刻情報を受ける被同期装置の側をスレーブノード92z (図18) とする。以下、時刻情報の伝搬の順序を図17の太線矢印で記載する。太線矢印の矢印元側が上り側であり、太線矢印の矢印先側が下り側である。つまり、GMノード82z → BCノード83z → BCノード84z → OCノード85zの順に正確な時刻情報が下りに伝搬される。

[0005] GMノード82zは、GPS衛星81zからの信号を直接受信するアンテナ82aを備える。

BCノード83zは、マスタノード91zであるGMノード82zから時刻情報を受けるスレーブノード92zであり、その後にBCノード84zに時刻情報を提供するマスタノード91zとして機能する。

BCノード84zは、BCノード83zから時刻情報を受けるスレーブノード92zであり、その後にOCノード85zに時刻情報を提供するマスタノード91zとして機能する。

OCノード85zは、BCノード84zから時刻情報を受けるスレーブノード92zであり、その後にエンド端末86zに時刻情報を提供する。

なお、BCノード83z, 84zとOCノード85zとの呼び方の違いは、他PTPノードへの接続ポートがBCノード83z, 84zには複数本存在し、OCノード85zには1本だけ存在することによる。

[0006] 図18は、PTPの仕組みを示すシーケンス図である。

時刻情報 (タイムスタンプ) を付与したPTPパケットは、マスタノード91z ~ スレーブノード92z間で送受信される。PTPパケットとして、下りのSyncメッセージ (S11z) と、下りのFollow-upメッセージ (S12z) と、上りのDelay_Requestメッセージ (S13z) と、下りのDelay_Responseメッ

セージ（S 1 4 z）とが順番に送受信される。

発時刻t1は、Syncメッセージ（S 1 1 z）がマスタノード9 1 zから送信された時刻である。なお、Syncメッセージの発時刻t1をSyncメッセージそのものに含ませることは困難であるので、Syncメッセージの発時刻t1は後続のFollow-upメッセージにて、スレーブノード9 2 zに通知される。

着時刻t2は、Syncメッセージがスレーブノード9 2 zに到着した時刻である。

発時刻t3は、Delay_Requestメッセージがスレーブノード9 2 zから送信された時刻である。

着時刻t4は、Delay_Requestメッセージがマスタノード9 1 zに到着した時刻である。着時刻t4は、Delay_Requestメッセージに対するDelay_Responseメッセージに含めて、スレーブノード9 2 zに通知される。

これにより、スレーブノード9 2 zは、4つのタイムスタンプ（発時刻t1～着時刻t4）をすべて把握できる。

[0007] PTPパケットの送受信には、以下の伝搬遅延が発生する。

- ・下り遅延Dmsは、マスタノード9 1 z→スレーブノード9 2 zの下り方向のSyncメッセージの伝搬遅延である。マスタノード9 1 z側の時計に対するスレーブノード9 2 z側の時計のずれをオフセット値とすると、下り遅延Dms = （着時刻t2－オフセット値）－発時刻t1で求まる。

- ・上り遅延Dsmは、スレーブノード9 2 z→マスタノード9 1 zの上り方向のDelay_Requestメッセージの伝搬遅延である。上り遅延Dsm＝着時刻t4－（発時刻t3－オフセット値）で求まる。

下り遅延Dms＝上り遅延Dsmと仮定すると、スレーブノード9 2 zは、以下の数式1でオフセット値を求める。

オフセット値＝（（着時刻t2－発時刻t1）－（着時刻t4－発時刻t3））／2 …（数式1）

そして、スレーブノード9 2 zは、求めたオフセット値で自身の時計の時刻を修正することで、マスタノード9 1 zの時計とスレーブノード9 2 zの

時計とが同期（時刻一致）される。

先行技術文献

非特許文献

- [0008] 非特許文献1：IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)、「IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems」、IEEE Std 1588-2008, Revision of IEEE Std 1588-2002、2008年7月24日

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] PTPは、PTPパケットの伝送経路について、上り下りの遅延が等しいことを前提としたプロトコルである。よって、リンク非対称性（上り下りの遅延差）が発生する場合には、時刻同期精度に誤差が生じる。以下、リンク非対称性の要因を例示する。

（a）伝送経路途中の装置内遅延は、例えば、パケット処理によるバッファリングやフレーム処理による変動可能性がある遅延である。

（b）伝送路の遅延は、例えば、光路長1mの差で5ns遅延する（5ns/m）など二芯双方向通信時のファイバ長差の遅延や、伝送路の温度変動による変動可能性がある遅延である。なお、地理的に離れた拠点間の時刻誤差は、局内配線の光路長差に比例して大きくなる。

- [0010] そこで、本発明は、時刻同期装置間のリンク非対称性の影響を低減するような時刻同期機構を提供することを、主な課題とする。

課題を解決するための手段

- [0011] 前記課題を解決するために、本発明の伝送装置は、以下の特徴を有する。

本発明は、第1時刻同期装置側に接続される第1伝送装置と、前記第1伝送装置に対向し第2時刻同期装置側に接続される第2伝送装置を経由して、前記第1時刻同期装置と前記第2時刻同期装置との間で時刻同期用パケットを送受信し、その送受信の時刻情報をもとに前記第2時刻同期装置の時刻を

同期する時刻伝送システムに用いられる伝送装置であって、

前記第 1 伝送装置および前記第 2 伝送装置としてそれぞれ動作する伝送装置が、

複数波長分の遅延算出用パケットを同時に対向の伝送装置に送信する送信部と、

前記対向の伝送装置から受信した複数波長分の前記遅延算出用パケットの到着した時刻の差をもとに、前記対向の伝送装置から自装置までの第 1 伝搬遅延を求め、前記対向の伝送装置が求めた自装置から前記対向の伝送装置までの第 2 伝搬遅延の通知を受け、前記第 1 伝搬遅延および前記第 2 伝搬遅延よりも大きな設定遅延を求める受信部とを有し、

前記受信部が、

前記対向の伝送装置から複数波長分の前記時刻同期用パケットを受信すると、それらの前記時刻同期用パケットの到着した時刻の差をもとに、前記対向の伝送装置から自装置までの第 3 伝搬遅延を求め、

受信した前記時刻同期用パケットに対して、前記第 3 伝搬遅延から前記設定遅延までの待ちあわせ遅延を発生させた後に、自装置側に接続される時刻同期装置に送信することを特徴とする。

[0012] これにより、時刻同期装置間でリンク非対称性を吸収する一定の設定遅延が時刻同期用パケットに設定されるので、時刻同期装置間のリンク非対称性に影響されない時刻同期機構を提供することができる。

[0013] 本発明は、前記伝送装置と、前記第 1 時刻同期装置と、前記第 2 時刻同期装置とを含めて構成される時刻伝送システムであって、

前記第 2 時刻同期装置が、前記時刻同期用パケットの前記時刻同期装置間における発時刻および着時刻を用いて前記第 2 時刻同期装置の時計のずれであるオフセット値を計算することを特徴とする。

[0014] これにより、時刻同期装置間のリンク非対称性に影響されない時刻同期用パケットの発時刻および着時刻をもとに、高精度な時刻同期を実現することができる。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、時刻同期装置間のリンク非対称性の影響を低減するような時刻同期機構を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本実施形態に係わる時刻同期技術が適用された時刻伝送システムの構成図である。

[図2]本実施形態に係わる伝送装置内での遅延の計算方法を示す説明図である。

[図3]本実施形態に係わる図1の時刻伝送システムに対して、リンク対称性が事後的に確立される場合の構成図である。

[図4]本実施形態に係わる第1伝送装置の構成図である。

[図5]本実施形態に係わる第2伝送装置の構成図である。

[図6]本実施形態に係わる各同期用モジュールの構成図である。

[図7]本実施形態に係わる同期用モジュール間で伝搬遅延を測定する処理を示す説明図である。

[図8]本実施形態に係わる時刻同期の全体処理を示すシーケンス図である。

[図9]本実施形態に係わるS31の送信側処理の詳細を示すシーケンス図である。

[図10]本実施形態に係わるS32の受信側処理の詳細を示すシーケンス図である。

[図11]本実施形態に係わるS33の送信側処理の詳細を示すシーケンス図である。

[図12]本実施形態に係わるS34の受信側処理の詳細を示すシーケンス図である。

[図13]本実施形態に係わるS35の送信側処理の詳細を示すシーケンス図である。

[図14]本実施形態に係わるS36の受信側処理の詳細を示すシーケンス図である。

[図15]本実施形態に係わるS 1 2の送信側処理の詳細を示すシーケンス図である。

[図16]本実施形態に係わるS 1 3の受信側処理の詳細を示すシーケンス図である。

[図17]時刻同期技術が適用された時刻伝送システムの構成図である。

[図18]PTPの仕組みを示すシーケンス図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の一実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

[0018] 図1は、時刻同期技術が適用された時刻伝送システムの構成図である。

本実施形態の時刻伝送システムでは、時刻同期装置としてのマスタノード（第1時刻同期装置）3とスレーブノード（第2時刻同期装置）4との間でPTPパケット（時刻同期用パケット）を送受信することで、スレーブノード4の時刻同期処理を行う。

そして、PTPパケットを中継するための伝送装置として、第1伝送装置1と、第2伝送装置2とを互いに対向するように設ける。直接接続されるマスタノード3と第1伝送装置1とが組となり、直接接続されるスレーブノード4と第2伝送装置2とが組となる。これらの伝送装置は、パケットの中継機能に加えて、マスタノード3とスレーブノード4との間のリンク非対称性の影響を低減する待ち合わせ機能（詳細は図3）を有している。

[0019] 時刻伝送システムは、マスタノード3→第1伝送装置1→第2伝送装置2→スレーブノード4の経路で下りのSyncメッセージ（図18ではS 1 1 z）を伝送し、その逆の経路で上りのDelay_Requestメッセージ（図18ではS 1 3 z）を伝送する。

マスタノード3→スレーブノード4の伝搬遅延の主成分である第1伝送装置1→第2伝送装置2の間に発生する伝搬遅延を、以下では「Dms」（第1伝搬遅延）とする。

スレーブノード4→マスタノード3の伝搬遅延の主成分である第2伝送装置2→第1伝送装置1の間に発生する伝搬遅延を、以下では「Dsm」（第2伝

搬遅延)とする。

なお、伝搬遅延Dmsの「ms」はmaster→slaveの方向を示し、伝搬遅延Dsmの「sm」はslave→masterの方向を示す。

[0020] このとき、 $|\text{伝搬遅延Dms} - \text{伝搬遅延Dsm}| > 0$ なら時刻同期装置間のリンク非対称性が存在し、その要因は伝送経路途中の装置（第1伝送装置1、第2伝送装置2）内遅延と、伝送路の遅延との和である。このリンク非対称性を削減するために、第1伝送装置1→第2伝送装置2間の伝搬遅延Dmsをマスタノード3→スレーブノード4間の遅延の代わりに測定し、第2伝送装置2→第1伝送装置1間の伝搬遅延Dsmをスレーブノード4→マスタノード3間の遅延の代わりに測定する。

なお、時刻伝送システムに対して、以下に示す構成を採用することにより、伝送装置間の非対称性と、時刻同期装置間の非対称性とがほぼ等しくなる。

- ・マスタノード3、第1伝送装置1間の配線と、第2伝送装置2、スレーブノード4間の配線とが上り下りで等長配線である構成。

- ・第1同期用モジュール10をマスタノード3の内部に組み込み、第2同期用モジュール20をスレーブノード4の内部に組み込む構成。

[0021] 図2は、伝送装置（第1伝送装置1、第2伝送装置2）内での遅延の計算方法を示す説明図である。

（手順1）伝搬遅延Dmsおよび伝搬遅延Dsmがそれぞれ遅延量として測定される。

（手順2）遅延量の最大値に対してある程度のマージンを加算した伝搬遅延Dmax（設定遅延）が求まる。つまり、伝搬遅延Dmaxは、どの伝搬遅延Dmsおよび伝搬遅延Dsmよりも大きな値が設定される。

（手順3）各伝送装置は、自身が受信したPTPパケットに対して、そのPTPパケットの送信元から自身までに要した伝搬遅延（第3伝搬遅延）から伝搬遅延Dmaxまでの不足分を待ちあわせ遅延とする。

[第2伝送装置2の場合] 下りのPTPパケットの待ちあわせ遅延Wms＝伝搬

遅延 $D_{\max}$ －伝搬遅延 D_m

〔第1伝送装置1の場合〕上りのPTPパケットの待ちあわせ遅延 W_m ＝伝搬遅延 $D_{\max}$ －伝搬遅延 D_m

[0022] 図3は、図1の時刻伝送システムに対して、リンク対称性が事後的に確立される場合の構成図である。

第2伝送装置2は、図2で説明したように、伝搬遅延 D_m で到着したPTPパケットに対して待ちあわせ遅延 W_m 分待たせるようにすることで、伝送路の合計の遅延が伝搬遅延 $D_{\max}$ となる。

第1伝送装置1も、図2で説明したように、伝搬遅延 D_m で到着したPTPパケットに対して待ちあわせ遅延 W_m 分待たせるようにすることで、伝送路の合計の遅延が伝搬遅延 $D_{\max}$ となる。

これにより、上り下りの両方向の遅延が等しくなることで、リンク対称性が事後的に確立される。例えば、同じ経路のPTPパケットでも、送信するタイミングにおけるネットワークの混雑状況により、同じ方向の通信でも遅延がばらついてしまう。しかし、この遅延のばらつきも伝搬遅延 $D_{\max}$ への不足分だけ各伝送装置内で待ち合わせを行うことで、全パケットが同じ遅延となる。

[0023] 図4は、第1伝送装置1の構成図である。第1伝送装置1は、光信号を中継するWDM (Wavelength Division Multiplexing) 技術を適用した装置として構成される。第1伝送装置1は、基本的なパケット伝送部として、TRPN (Transponder) 91と、MUX (multiplexer) 92と、DEMUX (demultiplexer) 93と、OXC (Optical Cross Connect) 94と、AMP (Amplifier) 95, 96と、OSC (Optical Supervisory Channel) 97とを有する。

これらの基本的なパケット伝送部は、第1伝送装置1内に1度導入した後には、基本的には交換しなくてもよい部品である。例外として、通信需要が急増したり、部品が故障したりする場合は交換または追加配備が必要となる。

[0024] さらに、第1伝送装置1は、PTPパケットに加え、伝搬遅延Dms、Dsmを測定するための独自パケットを用いた時刻同期処理を扱う処理部として、第1同期用モジュール10を有する。第1同期用モジュール10は、接続先のマスタノード3との間でPTPパケットを送受信する。つまり、第1伝送装置1は、基本的なパケット伝送部に修正を加えることなく、独立した別部品として第1同期用モジュール10を装置内に追加することができる。これにより、図1～図3で説明したリンク対称性を確立する機能を低コストで追加することができる。

[0025] 一方、TRPN91は、マスタノード3以外の一般的なルータや転送装置と接続し、パケットを送受信する。

第1同期用モジュール10およびTRPN91から送信される光信号は、MUX92、OXC94、AMP95、OSC97を経由して、光ネットワークへと出力される。なお、OSC97では、伝送路の監視や装置の制御が行われる。

光ネットワークから受信した光信号は、OSC97、AMP96、OXC94、MUX92、DEMUX93を経由して、第1同期用モジュール10およびTRPN91へと通知される。

[0026] 図5は、第2伝送装置2の構成図である。第2伝送装置2も第1伝送装置1と同様に、基本的なパケット伝送部として、TRPN91と、MUX92と、DEMUX93と、OXC94と、AMP95、96と、OSC97とを有する。基本的なパケット伝送部の機能は、第1伝送装置1も第2伝送装置2も同じであるので、図5では説明を省略する。

そして、第2伝送装置2は、PTPパケット、独自パケットを用いた時刻同期処理を扱う処理部として、第2同期用モジュール20を有する。第2同期用モジュール20は、接続先のスレーブノード4との間でPTPパケットを送受信する。

[0027] 図6は、第1同期用モジュール10、第2同期用モジュール20の構成図である。これらの両モジュールは共通の構成である。

両モジュールの構成要素の一部である制御部は、それぞれCPU (Central Processing Unit) と、メモリと、ハードディスク、不揮発メモリ、SSD (solid state drive) など例示される記憶手段 (記憶部) と、ネットワークインタフェースとを有するコンピュータとして構成してもよい。

制御部のコンピュータは、CPUが、メモリ上に読み込んだプログラム (アプリケーションや、その略のアプリとも呼ばれる) を実行することにより、各処理部を動作させる。

さらに、O/E・E/O部11、可変波長トランスミッタ164、カプラ171、光受信部175はそれぞれ個別のハード (ハードウェア) として構成される。また、PHY部12、MAC部13は、LSI (Large Scale Integration) として構成される。

[0028] 第1同期用モジュール10、第2同期用モジュール20は、それぞれPTPパケット、独自パケットの送信を行う送信部16と、PTPパケット、独自パケットの受信を行う受信部17と、その他の共通部19とを有する。共通部19は、O/E・E/O (Optical/Electronic・Electronic/Optical signal converter) 部11と、PHY (physical layer : 物理層) 部12と、MAC (Medium Access Control) 部13と、クロックタイマ14と、環境情報管理部15とを有する。

クロックタイマ14は、第1同期用モジュール10内の任意の機能部間の同期動作を担保するために、周波数・タイミングを供給する。

環境情報管理部15は、波長分散係数、温度の情報を管理する。

[0029] 送信部16は、キュー部162と、トリガ付与部163と、可変波長トランスミッタ164とが2波長 (2波長) 分用意され、その各系統に対して同じパケットをコピーして入力するためのコピー部161、165も備えられている。

コピー部161は、PTPパケットを2波長にコピーする。

キュー部162は、これから送信するPTPパケット、独自パケットを格納する。

トリガ付与部 163 は、時間差検出部 172 の到着時間差を検出用のトリガを、これから送信する PTP パケット、独自パケットに付与する。トリガとは、例えば、Ethernet（登録商標）のプリアンプルのような、測定対象のタイミングを認識できるような特定の信号パターン（「101010...11」など）として実装される。または、パケット内の特定フィールドの特定値として、トリガを埋め込んでもよい。

2 波長それぞれの可変波長トランスミッタ 164 は、送信する PTP パケット、独自パケットを他方の可変波長トランスミッタ 164 とは異なる波長の光信号に変換する。そして、2 波長それぞれの可変波長トランスミッタ 164 は、変換した光信号を他方の可変波長トランスミッタ 164 と同時に送信する。なお、2 波長を例示したが、3 波長以上の光信号を 3 つ以上の可変波長トランスミッタ 164 が同時に送信してもよい。

コピー部 165 は、独自パケットを 2 波長にコピーする。

[0030] 受信部 17 は、カプラ 171 と、時間差検出部 172 と、遅延演算部 173 と、遅延管理部 174 と、光受信部 175 と、識別セクタ 176 と、遅延量制御部 177 と、可変遅延部 178 とを有する。

カプラ 171 は、可変波長トランスミッタ 164 から送信された 2 波長以上の光信号を受信し、時間差検出部 172 と、光受信部 175 とに出力する。

時間差検出部 172 は、2 波長以上の光信号の到着時間差 Δt を検出する（詳細は図 7）。なお、時間差検出部 172 は、例えばオシロスコープに具備されている機能群を用いることによって実現できる。

遅延演算部 173 は、到着時間差 Δt から伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} を算出する（詳細は図 7）。

[0031] 遅延管理部 174 は、図 2 で示したように、第 1 同期用モジュール 10、第 2 同期用モジュール 20 間で、算出された伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} をやりとりし、待ちあわせ遅延 W_{ms} 、 W_{sm} を決定し、伝送区間の遅延が伝搬遅延 D_{max} となるように（同じ値で対称性をもつように）調整する。

光受信部 175 は、カプラ 171 からの光信号を電気信号に変換する。この変換時に分散補償などの処理を行ってもよい。

識別セクタ 176 は、2 波長分のパケット（電気信号）のうち的一方（例えば到着が早いパケット）を選択して出力する。その出力先として、識別セクタ 176 は、PTP パケットを可変遅延部 178 に出力し、独自パケットをコピー部 165 に出力する。

遅延量制御部 177 は、遅延管理部 174 が決定した待ちあわせ遅延 W_{ms} 、 W_{sm} を可変遅延部 178 に設定する。

可変遅延部 178 は、設定された待ちあわせ遅延 W_{ms} 、 W_{sm} の分だけ、PTP パケットを待ち合わせる。

[0032] 図 7 は、同期用モジュール間で伝搬遅延を測定する処理を示す説明図である。

第 1 同期用モジュール 10 から第 2 同期用モジュール 20 までの下りの伝送路の距離を L_{ms} とし、第 2 同期用モジュール 20 から第 1 同期用モジュール 10 までの上りの伝送路の距離を L_{sm} とする。

ファイバの波長分散係数 C [ps/nm/km] は既知とし、 L_{ms} 、 L_{sm} は未知とする。また、図 7 では図示を省略したが、各同期用モジュールと時刻同期装置（マスタノード 3、スレーブノード 4）との間のファイバペアは等長とする。さらに、同期用モジュールと、図 4、5 で示した MUX 92 / DEMUX 93 との間のファイバ群も等長とする。

[0033] 第 1 同期用モジュール 10 の可変波長トランスミッタ 164 は、2 波長（波長の差： $\Delta\lambda$ [nm]）の光信号を伝送路に同時に入力する（符号 301）。この符号 301 では、太線の光信号と、細線の光信号とは波長が異なる。そして、2 波長が伝搬する伝送路では、分散などの影響により第 2 同期用モジュール 20 への到着タイミングがズレる。

第 2 同期用モジュール 20 の時間差検出部 172 は、2 波長以上の光信号の到着時間差（ Δt_{12} [ps]）を検出する（符号 302）。

第 2 同期用モジュール 20 の遅延演算部 173 は、「 $\Delta t_{12} = C \times \Delta\lambda \times L_{12}$

」の関係式を用いて、 $L12$ を算出する。そして、遅延演算部 173 は、「 $Dms = 5000[ns/km] \times L12[km](\times \text{温度補正})$ 」の関係式を用いて、伝搬遅延 Dms を算出する。

[0034] 以上、第 1 同期用モジュール 10 から第 2 同期用モジュール 20 に通知される 2 波長の光信号をもとに、伝搬遅延 Dms を算出する処理の詳細を説明した。

同様にして、逆方向の第 2 同期用モジュール 20 から同時に送信される 2 波長の光信号（符号 311）をもとに、第 1 同期用モジュール 10 が 2 波長の光信号の到着時間差（ $\Delta t21[ps]$ ）を検出して（符号 312）、伝搬遅延 Dsm を算出する。

[0035] 図 8 は、時刻同期の全体処理を示すシーケンス図である。このシーケンス図は大きく 3 つの処理ブロックに分類される。

（1）待ち合わせ遅延 Wms 、 Wsm を決定するための前準備処理（S30＝詳細は S31～S36）。

（2）下りの PTP パケットを待ち合わせ遅延 Wms だけ待ち合わせることで、伝搬遅延 $Dmax$ としてスレーブノード 4 に通知する処理（S10＝詳細は S11～S14）。

（3）上りの PTP パケットを待ち合わせ遅延 Wsm だけ待ち合わせることで、伝搬遅延 $Dmax$ としてマスタノード 3 に通知する処理（S20＝詳細は S21～S24）。

[0036] なお、図 2 で説明したように、伝搬遅延 $Dmax$ は、実際の測定された伝搬遅延 Dms 、 Dsm などの遅延量に対して、余裕を持って設定される。よって、伝搬遅延 Dms 、 Dsm の測定値はネットワークの混雑状況によって時々刻々と変化するものの、（1）の前準備処理（S30）は基本的に 1 回測定すればよい。一方、ネットワークの増設などの大幅なネットワーク設備更新が発生したときには、遅延量も大きく変動するため、前準備処理（S30）を再度実行することが好ましい。

[0037] まず、伝搬遅延 Dms 、 Dsm の情報収集を行うための前準備処理（S30）を

説明する。

S 3 1 として、第 1 伝送装置 1 は、図 9 で後記する送信側の処理を行うことで、伝搬遅延Dmsを求めるための独自パケットを第 2 伝送装置 2 に送信する。

S 3 2 として、第 2 伝送装置 2 は、図 1 0 で後記する受信側の処理を行うことで、伝搬遅延Dmsを求める。

S 3 3 として、第 2 伝送装置 2 は、図 1 1 で後記する送信側の処理を行うことで、伝搬遅延Dsmを求めるための独自パケットを第 1 伝送装置 1 に送信する。

S 3 4 として、第 1 伝送装置 1 は、図 1 2 で後記する受信側の処理を行うことで、伝搬遅延Dsmを求める。

なお、S 3 3 の独自パケットには、S 3 2 で求めた伝搬遅延Dmsも含まれる。これにより、S 3 4 の時点で、第 1 同期用モジュール 1 0 は、自身で求めた伝搬遅延Dsmに加えて、通知された伝搬遅延Dmsも取得することができる。

[0038] S 3 5 として、第 1 伝送装置 1 は、図 1 3 で後記する送信側の処理を行うことで、伝搬遅延Dms、Dsmから伝搬遅延Dmaxを求める。これにより、待ち合わせ遅延Wsmを自身の可変遅延部 1 7 8 に設定できる。そして、第 1 伝送装置 1 は、求めた伝搬遅延Dmaxを含めた独自パケットを第 2 伝送装置 2 に送信する。

S 3 6 として、第 2 伝送装置 2 は、図 1 4 で後記する受信側の処理を行うことで、通知された伝搬遅延Dmaxから待ち合わせ遅延Wmsを求め、その待ち合わせ遅延Wmsを自身の可変遅延部 1 7 8 に設定できる。

[0039] 次に、(2) 下りのPTPパケットの通知処理 (S 1 0) を説明する。下りのPTPパケットとは、発着時刻の計測対象となる下りのSyncメッセージ (図 1 8 の S 1 1 z) である。なお、発着時刻の計測対象とならない下りのFollow-upメッセージ (S 1 2 z) と、下りのDelay_Responseメッセージ (S 1 4 z) については、通知処理 (S 1 0) の対象としてもよいし (待ち合わせを行う)、対象外としてもよい (待ち合わせを行わないで従来のPTP処理を行う)

。

S 1 1 として、マスタノード 3 は、下りの PTP パケットをスレーブノード 4 に向けて送信し、PTP パケットを中継先の第 1 伝送装置 1 が受信する。

S 1 2 として、第 1 伝送装置 1 は、図 1 5 で後記する送信側処理を行い、下りの PTP パケットを第 2 伝送装置 2 に転送する。

S 1 3 として、第 2 伝送装置 2 は、図 1 6 で後記する受信側処理を行うことで、下りの PTP パケットを待ち合わせる。

S 1 4 として、第 2 伝送装置 2 は、下りの PTP パケットをスレーブノード 4 に転送する。

[0040] そして、(3) 上りの PTP パケットの通知処理 (S 2 0) を説明する。上りの PTP パケットとは、発着時刻の計測対象となる上りの Delay_Request メッセージ (図 1 8 の S 1 3 z) である。

通知処理 (S 2 0) は、通知処理 (S 1 0) と PTP パケットの送信方向を反転させ、S 1 3 で第 2 伝送装置 2 が待ちあわせ遅延 Wms だけ待ち合わせる処理を、S 2 3 で第 1 伝送装置 1 が待ちあわせ遅延 Wsm だけ待ち合わせる処理に置き換えたものである。

S 2 1 として、スレーブノード 4 は、上りの PTP パケットをマスタノード 3 に向けて送信し、PTP パケットを中継先の第 2 伝送装置 2 が受信する。

S 2 2 として、第 2 伝送装置 2 は、図 1 5 と同様の送信側処理を行い、上りの PTP パケットを第 1 伝送装置 1 に転送する。

S 2 3 として、第 1 伝送装置 1 は、図 1 6 と同様の受信側処理を行うことで、上りの PTP パケットを待ち合わせる。

S 2 4 として、第 1 伝送装置 1 は、上りの PTP パケットをマスタノード 3 に転送する。

[0041] S 4 0 として、スレーブノード 4 は、自身の時計について、時刻同期の補正処理を行う。具体的には、スレーブノード 4 は、図 1 8 で示したように、以下の数式 1 でオフセット値を求める。

$$\text{オフセット値} = ((\text{着時刻 } t_2 - \text{発時刻 } t_1) - (\text{着時刻 } t_4 - \text{発時刻 } t_3)) /$$

2 … (数式 1)

[0042] 以上、図 8 を参照して時刻同期の全体処理を説明した、以下、図 9 ～図 16 を参照して、この全体処理の一部である部分処理の詳細を個別に説明する。

[0043] 図 9 は、S 3 1 の送信側処理の詳細を示すシーケンス図である。このシーケンスは、第 1 伝送装置 1 内の第 1 同期用モジュール 1 0 によって実行される。

S 3 1 1 として、遅延管理部 1 7 4 は、遅延算出用パケットを独自パケットとして新規に生成し、コピー部 1 6 1 に出力する。

S 3 1 2 として、コピー部 1 6 1 は、遅延算出用パケットをコピーして、2 波長分のキュー部 1 6 2 に出力する。

S 3 1 3 として、キュー部 1 6 2 によるバッファリング処理、トリガ付与部 1 6 3 によるトリガ付与処理がなされた遅延算出用パケットは、可変波長トランスミッタ 1 6 4 に出力される。

S 3 1 4 として、可変波長トランスミッタ 1 6 4 は、2 波長分の遅延算出用パケットを光信号に変換し、その光信号を同時に第 2 同期用モジュール 2 0 に出力する。

[0044] 図 1 0 は、S 3 2 の受信側処理の詳細を示すシーケンス図である。このシーケンスは、第 2 伝送装置 2 内の第 2 同期用モジュール 2 0 によって実行される。

S 3 2 1 として、カプラ 1 7 1 は、受信した 2 波長分の光信号の分岐し、その一方を時間差検出部 1 7 2 に出力する。

S 3 2 2 として、時間差検出部 1 7 2 は、トリガ付与部 1 6 3 によるトリガをもとに光信号の到着時間差 (Δt_{12}) を検出し、その結果を遅延演算部 1 7 3 に出力する。

S 3 2 3 として、遅延演算部 1 7 3 は、図 7 で示したように、光信号の到着時間差から伝搬遅延 D_{ms} を算出し、その結果を遅延管理部 1 7 4 に出力する。

S 3 2 4 として、遅延管理部 1 7 4 は、伝搬遅延Dmsを保持する。

[0045] 図 1 1 は、S 3 3 の送信側処理の詳細を示すシーケンス図である。このシーケンスは、第 2 伝送装置 2 内の第 2 同期用モジュール 2 0 によって実行される。

S 3 3 1 として、遅延管理部 1 7 4 は、遅延算出用パケットを独自パケットとして新規に生成し、コピー部 1 6 1 に出力する。なお、この遅延算出用パケットには、S 3 2 4 で保持された伝搬遅延Dmsが付加されている。

S 3 3 2 として、コピー部 1 6 1 は、遅延算出用パケットをコピーして、2 波長分のキュー部 1 6 2 に出力する。

S 3 3 3 として、キュー部 1 6 2 によるバッファリング処理、トリガ付与部 1 6 3 によるトリガ付与処理がなされた遅延算出用パケットは、可変波長トランスミッタ 1 6 4 に出力される。

S 3 3 4 として、可変波長トランスミッタ 1 6 4 は、2 波長分の遅延算出用パケットを光信号に変換し、その光信号を同時に第 1 同期用モジュール 1 0 に出力する。

[0046] 図 1 2 は、S 3 4 の受信側処理の詳細を示すシーケンス図である。このシーケンスは、第 1 伝送装置 1 内の第 1 同期用モジュール 1 0 によって実行される。

S 3 4 1 として、カプラ 1 7 1 は、2 波長分の光信号を時間差検出部 1 7 2、光受信部 1 7 5 に分岐して出力する。

S 3 4 1 b として、光受信部 1 7 5 は、受信した光信号を識別セクタ 1 7 6 に出力する。

S 3 4 1 c として、識別セクタ 1 7 6 は、2 波長分の光信号から一方を選択して遅延管理部 1 7 4 に出力する。

[0047] S 3 4 2 として、時間差検出部 1 7 2 は、トリガ付与部 1 6 3 によるトリガをもとに光信号の到着時間差 (Δt_{21}) を検出し、その結果を遅延演算部 1 7 3 に出力する。

S 3 4 3 として、遅延演算部 1 7 3 は、図 7 で示したように、光信号の到

着時間差から伝搬遅延 D_{sm} を算出し、その結果を遅延管理部 174 に出力する。

S 344 として、遅延管理部 174 は、S 343 の伝搬遅延 D_{sm} の情報を保持する。

S 345 として、遅延管理部 174 は、S 341 c から通知された独自パケットから読み出した伝搬遅延 D_{ms} の情報を保持する。

S 346 として、遅延管理部 174 は、伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} の両方を保持したか否かを判定する。両方を保持していない場合 (No) は処理を終了し、両方を保持している場合 (Yes) には処理を S 347 に進める。

S 347 として、遅延管理部 174 は、図 2 で示したように、伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} のうちの最大値よりもさらに大きい伝搬遅延 D_{max} を決定し、その結果を遅延量制御部 177 に出力する。

S 348 として、遅延量制御部 177 は、伝搬遅延 D_{max} の情報を保持する。

[0048] 図 13 は、S 35 の送信側処理の詳細を示すシーケンス図である。このシーケンスは、第 1 伝送装置 1 内の第 1 同期用モジュール 10 によって実行される。

S 351 として、遅延管理部 174 は、伝搬遅延 D_{max} 通知用パケットを独自パケットとして新規に生成し、コピー部 161 に出力する。

S 352 として、コピー部 161 は、伝搬遅延 D_{max} 通知用パケットをコピーして、2 波長分のキュー部 162 に出力する。

S 353 として、キュー部 162 によるバッファリング処理、トリガ付与部 163 によるトリガ付与処理がなされた伝搬遅延 D_{max} 通知用パケットは、可変波長トランスミッタ 164 に出力される。

S 354 として、可変波長トランスミッタ 164 は、2 波長分の伝搬遅延 D_{max} 通知用パケットを光信号に変換し、その光信号を同時に第 2 同期用モジュール 20 に出力する。

[0049] 図 14 は、S 36 の受信側処理の詳細を示すシーケンス図である。このシ

ーケンスは、第2伝送装置2内の第2同期用モジュール20によって実行される。

S361として、カプラ171は、2波長分の光信号を時間差検出部172、光受信部175に分岐して出力する。しかし、今回は伝搬遅延Dmax通知用パケットに対して伝搬遅延の測定は行わないので、時間差検出部172の側では出力された光信号を破棄する。

S362として、光受信部175は、受信した光信号を識別セレクタ176に出力する。

S363として、識別セレクタ176は、2波長分の光信号から一方の伝搬遅延Dmax通知用パケットを選択して遅延管理部174に出力する。

S364として、遅延管理部174は、伝搬遅延Dmax通知用パケットから読み出した伝搬遅延Dmaxの情報を保持するとともに、その結果を遅延量制御部177に出力する。

S365として、遅延量制御部177は、伝搬遅延Dmaxの情報を保持する。

[0050] 図15は、S12の送信側処理の詳細を示すシーケンス図である。このシーケンスは、第1伝送装置1内の第1同期用モジュール10によって実行される。

S121として、遅延管理部174は、PTPパケット受信時の共通部19により行われる各種処理（O/E・E/O部11の処理、PHY部12の処理、MAC部13の処理）を行い、その結果をコピー部161に出力する。

S122として、コピー部161は、PTPパケットをコピーして、2波長分のキュー部162に出力する。

S123として、キュー部162によるバッファリング処理、トリガ付与部163によるトリガ付与処理がなされたPTPパケットは、可変波長トランスミッタ164に出力される。

S124として、可変波長トランスミッタ164は、2波長分のPTPパケットを光信号に変換し、その光信号を同時に第2同期用モジュール20に出力

する。

[0051] 図16は、S13の受信側処理の詳細を示すシーケンス図である。このシーケンスは、第2伝送装置2内の第2同期用モジュール20によって実行される。

S131として、カプラ171は、2波長分の光信号を時間差検出部172、光受信部175に分岐して出力する。

S131bとして、光受信部175は、受信した光信号を識別セクタ176に出力する。

S131cとして、識別セクタ176は、2波長分の光信号から一方のPTPパケットを選択して可変遅延部178に待ち合わせ対象として出力する。

[0052] S132として、時間差検出部172は、トリガ付与部163によるトリガをもとに光信号の到着時間差(Δt_{12})を検出し、その結果を遅延演算部173に出力する。

S133として、遅延演算部173は、図7で示したように、光信号の到着時間差から伝搬遅延Dmsを算出し、その結果を遅延管理部174を介して遅延量制御部177に出力する。

S134として、遅延管理部174は、図2で示したように、「伝搬遅延Dmax－伝搬遅延Dms＝待ちあわせ遅延Wms」を算出し、その結果を可変遅延部178に出力する。

S135として、可変遅延部178は、S131cのPTPパケットを待ちあわせ遅延Wmsだけ遅延させてから共通部19に出力する。

S136として、共通部19は、PTPパケット送信時の各種処理（MAC部13の処理、PHY部12の処理、O/E・E/O部11の処理）を行ってから、S14のPTPパケット送信処理を行う。

[0053] 以上説明した本実施形態の時刻伝送システムは、マスタノード3、スレーブノード4間に発生してしまう遅延非対称性を、その中継地点に位置する伝送装置（第1伝送装置1、第2伝送装置2）により補正（吸収）することを主な特徴とする。

つまり、PTPパケットの経路終点に近い伝送装置において、待ちあわせ遅延 W_{ms} 、 W_{sm} を恣意的に発生させることで、双方向の伝搬遅延がともに D_{max} になるように（対称になるように）補正している。この伝搬遅延 D_{max} を求めるために、伝送装置に備えられる第1同期用モジュール10、第2同期用モジュール20間で2波長分の独自パケットを事前に送受信し、その独自パケットの到着時間差から同期用モジュール間の伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} を高精度に求める構成とした。

[0054] これにより、時刻同期プロトコルであるPTPの誤差要因（遅延非対称性）を除去することができ、地理的に離れた拠点間の高精度な時刻同期が可能になる。

さらに、（a）伝送経路途中の装置内遅延と、（b）伝送路の遅延とを含む伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} が高精度に測定され、その測定結果をもとに伝搬遅延 D_{max} が第1同期用モジュール10、第2同期用モジュール20に設定される（図2参照）。これにより、伝搬遅延 D_{max} として過剰に大きい値が設定されてしまうことでPTPパケットを余分に待たせたり、伝搬遅延 D_{max} として過剰に小さい値が設定されてしまうことでPTPパケットの遅延非対称性を除去しきれなかったりする不都合を予防できる。

[0055] なお、第1同期用モジュール10、第2同期用モジュール20のうちの制御部を動作させるプログラムは、通信回線を介して配布したり、CD-ROM等の記録媒体に記録して配布したりすることも可能である。

符号の説明

- [0056]
- | | |
|----|-------------------|
| 1 | 第1伝送装置 |
| 2 | 第2伝送装置 |
| 3 | マスタノード（第1時刻同期装置） |
| 4 | スレーブノード（第2時刻同期装置） |
| 10 | 第1同期用モジュール |
| 11 | O/E・E/O部 |
| 12 | PHY部 |

- 1 3 MAC部
- 1 4 クロックタイマ
- 1 5 環境情報管理部
- 1 6 送信部
- 1 7 受信部
- 1 9 共通部
- 2 0 第2同期用モジュール
- 1 6 1, 1 6 5 コピー部
- 1 6 2 キュー部
- 1 6 3 トリガ付与部
- 1 6 4 可変波長トランスミッタ
- 1 7 1 カプラ
- 1 7 2 時間差検出部
- 1 7 3 遅延演算部
- 1 7 4 遅延管理部
- 1 7 5 光受信部
- 1 7 6 識別セレクタ
- 1 7 7 遅延量制御部
- 1 7 8 可変遅延部

請求の範囲

- [請求項1] 第1時刻同期装置側に接続される第1伝送装置と、前記第1伝送装置に対向し第2時刻同期装置側に接続される第2伝送装置を経由して、前記第1時刻同期装置と前記第2時刻同期装置との間で時刻同期用パケットを送受信し、その送受信の時刻情報をもとに前記第2時刻同期装置の時刻を同期する時刻伝送システムに用いられる伝送装置であって、
- 前記第1伝送装置および前記第2伝送装置としてそれぞれ動作する伝送装置は、
- 複数波長分の遅延算出用パケットを同時に対向の伝送装置に送信する送信部と、
- 前記対向の伝送装置から受信した複数波長分の前記遅延算出用パケットの到着した時刻の差をもとに、前記対向の伝送装置から自装置までの第1伝搬遅延を求め、前記対向の伝送装置が求めた自装置から前記対向の伝送装置までの第2伝搬遅延の通知を受け、前記第1伝搬遅延および前記第2伝搬遅延よりも大きな設定遅延を求める受信部とを有し、
- 前記受信部は、
- 前記対向の伝送装置から複数波長分の前記時刻同期用パケットを受信すると、それらの前記時刻同期用パケットの到着した時刻の差をもとに、前記対向の伝送装置から自装置までの第3伝搬遅延を求め、
- 受信した前記時刻同期用パケットに対して、前記第3伝搬遅延から前記設定遅延までの待ちあわせ遅延を発生させた後に、自装置側に接続される時刻同期装置に送信することを特徴とする
- 伝送装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の伝送装置と、前記第1時刻同期装置と、前記第2時刻同期装置とを含めて構成される時刻伝送システムであって、
- 前記第2時刻同期装置は、前記時刻同期用パケットの前記時刻同期

装置間における発時刻および着時刻を用いて前記第2時刻同期装置の時計のずれであるオフセット値を計算することを特徴とする

時刻伝送システム。

[請求項3]

第1時刻同期装置側に接続される第1伝送装置と、前記第1伝送装置に対向し第2時刻同期装置側に接続される第2伝送装置を経由して、前記第1時刻同期装置と前記第2時刻同期装置との間で時刻同期用パケットを送受信し、その送受信の時刻情報をもとに前記第2時刻同期装置の時刻を同期する時刻伝送システムが実行する遅延補正方法であって、

前記第1伝送装置および前記第2伝送装置としてそれぞれ動作する伝送装置は、

複数波長分の遅延算出用パケットを同時に対向の伝送装置に送信する送信部と、

前記対向の伝送装置から受信した複数波長分の前記遅延算出用パケットの到着した時刻の差をもとに、前記対向の伝送装置から自装置までの第1伝搬遅延を求め、前記対向の伝送装置が求めた自装置から前記対向の伝送装置までの第2伝搬遅延の通知を受け、前記第1伝搬遅延および前記第2伝搬遅延よりも大きな設定遅延を求める受信部とを有し、

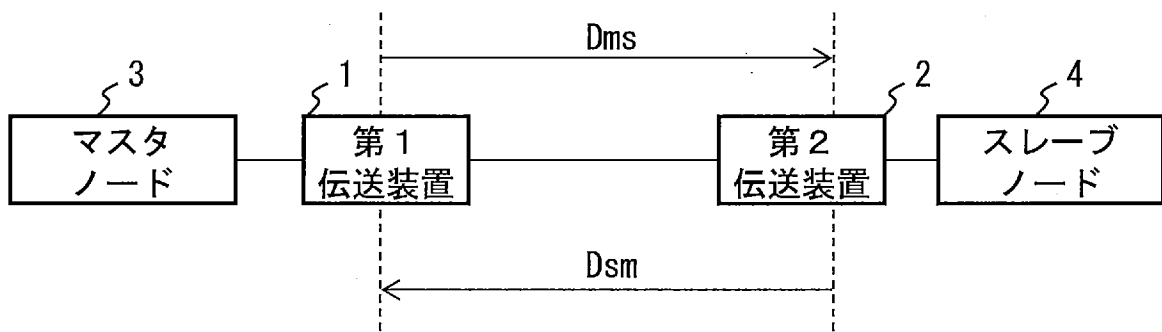
前記受信部は、

前記対向の伝送装置から複数波長分の前記時刻同期用パケットを受信すると、それらの前記時刻同期用パケットの到着した時刻の差をもとに、前記対向の伝送装置から自装置までの第3伝搬遅延を求め、

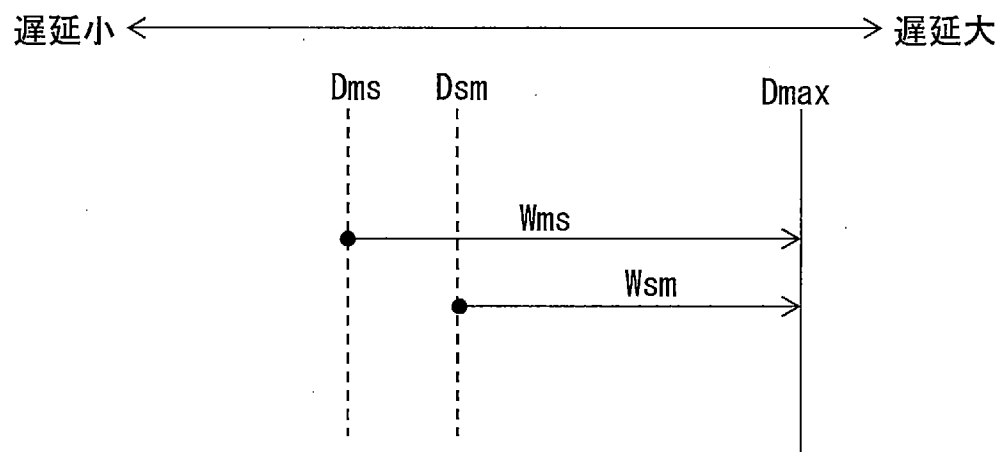
受信した前記時刻同期用パケットに対して、前記第3伝搬遅延から前記設定遅延までの待ち合わせ遅延を発生させた後に、自装置側に接続される時刻同期装置に送信することを特徴とする

遅延補正方法。

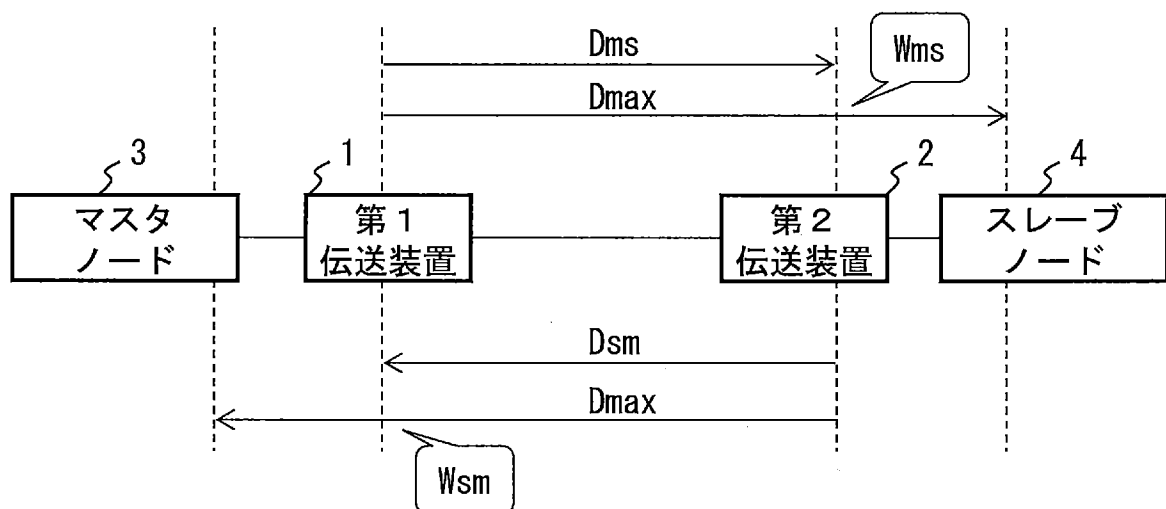
[図1]



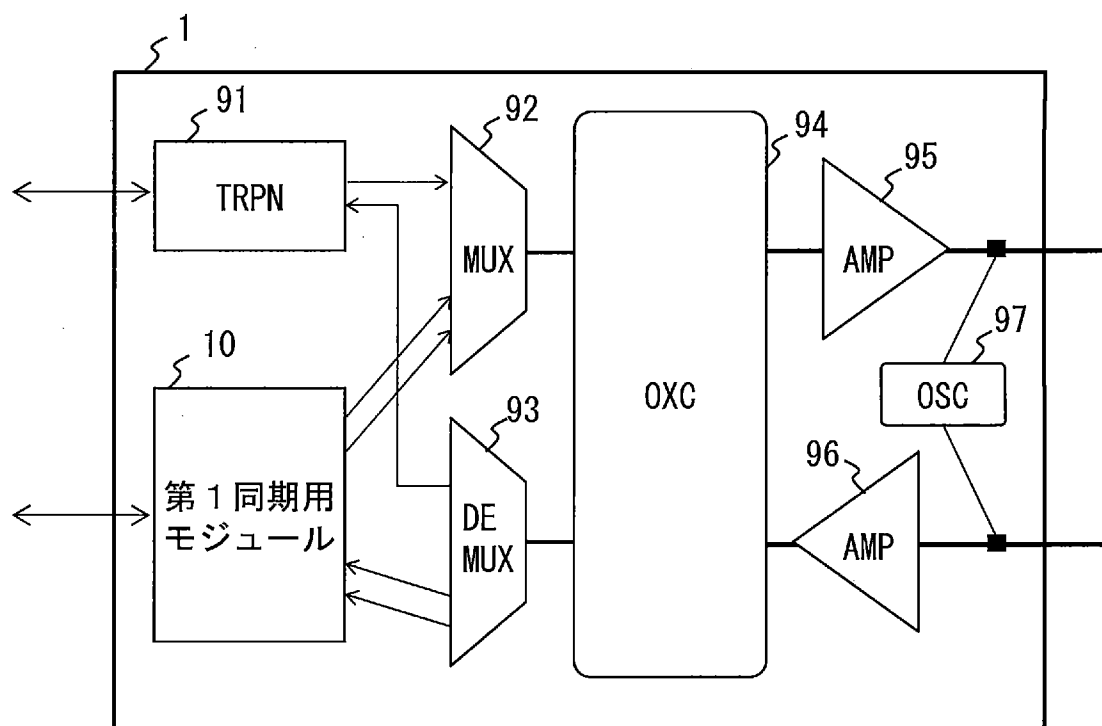
[図2]



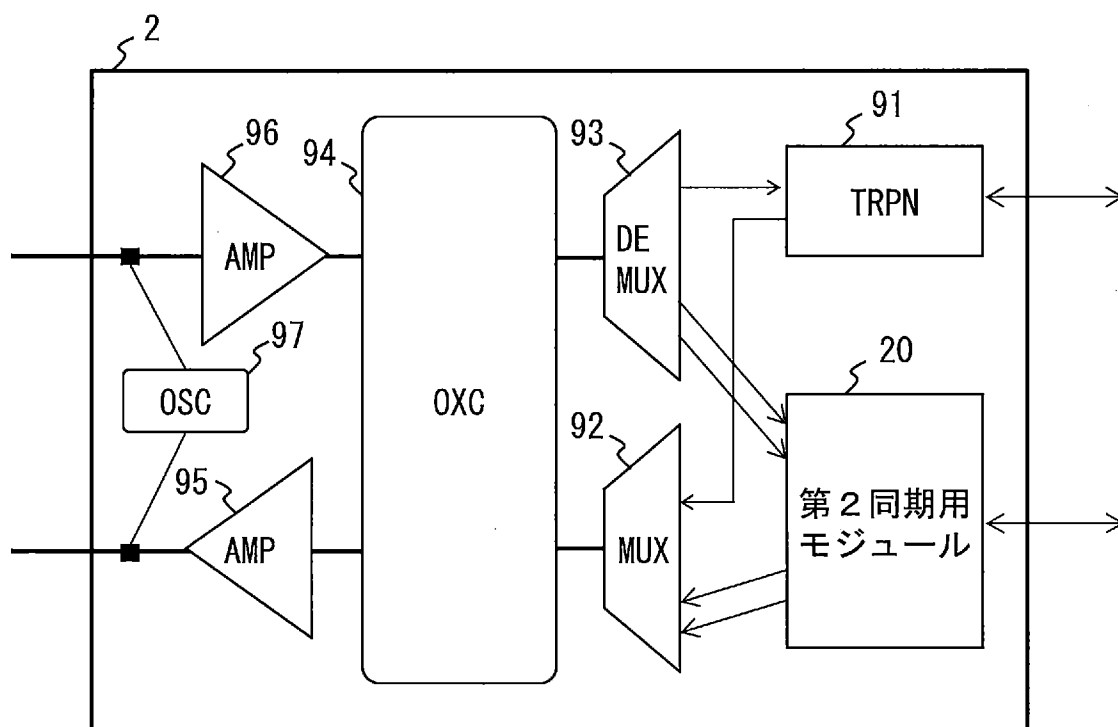
[図3]



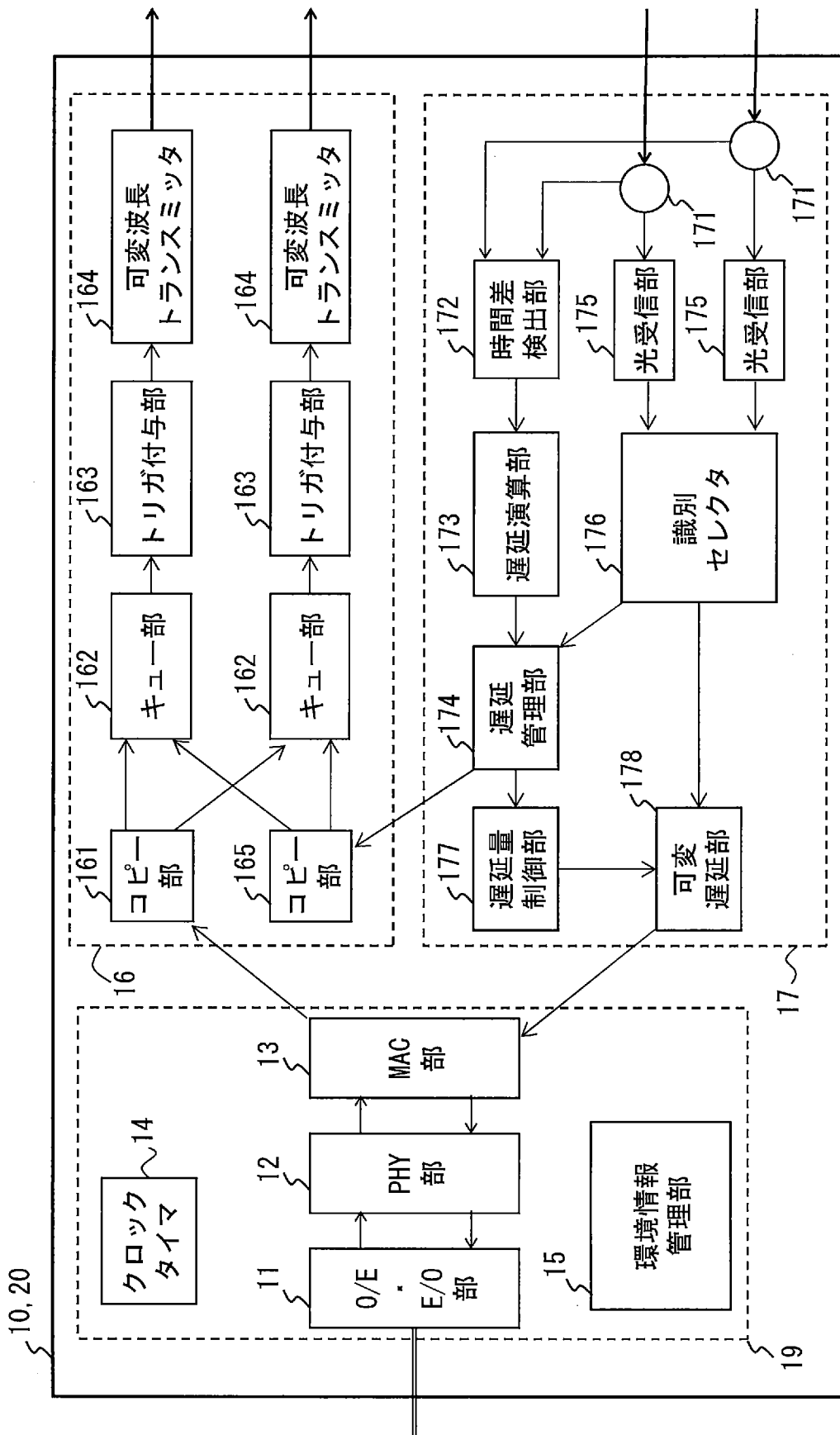
[図4]



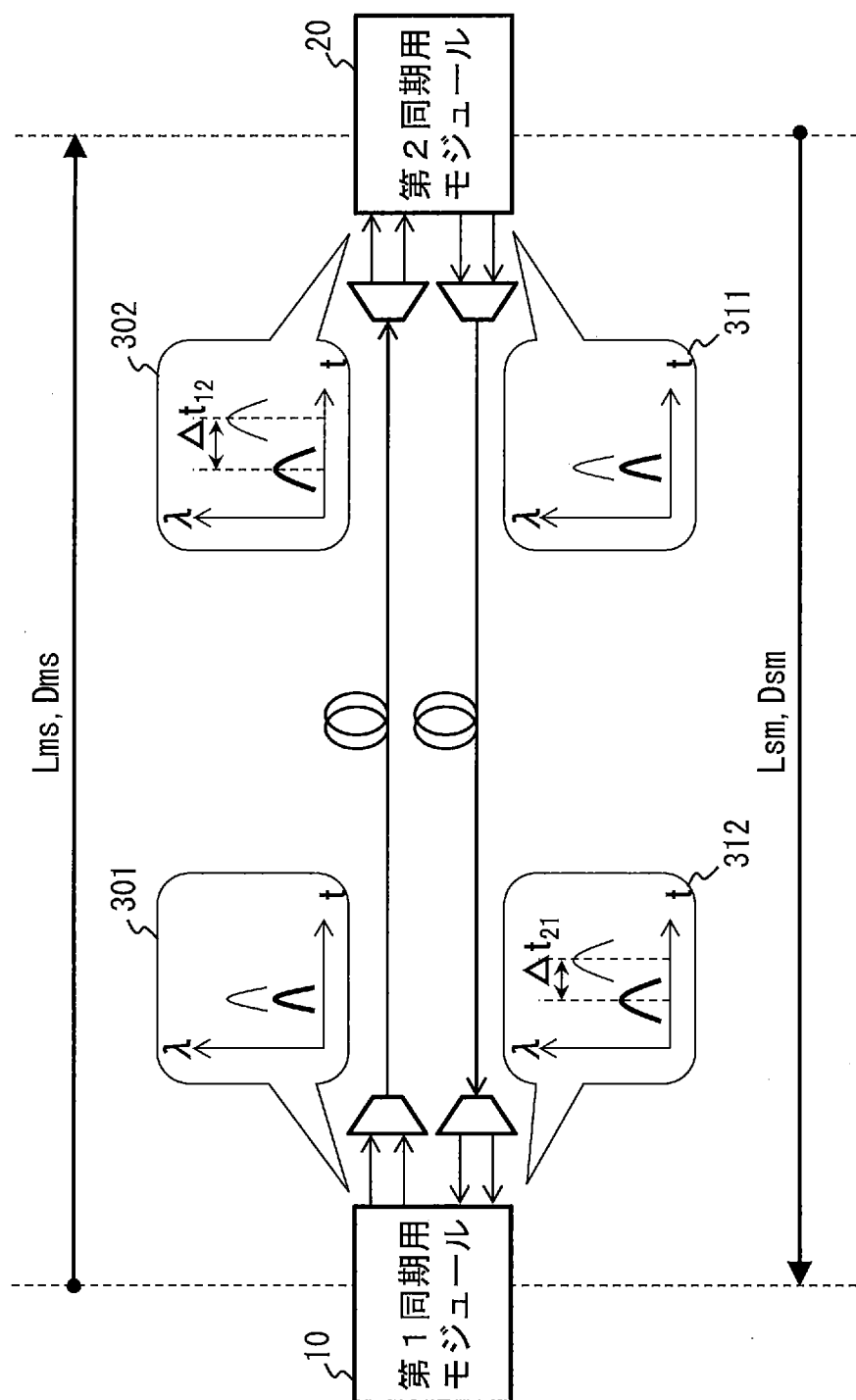
[図5]



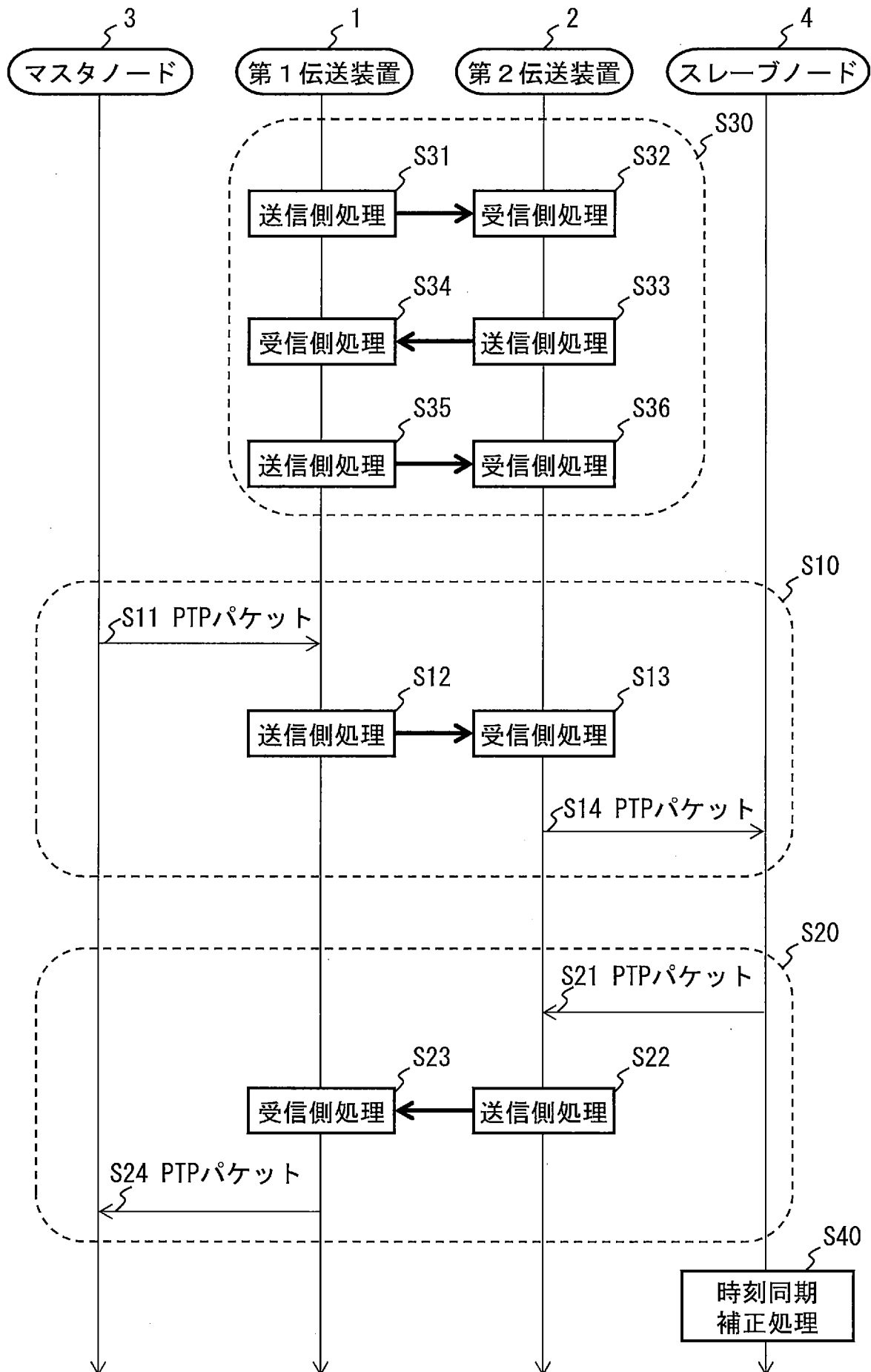
[図6]



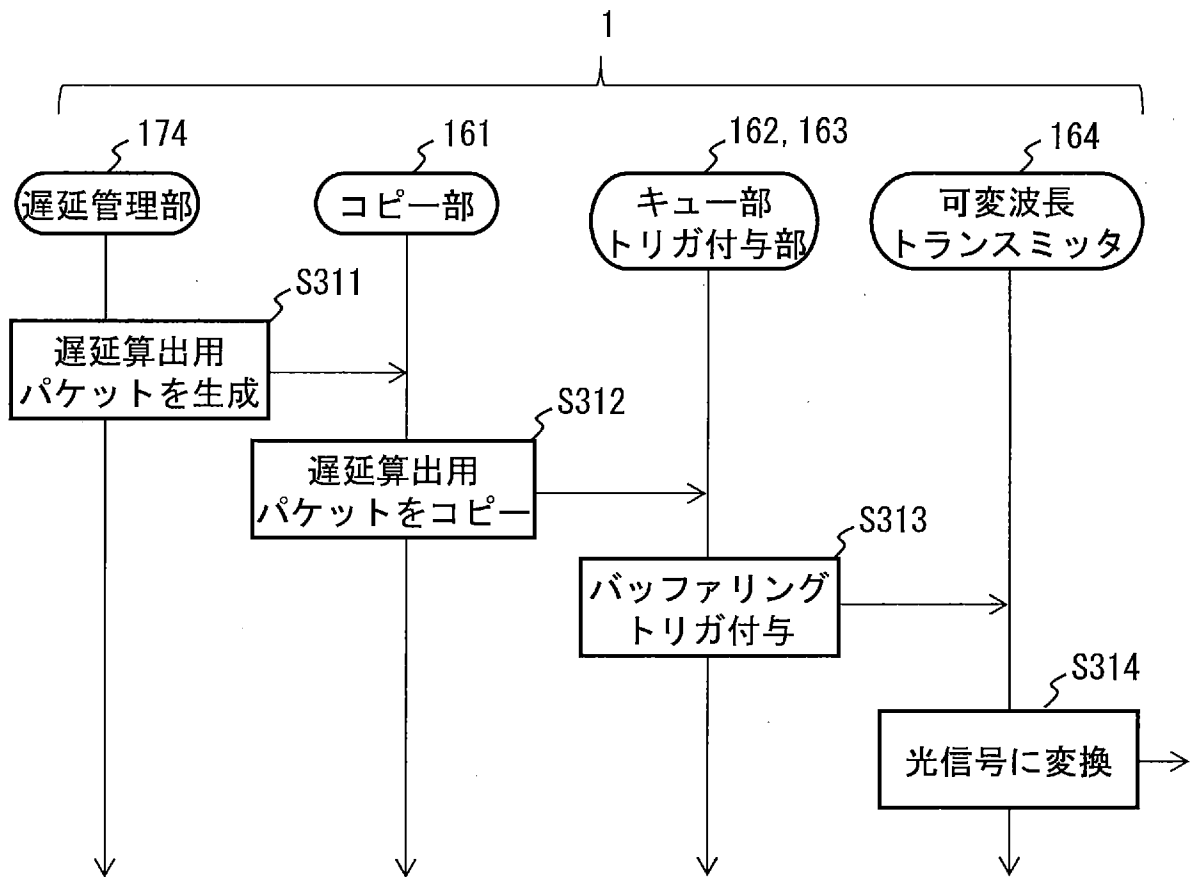
[図7]



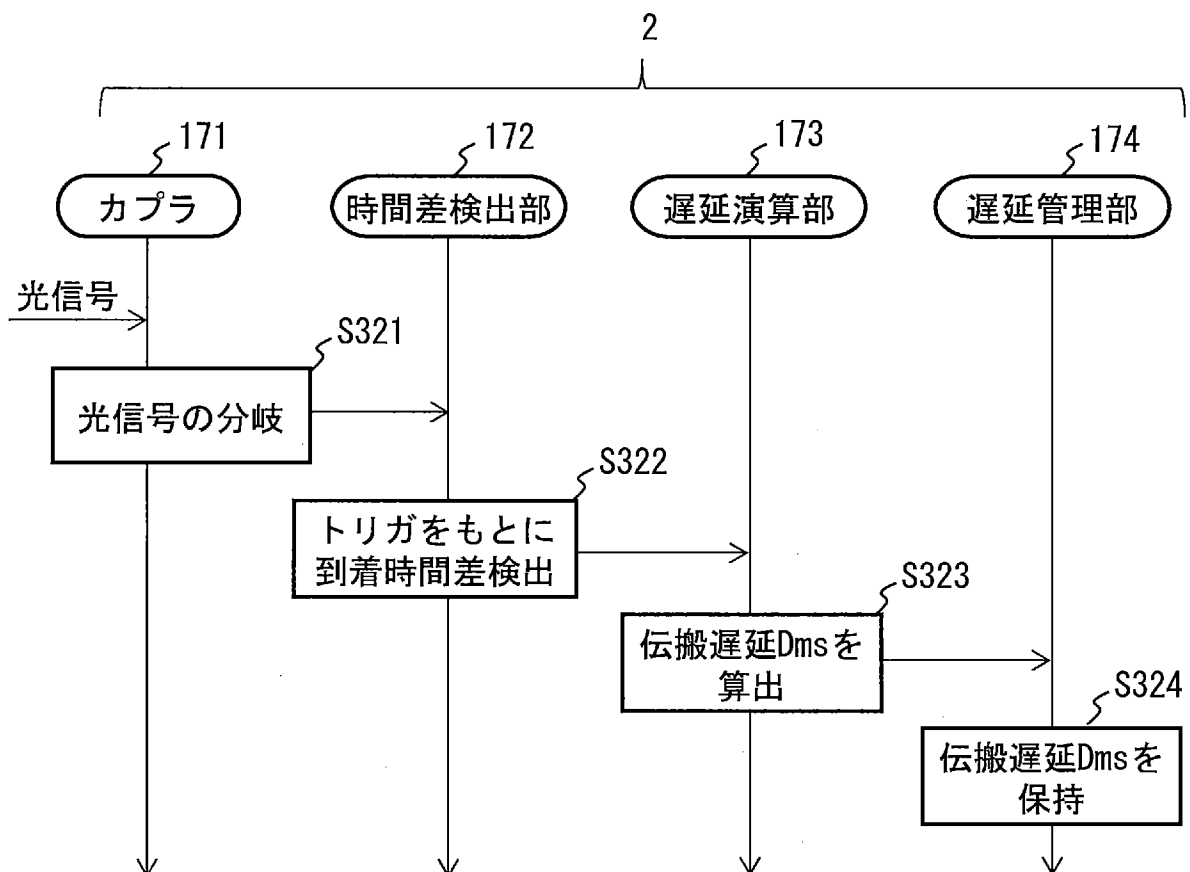
[図8]



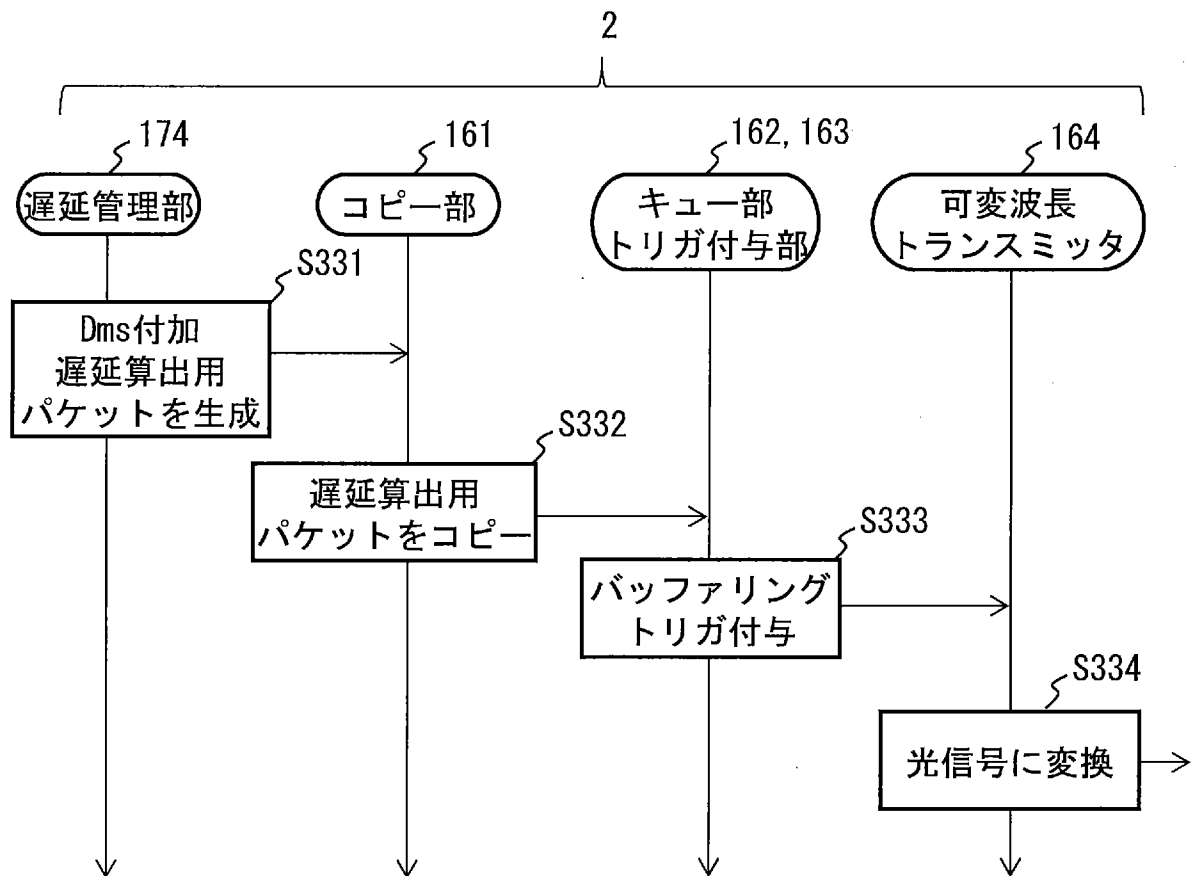
[図9]



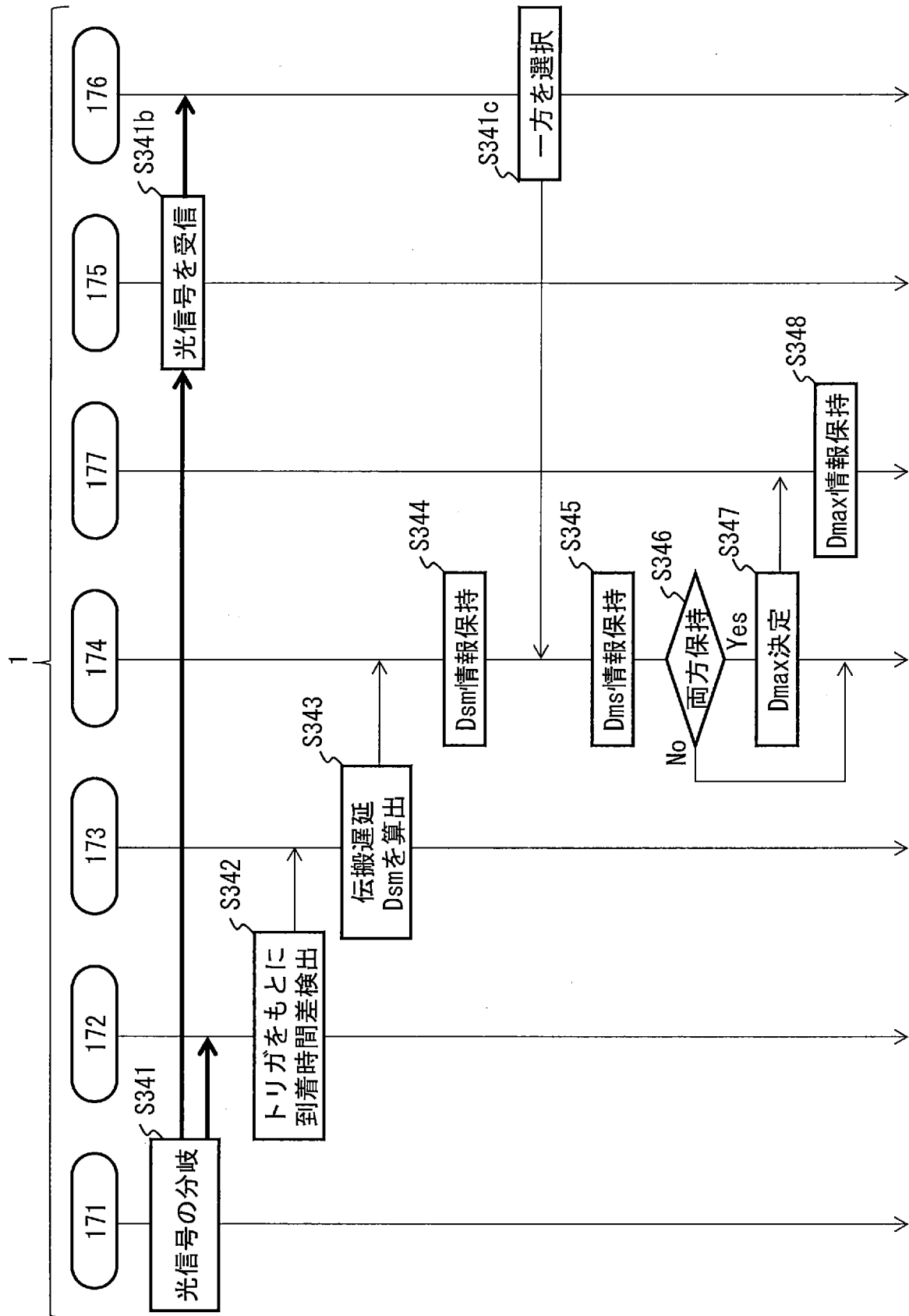
[図10]



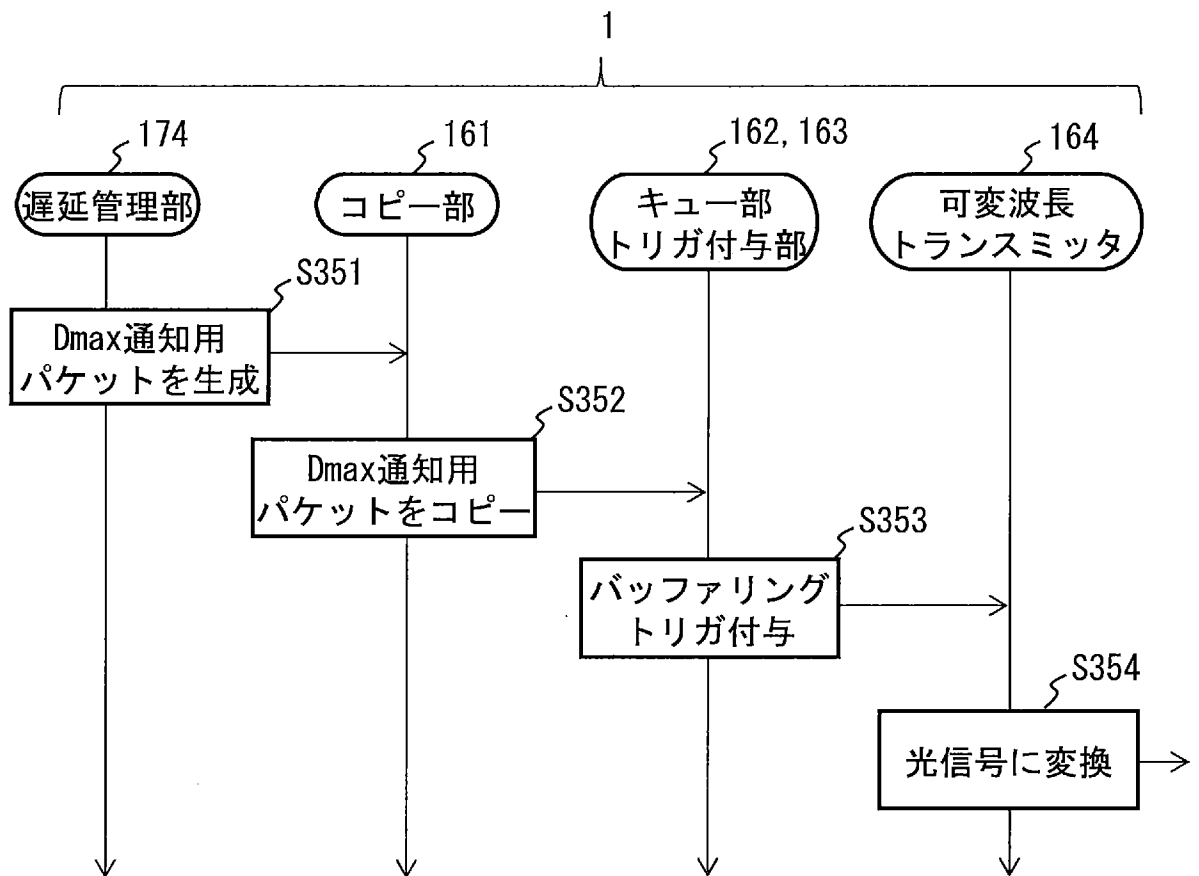
[図11]



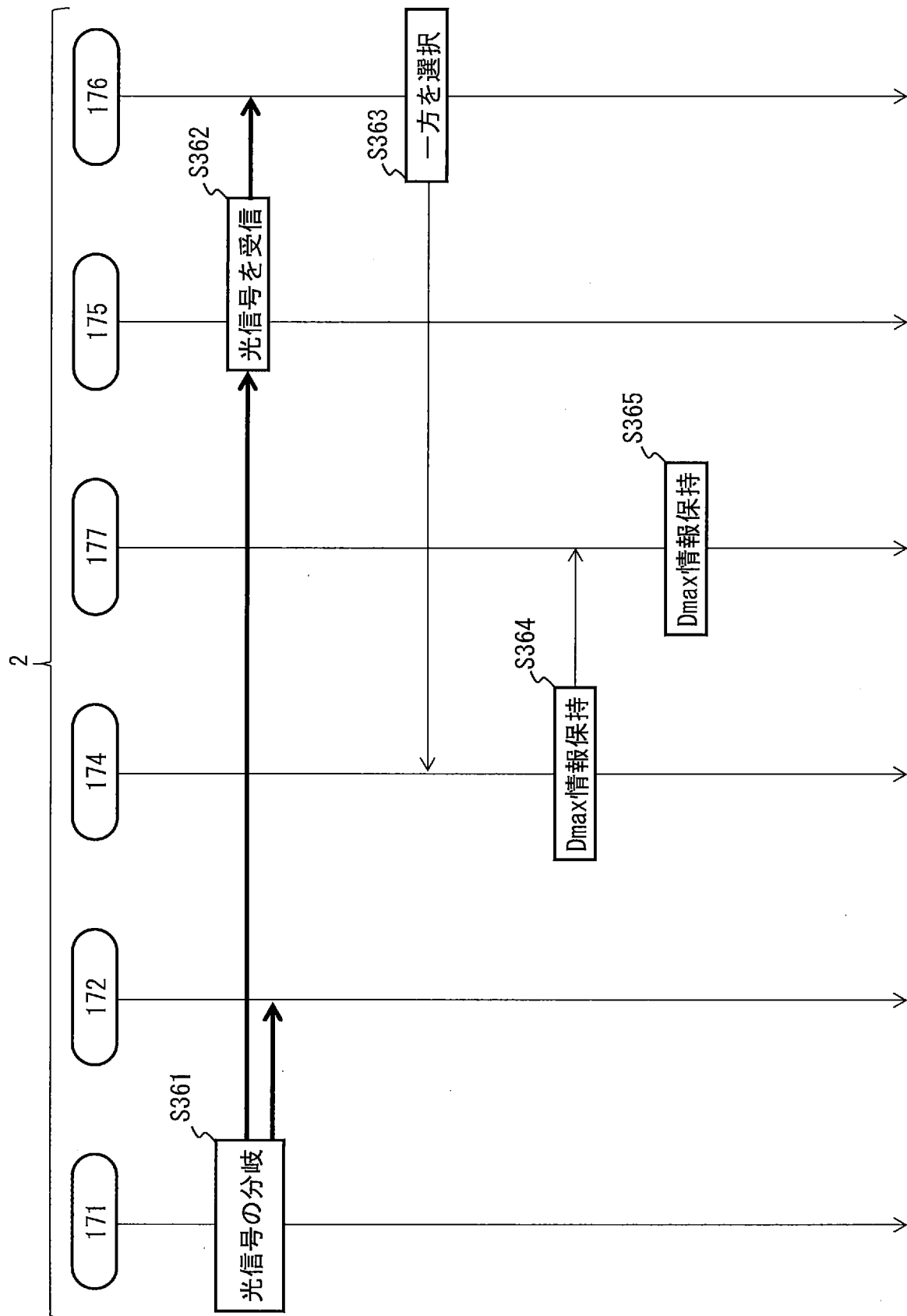
[図12]



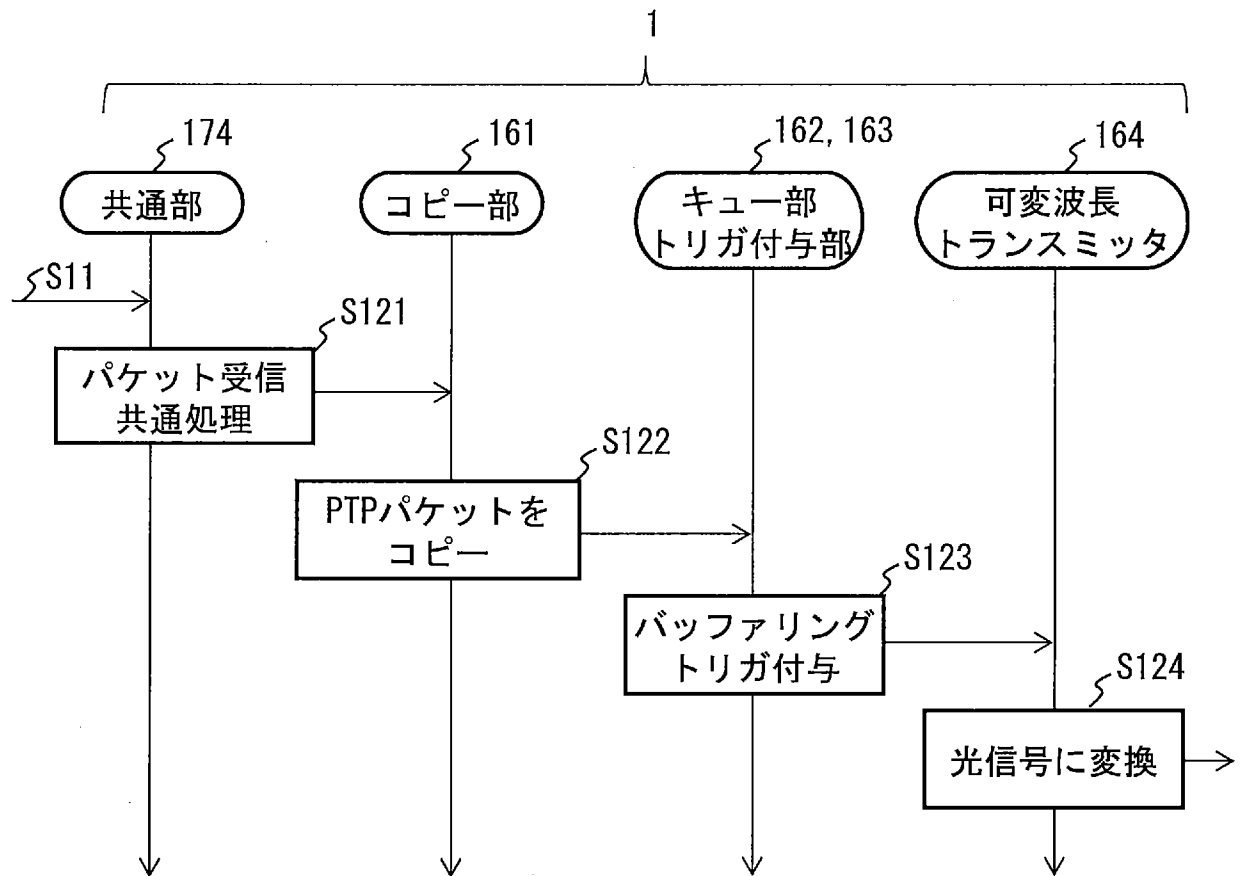
[図13]



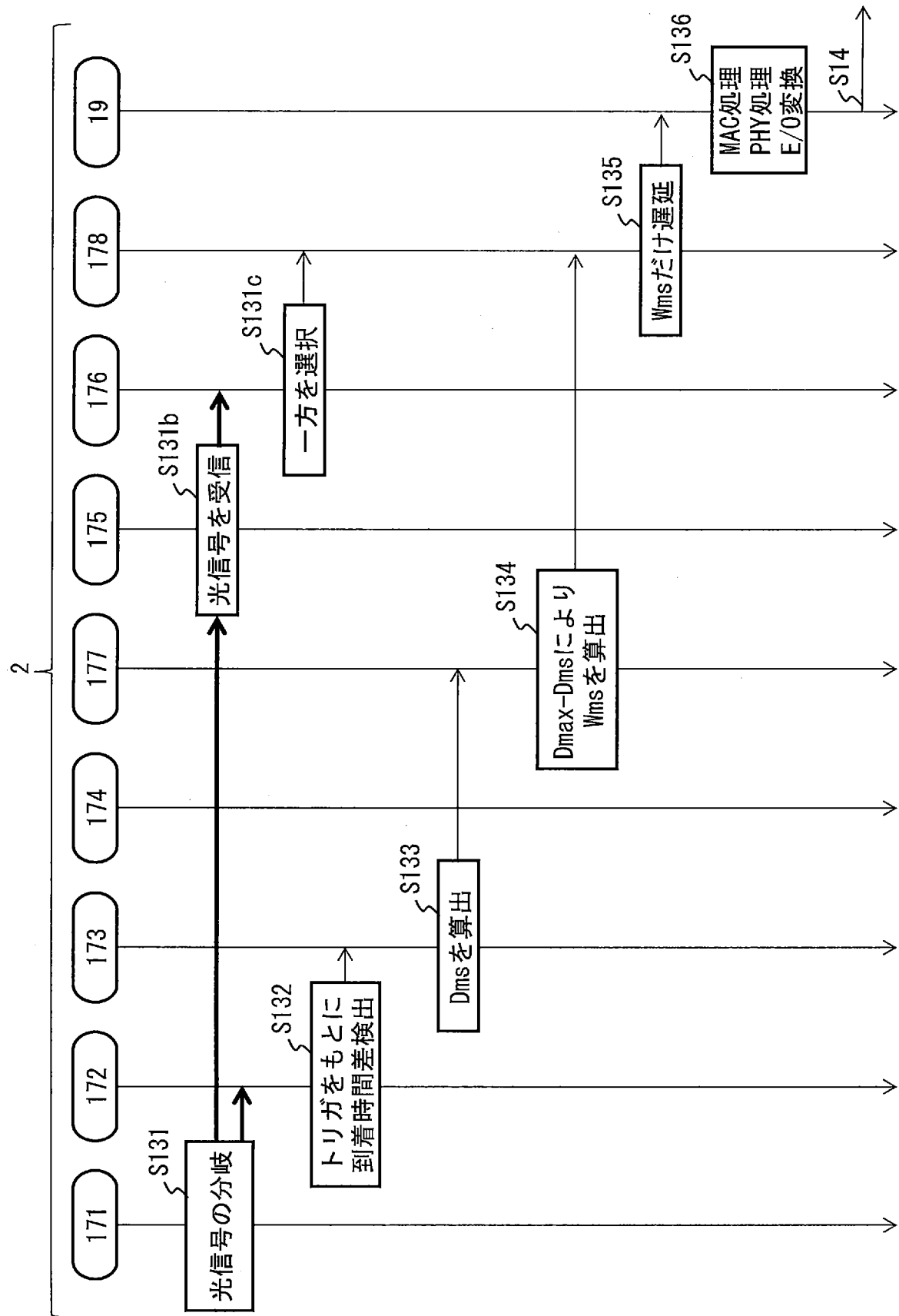
[図14]



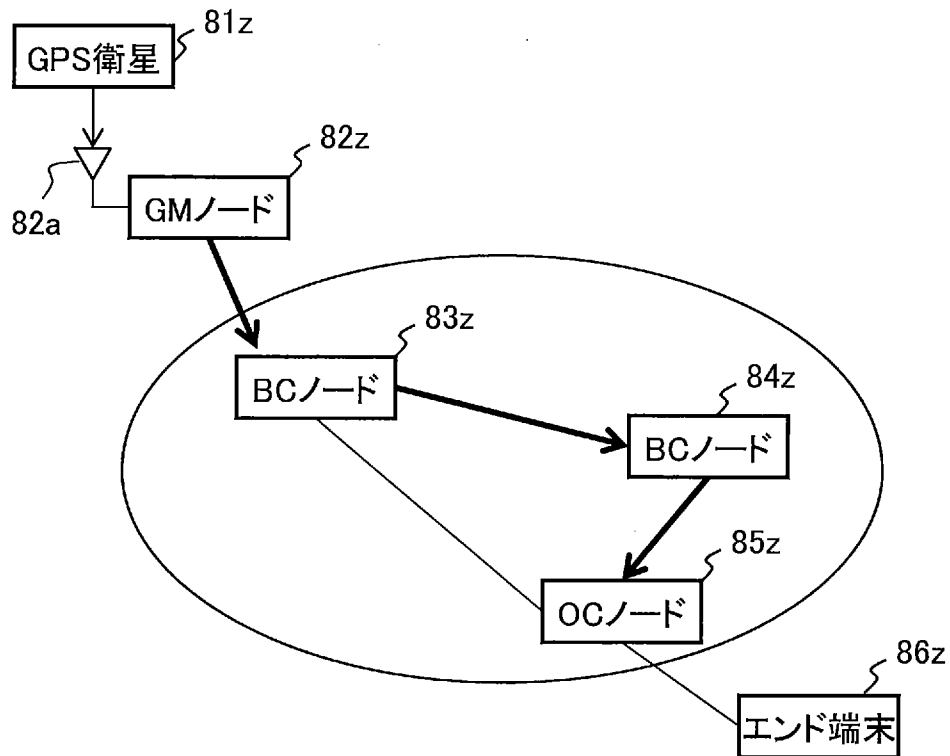
[図15]



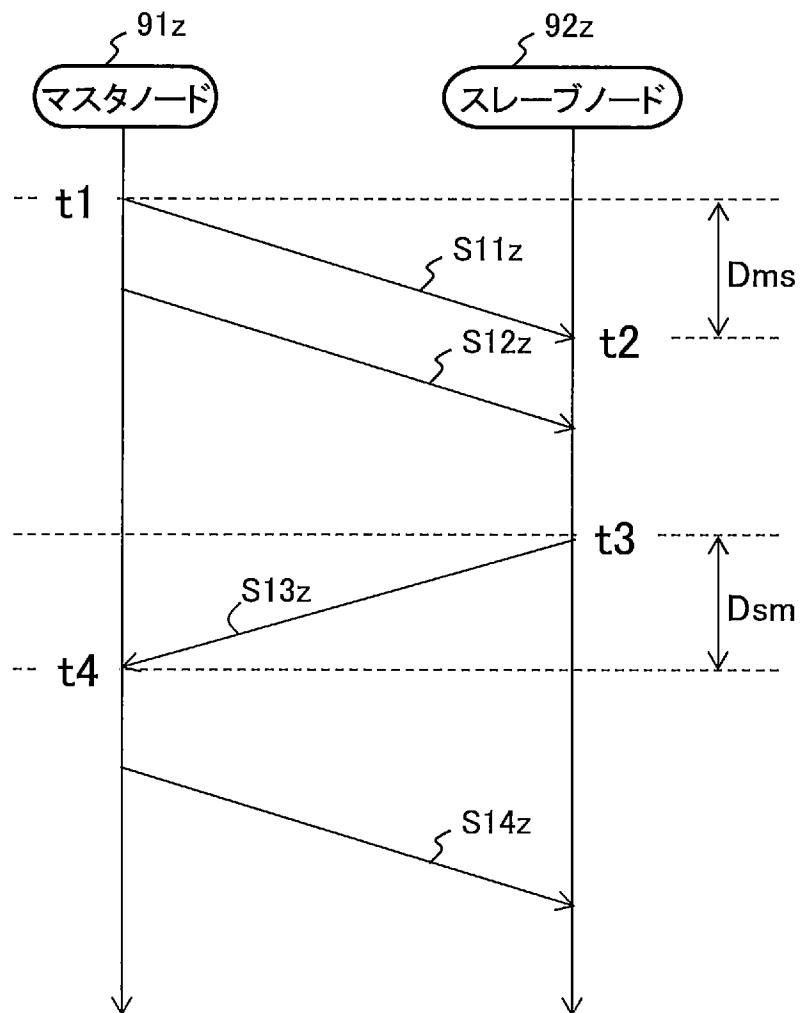
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/004618

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 7/00 (2006.01) i; G04G 5/00 (2013.01) i; H04L 12/70 (2013.01) i
FI: H04L7/00 990; H04L12/70 Z; G04G5/00 J

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)

H04L7/00; G04G5/00; H04L12/70

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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	US 2015/0104167 A1 (BOTTARO, Giulio et al.) 16.04.2015 (2015-04-16) paragraphs [0047]-[0104], fig. 1, 4-6, 8, 9, 11-14	1-3
Y	JP 2015-65525 A (HITACHI, LTD.) 09.04.2015 (2015-04-09) paragraphs [0003], [0012]-[0017], [0020], fig. 2, 3	1-3
Y	JP 2014-216669 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 17.11.2014 (2014-11-17) abstract, paragraphs [0005]-[0009], [0026], [0042]-[0052], [0062]-[0067], fig. 4, 5	1-3

☐ 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

13 March 2020 (13.03.2020)

Date of mailing of the international search report

24 March 2020 (24.03.2020)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
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/JP2020/004618

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 2015/0104167 A1	16 Apr. 2015	WO 2013/170910 A1 CN 104429002 A	
JP 2015-65525 A	09 Apr. 2015	US 2015/0085852 A1 paragraphs [0007], [0057]-[0081], [0085]-[0087], fig. 2, 3	
JP 2014-216669 A	17 Nov. 2014	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04L 7/00(2006.01)i; G04G 5/00(2013.01)i; H04L 12/70(2013.01)i FI: H04L7/00 990; H04L12/70 Z; G04G5/00 J														
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）） H04L7/00; G04G5/00; H04L12/70														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020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	US 2015/0104167 A1 (BOTTARO, Giulio et al.) 16.04.2015 (2015-04-16) 段落47-104、図1, 4-6, 8, 9, 11-14	1-3												
Y	JP 2015-65525 A (株式会社日立製作所) 09.04.2015 (2015-04-09) 段落3, 12-17, 20、図2, 3	1-3												
Y	JP 2014-216669 A (日本電信電話株式会社) 17.11.2014 (2014-11-17) 要約、段落5-9, 26, 42-52, 62-67、図4, 5	1-3												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 13.03.2020	国際調査報告の発送日 24.03.2020													
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） 谷岡 佳彦 5K 3463 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/JP2020/004618

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2015/0104167	A1	16.04.2015	WO	2013/170910	A1	
				CN	104429002	A	
JP	2015-65525	A	09.04.2015	US	2015/0085852	A1	
				段落7, 57-81, 85-87、図2, 3			
JP	2014-216669	A	17.11.2014	(ファミリーなし)			