

(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27日(27.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/170947 A1

(51) 国際特許分類:

H04L 7/00 (2006.01) H04B 10/077 (2013.01)
G04G 5/00 (2013.01) H04B 10/27 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/005637

(22) 国際出願日: 2020年2月13日(13.02.2020)

(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 2019-029897 2019年2月21日(21.02.2019) 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).

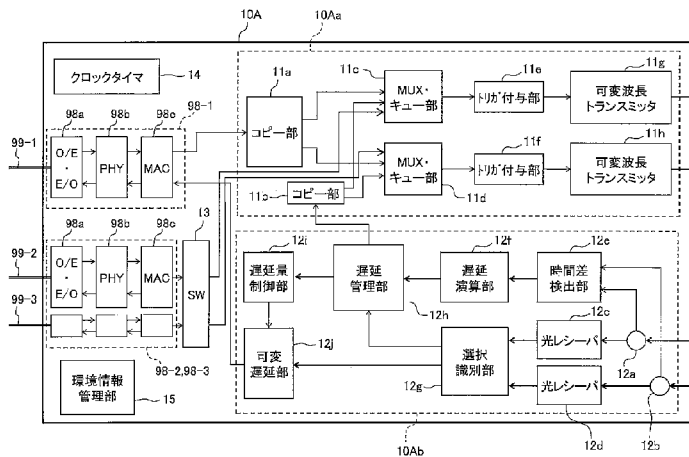
(72) 発明者: 中川 雅弘 (NAKAGAWA, Masahiro);

〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 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9-11 NTT 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9-11 NTT 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9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(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).

(54) Title: TIME TRANSMISSION DEVICE AND TRANSMISSION METHOD

(54) 発明の名称: 時刻伝送装置および伝送方法



11a, 11b...Copy unit
11c, 11d...MUX/queue unit
11e, 11f...Trigger addition unit
11g, 11h...Variable wavelength transmitter
12c, 12d...Optical receiver
12e...Time difference detection unit
12f...Delay calculation unit
12g...Selection/identification unit
12h...Delay management unit
12i...Delay control unit
12j...Variable delay unit
14...Clock timer
15...Environment information management unit

(57) Abstract: [Problem] To make it possible to reduce the time synchronization error resulting from uplink/downlink asymmetry in a transmission channel, to improve wavelength band use efficiency and to reduce the number of transponders required. [Solution] An optical transmission device in each node simultaneously transmits a plurality of signals having different wavelengths over a transmission channel as delay measurement signals. An optical transmission device determines a delay value reflecting a propagation delay calculated on the basis of the arrival time differences for the plurality of wavelengths in the signals received from another node, and determines a wait time on the basis of the delay value and the propagation delay. The optical transmission device notifies the other node of the delay value. Each optical transmission device delays the signals received from the other node by the wait time, and outputs the signals. Each optical transmission device selects time information, delay measurement signals or communication information and generates a multiplexed intermittent optical signal. The reception side extracts a desired multiplexed signal from within the received intermittent optical signal.

(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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 【課題】伝送路の上り下りの非対称性に起因して発生する時刻同期誤差を低減すると共に、波長帯域利用効率の改善、および所要トランスポンダ数の削減を可能にすること。【解決手段】各ノードの光伝送装置が、異なる波長の複数の信号を遅延計測信号として伝送路に同時に送出する。光伝送装置が他ノードから受信した信号における複数波長間の到着時間差に基づき算出した伝搬遅延を反映した遅延値を決定し、前記遅延値および前記伝搬遅延に基づいて待ち時間量を決定する。光伝送装置が前記遅延値を他ノードへ通知する。受信した他ノードからの信号を、各光伝送装置が前記待ち時間量だけ遅延して出力する。光伝送装置が、時刻情報、遅延計測信号、および、通信情報のうち何れかを選択して多重化した光間欠信号を生成する。受信側は、受信した光間欠信号の中から多重化された所望の信号を抽出する。

明 細 書

発明の名称：時刻伝送装置および伝送方法

技術分野

[0001] 本発明は、時刻伝送装置および伝送方法に関する。

背景技術

[0002] 時刻同期技術は、モバイル無線通信システムに適用され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。

[0003] 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う。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う。

[0004] そこで、GMからの時刻情報を、パケットネットワークを経由して各ノードへ配信する。つまり、GNSS信号を各ノードが間接的に受信する形態が用いられる。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。

[0005] 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、PTPパケットと、他のデータパケットとが同一のパケットネットワーク上で重畳される。つまり、同じパケットネットワークを複数のサービスで共用でき、経済的かつ高精度に時刻情報を伝達することができる。

[0006] 時刻同期技術が適用された時刻伝送システムの構成例を図22に示す。

図 2 2 の時刻伝送システムにおいては、PTP に対応した PTP ノードである GM ノード 8 2 z と、BC (Boundary Clock) ノード 8 3 z, 8 4 z と、OC (Ordinary Clock) ノード 8 5 z とがネットワークで接続されている。

[0007] 図 2 2 のような時刻伝送システムに PTP を適用する場合、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図 2 3 に示すマスタノード 9 1 z とし、このマスタノード 9 1 z から時刻情報を受ける被同期装置の側を図 2 3 に示すスレーブノード 9 2 z とする。

[0008] 図 2 2、図 2 3 の中に、時刻情報の伝搬の順序を太線矢印で記載してある。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 8 2 z → BC ノード 8 3 z → BC ノード 8 4 z → OC ノード 8 5 z の順に正確な時刻情報が下りに伝搬される。

[0009] GM ノード 8 2 z は、GPS 衛星 8 1 からの信号を直接受信するアンテナ 8 2 a を備える。

BC ノード 8 3 z は、マスタノード 9 1 z である GM ノード 8 2 z から時刻情報を受けるスレーブノード 9 2 z であり、その後に BC ノード 8 4 z に時刻情報を提供するマスタノード 9 1 z として機能する。

[0010] BC ノード 8 4 z は、BC ノード 8 3 z から時刻情報を受けるスレーブノード 9 2 z であり、その後に OC ノード 8 5 z に時刻情報を提供するマスタノード 9 1 z として機能する。

OC ノード 8 5 z は、BC ノード 8 4 z から時刻情報を受けるスレーブノード 9 2 z であり、その後にエンド端末 8 6 z に時刻情報を提供する。

なお、BC ノード 8 3 z, 8 4 z と OC ノード 8 5 z 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 8 3 z, 8 4 z には複数本存在し、OC ノード 8 5 z には 1 本だけ存在することによる。

[0011] PTP を適用する場合の一般的な処理手順を図 2 3 に示してある。

時刻情報としてタイムスタンプを付与した PTP パケットは、図 2 3 のようにマスタノード 9 1 z とスレーブノード 9 2 z との間で送受信される。すなわ

ち、PTPパケットとして下りのSyncメッセージ（S 1 1 z）と、下りのFollow-upメッセージ（S 1 2 z）と、上りのDelay_Requestメッセージ（S 1 3 z）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。

[0012] 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。

[0013] 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。

[0014] 図23に示したようなPTPパケットの送受信において、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は次の式（1）により求めることができる。

$$Dms = (t2 - Voffset) - t1 \quad \dots (1)$$

t2：着時刻

Voffset：オフセット値

t1：発時刻

[0015] 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 D_{sm} は次の式(2)により求めることができる。

$$D_{sm} = t_4 - (t_3 - V_{offset}) \quad \dots (2)$$

t_4 : 発時刻

t_3 : 着時刻

[0016] ここで、下り遅延 D_{ms} と上り遅延 D_{sm} とが等しいと仮定すると、スレーブノード92zは、以下の式(3)でオフセット値 V_{offset} を求めることができる。

$$V_{offset} = ((t_2 - t_1) - (t_4 - t_3)) / 2 \quad \dots (3)$$

[0017] したがって、スレーブノード92zは、上記の式(3)で求めたオフセット値で自身の時計の時刻を修正する。これにより、マスタノード91zの時計とスレーブノード92zの時計とが同期し、両者の時刻が一致する。

先行技術文献

非特許文献

[0018] 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

[0019] 非特許文献1に示されている上述のPTPは、上り下りの遅延が等しいことを前提としている。しかし、現実には以下に示す(1)～(4)のような各種の誤差要因が考えられる。

(1) 伝送経路途中の装置内の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遅延の影響が考えられる。

(2) 伝送路の温度変動に起因して物理的に光路長が変化し伝搬遅延が変動する。

(3) 二芯の光伝送路を用いて双方向通信する場合には、上下方向の2本のファイバの長さの差に応じた誤差が発生する。実際には、長さの違いの1メートルあたり、5ナノ秒程度の誤差が生じる。

(4) 一芯の光伝送路を用いて双方向通信する状況では、上りと下りで異なる波長の光信号を利用する場合に、波長分散に起因して遅延差が発生する。例えば、1500[nm]/1300[nm]の2波長でシングルモードファイバを用いて80[km]の距離を伝送する場合には、これらの波長間の遅延差が130[ns]となり、その半分の65[ns]の時刻同期誤差がPTPにおいて発生する。

つまり、上記の各要因により上り下りのリンク非対称性が生じると、PTPにおいて時刻オフセットに上り下りの遅延差に起因する同期誤差が発生してしまう。

[0020] また、時刻同期する光伝送装置を構成する場合には、パケットのゆらぎの影響を回避するために、1台のトランスポンダ(TRPN)に時刻同期装置のみを接続してPTPパケットを収容することが想定される。しかし、このように構成すると、PTPパケットの伝送に使用する波長帯域が、PTPパケットのみに占有されるので、波長帯域利用効率が低い状態になる。加えて、トランスポンダは各対地につき、すなわちノード毎に1ペアずつ必要になるので、ネットワーク全体で必要とするトランスポンダ数、および使用波長数がノード数に応じて増加するという問題がある。

[0021] 本発明は、上記の状況に鑑みてなされたものであり、伝送路の上り下りの非対称性に起因して発生する時刻同期誤差を低減すると共に、波長帯域利用効率の改善、および所要トランスポンダ数の削減が可能な時刻伝送装置および伝送方法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

[0022] (1) 下り及び上りの双方向に光通信が可能な伝送路上の何れかのノード位置に接続される光伝送部と、複数ノード間の時刻ずれを補正するための時刻情報を複数ノード間で伝送する時刻同期部とを有する時刻伝送装置であって、

遅延計測信号として、互いに異なる波長の複数の信号を前記伝送路に同時に送出する遅延計測信号生成部と、

前記伝送路を介して受信した他ノードからの前記遅延計測信号における複数波長間の到着時間差に基づいて算出した伝搬遅延を反映した遅延値を決定し、前記遅延値および前記伝搬遅延に基づいて待ち時間量を決定する遅延管理部と、

前記遅延値を他ノードへ通知する遅延値通知部と、

前記伝送路を介して受信した他ノードからの信号を、前記待ち時間量だけ遅延して出力する可変遅延部と、

少なくとも前記時刻情報、前記遅延計測信号、および、所望の通信情報のうち何れかを周期的に選択して多重化した光間欠信号を、複数の波長の1つ以上を用いて生成する間欠信号生成部と、

受信信号に含まれる前記光間欠信号の中から、多重化された所望の信号を抽出する信号識別部と、

を備えることを特徴とする。

[0023] この時刻伝送装置によれば、前記遅延管理部が受信した遅延計測信号における複数波長間の到着時間差を検出するので、複数波長を使用する場合の伝送路の上り下りの非対称性に起因する誤差を修正することが可能になる。また、この到着時間差に基づいて算出した伝搬遅延を考慮した適切な待ち時間量を決定することができる。また、可変遅延部が前記伝送路を介して受信した他ノードからの信号を、前記待ち時間量だけ遅延して出力するので、到着時間差のある複数の信号を同じタイミングに合わせて同時に出力できる。また、前記間欠信号生成部が少なくとも前記時刻情報と、前記遅延計測信号と、所望の通信情報との何れかを周期的に選択して多重化した光間欠信号を、複数の波長の1つ以上を用いて生成するので、それぞれの波長を複数種類の信号を伝送するために共有することが可能であり、波長帯域利用効率が改善される。また、前記信号識別部が、受信信号に含まれる前記光間欠信号の中から、多重化された所望の信号を抽出するので、時刻同期以外の目的に利用

される信号を、時刻同期用の信号と同じ波長を用いて伝送できる。また、これにより所要トランスポンダ数の削減が可能になる。

[0024] (2) 上記(1)に記載の時刻伝送装置において、

前記間欠信号生成部は、送信する信号毎の優先度の違いを反映して、入力される複数種類の信号をバッファリングし多重化する、
ことを特徴とする。

[0025] この時刻伝送装置によれば、前記間欠信号生成部は、送信する信号毎の優先度の違いを考慮するので、適切な制御を実現できる。例えば、バッファリングの違いにより優先度の高い時刻同期情報の遅延時間を他の種類の信号よりも短縮し、時刻同期の精度を上げることが可能である。

[0026] (3) 上記(1)に記載の時刻伝送装置において、

複数の他ノードのそれぞれを宛先とする同報通信情報を生成する同報通信機器との接続を許容する同報通信信号処理部を更に備え、

前記遅延管理部は、複数の他ノードのそれぞれについて、互いに独立した状態で前記伝搬遅延および前記遅延値を管理する、
ことを特徴とする。

[0027] この時刻伝送装置によれば、同じ波長を共有する形態で、時刻同期用の信号伝送と、同報通信情報の伝送とを行うことができる。しかも、ノード毎の前記伝搬遅延および前記遅延値を前記遅延管理部が独立した状態で管理するので、例えば同じ同報通信情報が同じタイミングで複数の宛先側ノードに到着するように制御可能になり、同報通信情報の伝送に適した信号伝送の実現が容易になる。

[0028] (4) 上記(1)に記載の時刻伝送装置において、

それぞれが前記遅延計測信号生成部、前記遅延管理部、および前記可変遅延部を含む複数の独立した同期用モジュールが、複数ノードのそれぞれに接続され、

マスタノードに第1の同期用モジュールが接続され、

複数のスレーブノードのそれぞれに第2の同期用モジュールが接続され、

前記第 1 の同期用モジュールが、各スレーブノードにおける前記第 2 の同期用モジュールの前記伝搬遅延および前記遅延値を管理する、
ことを特徴とする。

[0029] この時刻伝送装置によれば、マスタ側の第 1 の同期用モジュールがスレーブ側の各ノードの前記伝搬遅延および前記遅延値を把握できるので、スレーブ側の各ノードに信号が到着するタイミングをマスタ側で適切に制御できる。これにより、例えば同報配信型のサービストラヒックを望ましいタイミングで各スレーブノードに配信することが可能になる。

[0030] (5) 上記 (4) に記載の時刻伝送装置において、
前記第 1 の同期用モジュールと、複数の前記第 2 の同期用モジュールとが、リング状に形成された前記伝送路を介して互いに接続される、
ことを特徴とする。

[0031] この時刻伝送装置によれば、リング状に形成された前記伝送路を利用するので、共通の伝送路に多数の伝送装置を接続することが可能になり、例えば放送型サービスのような同報通信を収容することが容易になる。

[0032] (6) 上記 (4) に記載の時刻伝送装置において、
前記第 1 の同期用モジュールは、前記マスタノードから前記各スレーブノードに向かう方向の信号に対する前記伝搬遅延の情報を、前記各第 2 の同期用モジュールから収集し、

前記第 1 の同期用モジュールは、前記各スレーブノードから前記マスタノードに向かう方向の信号に対する前記伝搬遅延の情報を、それ自身でスレーブノード毎に算出し、

前記第 1 の同期用モジュールは、送信する信号の種類毎に、前記伝搬遅延に基づいて算出した待ち時間量に関する情報を前記各第 2 の同期用モジュールに通知する、

ことを特徴とする。

[0033] この時刻伝送装置によれば、前記マスタノードから前記各スレーブノードに向かう下り方向の信号に対する伝搬遅延と、前記各スレーブノードから前

記マスタノードに向かう上り方向の信号に対する前記伝搬遅延とをマスタ側のノードで把握できる。また、適切な待ち時間量をスレーブ側の各ノードに通知することにより、各スレーブノードに到着した信号がそれぞれ目的とするタイミングで処理されるようにマスタ側で制御することが容易になる。

[0034] (7) 上記(6)に記載の時刻伝送装置において、

前記第2の同期用モジュールは、前記第1の同期用モジュールから通知された前記待ち時間量に関する情報に基づいて、前記可変遅延部における遅延時間を、受信する信号の種類毎に決定する、

ことを特徴とする。

[0035] この時刻伝送装置によれば、各スレーブノードに到着した信号が、信号の種類毎にそれぞれ適切なタイミングで処理されるように制御することが容易になる。時刻同期用の信号伝送の場合には、上り方向と下り方向の遅延が対称になるように制御することが可能であり、同報通信の場合には全てのスレーブノードにおける到着タイミングが揃うように遅延時間を調整できる。

[0036] (8) 下り及び上りの双方向に光通信が可能な伝送路上の何れかのノード位置に接続される複数の光伝送装置の間で、複数ノード間の時刻ずれを補正するための時刻情報を伝送するための伝送方法であって、

各ノード位置の光伝送装置が、互いに異なる波長の複数の信号を、遅延計測信号として前記伝送路に同時に送出する手順と、

少なくとも1つのノードに接続された光伝送装置が、前記伝送路を介して受信した他ノードからの前記遅延計測信号における複数波長間の到着時間差に基づいて算出した伝搬遅延を反映した遅延値を決定し、前記遅延値および前記伝搬遅延に基づいて待ち時間量を決定する手順と、

前記光伝送装置が前記遅延値を他ノードへ通知する手順と、

前記伝送路を介して受信した他ノードからの信号を、前記各光伝送装置が前記待ち時間量だけ遅延して出力する手順と、

少なくとも1つのノードに接続された光伝送装置が、少なくとも前記時刻情報、前記遅延計測信号、および、所望の通信情報のうち何れかを周期的に

選択して多重化した間欠信号を、複数の波長の1つ以上を用いて生成する手順と、

受信信号に含まれる前記間欠信号の中から、多重化された所望の信号を抽出する手順と、

を有することを特徴とする。

[0037] この伝送方法によれば、受信側の各ノードにおいて、受信した遅延計測信号における複数波長間の到着時間差を検出するので、複数波長を使用する場合の伝送路の上り下りの非対称性に起因する誤差を修正することが可能になる。また、この到着時間差に基づいて算出した伝搬遅延を考慮した適切な待ち時間量を決定できる。また、受信側の各ノードにおいて、前記伝送路を介して受信した他ノードからの信号を、前記待ち時間量だけ遅延して出力するので、到着時間差のある複数の信号を同じタイミングに合わせて同時に出力できる。また、送信側のノードにおいて、少なくとも前記時刻情報、前記遅延計測信号、および、所望の通信情報のうち何れかを周期的に選択して多重化した光間欠信号を、複数の波長の1つ以上を用いて生成するので、それぞれの波長を複数種類の信号を伝送するために共有することが可能であり、波長帯域利用効率が改善される。また、受信側のノードにおいて、受信信号に含まれる前記光間欠信号の中から、多重化された所望の信号を抽出するので、時刻同期以外の目的に利用される信号を、時刻同期用の信号と同じ波長を用いて伝送できる。また、これにより所要トランスポンダ数の削減が可能になる。

発明の効果

[0038] 本発明の時刻伝送装置および伝送方法によれば、伝送路の上り下りの非対称性に起因して発生する時刻同期誤差を低減すると共に、波長帯域利用効率の改善、および所要トランスポンダ数の削減が可能になる。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]通信システムの構成例－1を示すブロック図である。

[図2]各部の遅延時間および待ち時間の例を示す模式図である。

[図3]通信システムの構成例－2を示すブロック図である。

[図4]マスタノード側に配置される光伝送装置の構成例を示すブロック図である。

[図5]スレーブノード側に配置される光伝送装置の構成例－1を示すブロック図である。

[図6]スレーブノード側に配置される光伝送装置の構成例－2を示すブロック図である。

[図7]複数の同期用モジュールの接続例を示すブロック図である。

[図8]マスタノード側に配置される同期用モジュールの構成例を示すブロック図である。

[図9]スレーブノード側に配置される同期用モジュールの構成例を示すブロック図である。

[図10]2つの同期用モジュール間を接続する伝送路と伝搬遅延との関係の例を示す模式図である。

[図11A]マスタ側が伝送路に送出する2波長の光信号の例を示す波形図である。

[図11B]伝送路からスレーブ側に到着した2波長の光信号の例を示す波形図である。

[図11C]スレーブ側が伝送路に送出する2波長の光信号の例を示す波形図である。

[図11D]伝送路からマスタ側に到着した2波長の光信号の例を示す波形図である。

[図12]図3に示した通信システムにおいて時刻同期を実施する場合の動作手順の概要を示すシーケンス図である。

[図13]図12中のステップS31の詳細を示すシーケンス図である。

[図14]図12中のステップS32の詳細を示すシーケンス図である。

[図15]図12中のステップS33の詳細を示すシーケンス図である。

[図16]図12中のステップS34の詳細を示すシーケンス図である。

[図17]図 1 2 中のステップ S 3 5 の詳細を示すシーケンス図である。

[図18]図 1 2 中のステップ S 3 6 の詳細を示すシーケンス図である。

[図19]図 1 2 中のステップ S 1 2 の詳細を示すシーケンス図である。

[図20]図 1 2 中のステップ S 1 3 の詳細を示すシーケンス図である。

[図21]図 3 に示した通信システムにおいて同報通信を実施する場合の動作手順の概要を示すシーケンス図である。

[図22]時刻同期を実施する通信システムの一般的な構成例を示すブロック図である。

[図23]P T P を実施する場合の一般的な通信手順を示すシーケンス図である。

発明を実施するための形態

[0040] 本発明の実施形態について各図を参照しながら以下に説明する。

<通信システムの構成例－ 1 >

通信システムの基本的な構成例を図 1 に示す。

図 1 に示した通信システムにおいては、マスタノード 3 とスレーブノード 4 との間が光伝送路 7 A を介して物理的に接続されている。光伝送路 7 A は、1 本又は 2 本以上の芯線で構成される光ファイバである。

[0041] 図 1 の例では、マスタノード 3 の位置に光伝送装置 1 が設置され、スレーブノード 4 の位置に光伝送装置 2 が接続されている。そして、光伝送装置 1 と光伝送装置 2 との間で、光伝送路 7 A を介して光信号を双方向に伝送することができる。

[0042] また、光伝送路 7 A の芯線が 1 本だけの場合には、光伝送装置 1 から光伝送装置 2 に向かう下り方向の伝送経路と、光伝送装置 2 から光伝送装置 1 に向かう上り方向の伝送経路とを個別に独立した状態で確保するために、波長分割多重 (WDM : Wavelength Division Multiplexing) の機能が光伝送装置 1 および 2 のそれぞれに搭載される。そして、下り方向の信号伝送で使うレーザー光の波長と、上り方向の信号伝送で使うレーザー光の波長との間に差が生じるように各波長が決定される。例えば、下り方向の波長を 1 5 0 0 [nm]

とし、上り方向の波長を1300 [nm] とする。

[0043] 図1の例では、マスタノード3の光伝送装置1に時刻同期装置5が接続され、スレーブノード4の光伝送装置2に時刻同期装置6が接続されている。これらの時刻同期装置5および6は、例えば図22に示したBCノード83z、および84zに相当する。

[0044] つまり、マスタノード3の時刻同期装置5は、GMノード82zから正確な時刻情報を受け取り、それを光伝送装置1へ配信することにより、光伝送装置1の時刻を同期させることができる。また、スレーブノード4の時刻同期装置6は、GMノード82zからの正確な時刻情報を、例えば時刻同期装置5－光伝送装置1－光伝送路7A－光伝送装置2を経由して受け取り、この時刻を利用して光伝送装置2を時刻同期させることができる。

[0045] 但し、各拠点であるマスタノード3の位置とスレーブノード4の位置との距離は例えば数10 [km] 程度であることが想定されるので、光伝送路7Aにおいて比較的大きな伝搬遅延が発生する。そのため、伝送遅延に起因して時刻同期装置5の時刻と時刻同期装置6の時刻との間にずれが発生する。

[0046] 実際には、光伝送路7Aの伝送遅延時間は、「局間伝送路」、「局内の配線」、および「装置内の配線」の合計により定まる光路長に応じた遅延と、装置内遅延との合計として算出できる。具体的には、光路長の1 [m] のずれに対して5 [ns] の時間ずれが発生する。また、実際の光路長は温度の影響を受けて変動する。

[0047] 上記のようなマスタノード3とスレーブノード4との間の時刻ずれについては、非特許文献1に示されているPTPを適用することにより修正可能である。しかし、PTPはその原理上、上りと下りの伝送路の非対称性を考慮していない。そのため、上りと下りの伝送路の光路長が違う場合には、マスタノード3とスレーブノード4との間の時刻同期に誤差が発生する。

[0048] また、上りと下りで異なる波長の光信号を用いて伝送する場合には、波長分散による遅延差が発生するため、この場合も上りと下りの伝送路の特性が非対称になる。そして、マスタノード3とスレーブノード4との間の時刻同

期に誤差が発生する。

例えば、1500[nm]/1300[nm]の2波長でシングルモードファイバを用いて80[km]の距離を伝送する場合には、これらの波長間の遅延差が130[ns]となり、その半分の65[ns]の時刻同期誤差がPTPにおいて発生する。

[0049] 本発明の時刻伝送装置および伝送方法は、上りと下りで光伝送路7Aの光路長に違いがある場合や、上りと下りで異なる波長の光信号を用いて伝送する場合のように、上りと下りの伝送路の特性が非対称であっても、マスタノード3とスレーブノード4との間の時刻同期誤差を大幅に低減するための機能を実現できる。

[0050] <上り下りの非対称性を考慮して時刻同期の精度を上げるための方法>

図1に示したような通信システムにおける各部の遅延時間および待ち時間の例を図2に示す。

[0051] 図2において、伝搬遅延 D_{ms} は、図1の通信システムにおいてマスタノード3側の光伝送装置1からスレーブノード4側の光伝送装置2に向かって伝送される片方向の光信号の伝搬遅延時間を表している。また、伝搬遅延 D_{sm} は、スレーブノード4側の光伝送装置2からマスタノード3側の光伝送装置1に向かって伝送される片方向の光信号の伝搬遅延時間を表している。

[0052] 例えば、図1に示した光伝送路7Aにおける上り下りの光路長に違いがあったり、上りと下りで異なる波長の光信号を利用する場合には、図2に示すように伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} の間に差が発生する。また、温度変化の影響で光伝送路7Aの実際の光路長が変動すると、それに伴って伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} もそれぞれ変動する。

[0053] したがって、実際の伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} はある範囲内で変動することが想定される。例えば、図2に示した最小遅延 D_{min} と最大遅延 D_{max} との間の幅で伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} が変動する。そして、伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} の違いが時刻同期の誤差の原因になる。

[0054] そこで、本発明を実施する場合には、図2に示すように最大遅延 D_{max} よりも十分に大きい特別な設定遅延 D_x を割り当てる。更に、設定遅延 D_x

に応じて受信側の待ち時間量 W_{ms} 、 W_{sm} を次の式 (4)、式 (5) を用いて割り当てる。

$$W_{ms} = D_x - D_{ms} \quad \dots (4)$$

$$W_{sm} = D_x - D_{sm} \quad \dots (5)$$

但し、温度変化などに伴って伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} の変動が見込まれるので、例えば定期的に伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} を実測し、待ち時間量 W_{ms} 、 W_{sm} を修正する必要がある。

[0055] 例えば光伝送装置 1 からある時刻 t_0 に光伝送路 7 A に送出された光信号は、伝搬遅延 D_{ms} だけ遅延して光伝送装置 2 に到達する。そこで、光伝送装置 2 が光伝送路 7 A から受信した光信号を光伝送装置 2 の内部で待ち時間量 W_{ms} だけ内部遅延して待ち合わせすることにより、全体の遅延を設定遅延 D_x と一致させることができる。

[0056] また、光伝送装置 2 から時刻 t_0 に光伝送路 7 A に送出された光信号は、伝搬遅延 D_{sm} だけ遅延して光伝送装置 1 に到達する。そこで、光伝送装置 1 が光伝送路 7 A から受信した光信号を光伝送装置 1 の内部で待ち時間量 W_{sm} だけ内部遅延して待ち合わせすることにより、全体の遅延を設定遅延 D_x と一致させることができる。

[0057] 上記のように待ち合わせの処理を実施することにより、伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} の違いの影響が出力に現れるのを避けることができ、上り下りの光伝送路 7 A の非対称性を補正できる。つまり、光伝送路 7 A の非対称性を考慮して待ち合わせを行うので、マスタノード 3 とスレーブノード 4 の間の時刻同期の精度が上がる。

[0058] <通信システムの構成例－2>

現実的な通信システムの構成例を図 3 に示す。図 3 に示した通信システムは、PTP のような時刻同期信号と、例えば放送型サービスを実施する場合の同報通信のデータとの両方を収容できるように構成されている。

[0059] 図 3 の通信システムにおいては、マスタノード 3 A と、複数のスレーブノード 4 A、4 B、4 C とがリング状に形成された光伝送路 7 B に接続されて

いる。光伝送路 7 B は、1 本又は 2 本以上の芯線で構成される光ファイバである。実際には、光伝送路 7 B はマスタノード 3 A、スレーブノード 4 A、4 B、および 4 C のそれぞれを順番に経由して全体としてリング状の経路を形成している。

[0060] 図 3 の例では、マスタノード 3 A に光伝送装置 1 A、時刻同期装置 5、および同報通信用サービス機器 8 A が接続されている。また、スレーブノード 4 A に光伝送装置 2 A-1、時刻同期装置 6-1、および同報通信用サービス機器 8 B-1 が接続されている。また、スレーブノード 4 B に光伝送装置 2 A-2、時刻同期装置 6-2、および同報通信用サービス機器 8 B-2 が接続されている。また、スレーブノード 4 C に光伝送装置 2 A-3、時刻同期装置 6-3、および同報通信用サービス機器 8 B-3 が接続されている。これら同報通信用サービス機器 8 A、8 B-1、8 B-2、8 B-3 は、複数の他ノードのそれぞれを宛先とする同報通信情報を生成する同報通信機器との接続を許容する同報通信信号処理部である。

[0061] 図 3 に示した各時刻同期装置 5、6-1、6-2、6-3 は、例えば図 2 に示した B C ノード 8 3 z、8 4 z 等に相当する。したがって、マスタノード 3 A と、各スレーブノード 4 A、4 B、4 C との間で時刻同期を行うことができる。

[0062] マスタノード 3 A の光伝送装置 1 A に接続された同報通信用サービス機器 8 A は、放送型サービスなどが配信する動画などのコンテンツの情報を提供するサーバや、その情報配信を行うために必要なルータに相当する。

[0063] スレーブノード 4 A の光伝送装置 2 A-1 に接続された同報通信用サービス機器 8 B-1 は、放送型サービスなどが配信する動画などのコンテンツの情報を、光伝送路 7 B および光伝送装置 2 A-1 を経由して受信し、各端末に配信するために必要なルータに相当する。ここで放送型サービスの配信機器は、複数の他ノードのそれぞれを宛先とする同報通信情報を生成する同報通信機器である。同様に、同報通信用サービス機器 8 B-2 は動画などのコンテンツの情報を、光伝送路 7 B および光伝送装置 2 A-2 を経由して受信

し、各端末に配信するために必要なルータに相当する。また、同報通信用サービス機器 8 B - 3 は、動画などのコンテンツの情報を、光伝送路 7 B および光伝送装置 2 A - 3 を経由して受信し、各端末に配信するために必要なルータに相当する。

[0064] <マスタ側の光伝送装置の構成例>

マスタノード側に配置される光伝送装置 1 の構成例を図 4 に示す。図 4 に示した光伝送装置 1 は、図 1 に示した通信システムに対応した機能を搭載している。

[0065] 図 4 に示すように、光伝送装置 1 は同期用モジュール 10、トランスポンダ (TRPN) 91、マルチプレクサ (光合波器: MUX) 92、デマルチプレクサ (光分波器: DEMUX) 93、光クロスコネクタ (OXC) 94、光増幅器 95、96、および光監視部 (OSC: Optical Supervisory Channel) 97 を備えている。

[0066] なお、図 4 に示した構成ではマスタ側の 1 つのノードとスレーブ側の 1 つのノードとの間で通信する場合を想定しているが、例えば 3 つのスレーブノードとの間で通信する場合には、光伝送装置 1 内に、3 つのスレーブノードのそれぞれに対応した 3 つのトランスポンダ 91 を搭載する必要がある。

[0067] 同期用モジュール 10 は、光伝送路 7 A 等における上り下りの非対称性に起因する同期誤差を低減するための特別な機能を搭載した時刻同期用のモジュールであり、マスタ側として機能するように構成されている。すなわち、同期用モジュール 10 は、スレーブノード 4 の光伝送装置 2 からマスタノード 3 の光伝送装置 1 に向かう上り方向の光信号から上り方向の伝搬遅延を計測する。また、その結果を利用して、同期用モジュール 10 は光伝送装置 2 から受信する信号について、上りと下りが対称になるように時間の待ち合わせを実施する。

なお、光伝送路 7 A における芯線の波長分散係数、および温度情報については既知であることを前提として遅延を算出する。

[0068] トランスポンダ 91 は、クライアント信号を波長多重するための特定波長

の光信号に変換するモジュールであり、ノード毎に配置され、光伝送装置 1 とクライアントとを接続するためのインタフェースとして用いられる。

[0069] マルチプレクサ 9 2 は、トランスポンダ 9 1 からの光信号と同期用モジュール 1 0 からの光信号とを合波して光クロスコネクタ 9 4 に出力する。デマルチプレクサ 9 3 は、光クロスコネクタ 9 4 から出力される光信号を分波してトランスポンダ 9 1 および同期用モジュール 1 0 へそれぞれ出力する。

[0070] 光クロスコネクタ 9 4 が出力する光信号は、光増幅器 9 5 で増幅されて光伝送路 7 A に送出される。光伝送装置 1 が光伝送路 7 A から受信した光信号は光増幅器 9 6 で増幅されて光クロスコネクタ 9 4 に入力される。光監視部 9 7 は、光伝送路 7 A の光信号を監視する。

<スレーブ側の光伝送装置の構成例－１>

スレーブノード側に配置される光伝送装置 2 の構成例－１を図 5 に示す。図 5 に示した光伝送装置 2 は、図 1 に示した通信システムに対応した機能を搭載している。

[0071] 図 5 に示すように、光伝送装置 2 は同期用モジュール 2 0、トランスポンダ 9 1、マルチプレクサ 9 2、デマルチプレクサ 9 3、光クロスコネクタ 9 4、光増幅器 9 5、9 6、および光監視部 9 7 を備えている。

[0072] 光伝送装置 2 内の同期用モジュール 2 0 は、光伝送路 7 A 等における上り下りの非対称性に起因する同期誤差を低減するための特別な機能を搭載した時刻同期用のモジュールであり、スレーブ側として機能するように構成されている。すなわち、同期用モジュール 2 0 は、マスタノード 3 の光伝送装置 1 からスレーブノード 4 の光伝送装置 2 に向かう下り方向の光信号から下り方向の伝搬遅延を計測する。また、その結果を利用して、同期用モジュール 2 0 は光伝送装置 1 から受信する信号について、上りと下りが対称になるように時間の待ち合わせを実施する。

光伝送装置 2 内のトランスポンダ 9 1、マルチプレクサ 9 2、デマルチプレクサ 9 3、光クロスコネクタ 9 4、光増幅器 9 5、9 6、光監視部 9 7 の各機能は、上述の光伝送装置 1 の場合と同様である。

[0073] <スレーブ側の光伝送装置の構成例－２>

スレーブノード側に配置される光伝送装置２Ａの構成例－２を図６に示す。図６に示した光伝送装置２Ａは、図３に示した通信システムに対応した機能を搭載している。すなわち、図３に示したスレーブ側の各光伝送装置２Ａ－１、２Ａ－２、２Ａ－３が、図６の光伝送装置２Ａと同様にそれぞれ構成される。

[0074] 図６に示すように、光伝送装置２Ａは同期用モジュール２０Ａ、トランスポンダ９１Ａ、９１Ｂ、マルチプレクサ９２Ａ、９２Ｂ、デマルチプレクサ９３Ａ、９３Ｂ、光クロスコネクタ９４Ａ、光増幅器９５Ａ、９５Ｂ、９６Ａ、９６Ｂ、光監視部９７Ａ、９７Ｂ、および必要数の光カプラを備えている。

[0075] 同期用モジュール２０Ａは、図５の同期用モジュール２０と同様に、光伝送路７Ａ等における上り下りの非対称性に起因する同期誤差を低減するための特別な機能を搭載した時刻同期用のモジュールであり、スレーブ側として機能するように構成されている。また、図６に示した同期用モジュール２０Ａは、同期用モジュール２０と同じ機能の他に、１対多の通信および同報通信のための多重通信を収容するための機能を備えている。

[0076] 光伝送路７Ｂの一端７Ｂａおよび他端７Ｂｂが、図６に示すように光伝送装置２Ａの一端および他端とそれぞれ接続される。したがって、光伝送路７Ｂ上を通過する光信号は、光伝送装置２Ａの内部を経由してリング状の経路に沿って伝送される。

[0077] 各トランスポンダ９１Ａ、９１Ｂは、クライアント信号を波長多重するための特定波長の光信号に変換するモジュールであり、ノード毎に配置され、光伝送装置２Ａとクライアントとを接続するためのインタフェースとして用いられる。

[0078] マルチプレクサ９２Ａは、トランスポンダ９１Ａからの光信号と同期用モジュール２０Ａからの光信号およびデマルチプレクサ９３Ｂの出力とを合波して光クロスコネクタ９４Ａに出力する。また、マルチプレクサ９２Ｂは、

トランスポンダ 9 1 B からの光信号と同期用モジュール 2 0 A からの光信号およびデマルチプレクサ 9 3 A の出力とを合波して光クロスコネクタ 9 4 A に出力量する。

[0079] デマルチプレクサ 9 3 A は、光クロスコネクタ 9 4 A から出力される光信号を分波してトランスポンダ 9 1 A と、同期用モジュール 2 0 A およびマルチプレクサ 9 2 B へそれぞれ出力する。また、デマルチプレクサ 9 3 B は、光クロスコネクタ 9 4 A から出力される光信号を分波してトランスポンダ 9 1 B と、同期用モジュール 2 0 A およびマルチプレクサ 9 2 A へそれぞれ出力する。

[0080] 光クロスコネクタ 9 4 A が出力する上り方向の光信号は、光増幅器 9 5 A で増幅されて光伝送路 7 B の一端 7 B a に上り方向に向けて送量される。光クロスコネクタ 9 4 A が出力する下り方向の光信号は、光増幅器 9 6 B A で増幅されて光伝送路 7 B の他端 7 B b に下り方向に向けて送量される。

[0081] また、光伝送装置 2 A が光伝送路 7 B の一端 7 B a で受信した下り方向の光信号は光増幅器 9 6 A で増幅されて光クロスコネクタ 9 4 A に入力される。光伝送装置 2 A が光伝送路 7 B の他端 7 B b で受信した上り方向の光信号は光増幅器 9 5 B で増幅されて光クロスコネクタ 9 4 A に入力される。

[0082] 光監視部 9 7 A は、光伝送路 7 B の一端 7 B a で光信号を監視する。光監視部 9 7 B は、光伝送路 7 B の他端 7 B b で光信号を監視する。

図 3 に示したマスタ側の光伝送装置 1 A の構成については、同期用モジュール 2 0 A の代わりとして、マスタの機能に対応した同期用モジュール 1 0 A を搭載する点を除き、図 6 の光伝送装置 2 A と同様である。

[0083] <複数の同期用モジュールの接続例>

複数の同期用モジュールの接続例を図 7 に示す。すなわち、図 3 に示した構成の通信システムにおいては、マスタ側の同期用モジュール 1 0 A と、スレーブ側の複数の同期用モジュール 2 0 A − 1、2 0 A − 2、2 0 A − 3 とが図 7 のように互いに通信可能な状態で接続される。

図 7 に示した同期用モジュール 1 0 A、2 0 A − 1、2 0 A − 2、および

20A-3は、それぞれ図3に示した光伝送装置1A、2A-1、2A-2、および2A-3に内蔵されている。

[0084] したがって、マスタ側の同期用モジュール10Aと、スレーブ側の同期用モジュール20A-1との間で相互に通信することができる。また、マスタ側の同期用モジュール10Aと、スレーブ側の同期用モジュール20A-2との間で相互に通信することもできる。マスタ側の同期用モジュール10Aと、スレーブ側の同期用モジュール20A-3との間で相互に通信することもできる。

[0085] <マスタ側の同期用モジュールの構成の詳細>

マスタノード側に配置される同期用モジュール10Aの構成例を図8に示す。

図8に示した同期用モジュール10Aは、送信処理部10Aa、受信処理部10Ab、複数の共通部98-1、98-2、98-3、スイッチ部(SW)13、クロックタイマ14、および環境情報管理部15を備えている。

[0086] また、送信処理部10Aaの内部には、2系統のコピー部11a、11b、2系統のMUX・キュー部11c、11d、2系統のトリガ付与部11e、11f、および2系統の可変波長トランスミッタ11g、11hが備わっている。

[0087] 受信処理部10Abの内部には、光カプラ12a、12b、光レシーバ12c、12d、時間差検出部12e、遅延演算部12f、選択識別部12g、遅延管理部12h、遅延量制御部12i、および可変遅延部12jが備わっている。

[0088] 共通部98-1、98-2、および98-3のそれぞれは、O/E・E/O部98a、PHY部98b、およびMAC部98cで構成されている。O/E・E/O部98aは、光信号(O)と電気信号(E)との相互変換を行う。PHY部98bは、データ伝送における物理層(PHY)の信号処理を実施する。MAC部98cは、メディアアクセス制御(MAC)を実施する。

- [0089] 共通部 98-1 の一端と接続されている光伝送路 99-1 は、マスタ側の時刻同期用の端末、すなわち図 3 中の時刻同期装置 5 と接続される。また、共通部 98-2、98-3 の一端と接続されている光伝送路 99-2、99-3 は、マスタ側の同報通信用機器、すなわち図 3 中の同報通信用サービス機器 8A と接続される。なお、共通部 98-2、98-3 の設置数は、マスタ側に接続する同報通信用サービス機器 8A の数に対応して必要に応じて増やすことが可能である。
- [0090] スイッチ部 13 は、複数の共通部 98-2、98-3 の出力に現れるパケットを、選択的に出力する。スイッチ部 13 は、通常は 2 系統の出力のうち何れか一方のみにパケットを出力する。但し、場合によっては、2 系統の出力の両方に同じパケットを出力する場合もある。例えば、通信の冗長化・高信頼化のために、2 波長の光信号のそれぞれを同時に用いてパケットを送送することが想定される。その場合、スイッチ部 13 は、入力されたパケットをコピーして同じパケットを 2 つ作り、それらを 2 系統の出力のそれぞれに同時に出力する。スイッチ部 13 の 2 系統の出力は、2 系統の MUX・キュー部 11c、11d の入力とそれぞれ接続されている。
- [0091] クロックタイマ 14 は、同期用モジュール 10A 内の各機能部間の同期動作を担保するために、周波数およびタイミングを管理し、必要とされるタイミング信号を各部に供給する。環境情報管理部 15 は、光伝送路 7A、7B における波長分散係数の情報や、温度の情報を保持し管理する。
- [0092] 送信処理部 10Aa 内のコピー部 11a は、共通部 98-1 の出力から入力される PTP パケットをコピーして、同じ PTP パケットを 2 系統の出力に同時に出力する機能を有している。コピー部 11a の 2 系統の出力は、MUX・キュー部 11c、11d の各入力と接続されている。
- [0093] コピー部 11b は、遅延管理部 12h が出力する独自パケットをコピーして、同じ独自パケットを 2 系統の出力に同時に出力する機能を有している。コピー部 11b の 2 系統の出力は、MUX・キュー部 11c、11d の各入力と接続されている。

[0094] MUX・キュー部11c、11dのそれぞれは、複数の入力の何れかを選択するマルチプレクサと、バッファメモリとを内蔵している。このマルチプレクサの選択により、コピー部11aが出力するPTPパケットと、コピー部11bが出力する独自パケットと、スイッチ部13が出力する同報通信用のパケットとを同じ波長の光信号に重畳して送信することが可能になる。MUX・キュー部11c、11d内のバッファメモリは、各パケットの送信待ち時間を調整するためのバッファリングに用いられる。

[0095] また、本実施形態では、各パケットの優先順位を考慮して送信タイミングを調整する機能がMUX・キュー部11c、11dに含まれている。具体的には、時刻同期の精度を上げる必要性を考慮して、PTPパケットを送信する場合には、送信待ち時間が最小になるように他の種類のパケットに比べて優先し、最優先で送信するようにパケットの並び替えなどの制御を実施する。

トリガ付与部11e、11fは、複数波長間の遅延差を検出するために用いる独自パケットに対して、検出用のトリガを付与する。

[0096] 可変波長トランスミッタ11gは、トリガ付与部11eから入力される各パケットを光信号に変換して出力する。可変波長トランスミッタ11hは、トリガ付与部11fから入力される各パケットを光信号に変換して出力する。これら2つの可変波長トランスミッタ11g、11hを用いることにより、2つ以上の異なる波長を同時に用いて光信号を送信することが可能になる。

[0097] また、本実施形態では、それぞれの波長で複数種類のパケットを、時間をずらして選択的に送信できるように、可変波長トランスミッタ11g、11hがバースト信号を用いて間欠的に光信号を生成する。そのために、バースト動作に対応したデバイスを可変波長トランスミッタ11g、11hとして採用している。つまり、データが流れない無信号の状態では、各可変波長トランスミッタ11g、11hの光出力がほぼ0になる。

[0098] したがって、複数のノードから、タイミングを同期させて無信号の時間帯

をそれぞれずらして光バースト信号を送ることで、光領域での複数のパケットの衝突が避けられ、1つの波長を複数のノードで共用することが可能になる。

[0099] なお、同報通信に適しているPON (Passive Optical Network) の規定を活用する場合には、上りはバースト信号であるが、下りは連続信号になる。

したがって、その場合はマスタ側で下りの信号を送信する可変波長トランスミッタ11g、11hがバースト動作に対応したデバイスでなくてもよい。

[0100] 同期用モジュール10Aが受信する各波長の光信号は、光カプラ12a、12bにそれぞれ入力される。光カプラ12a、12bはそれぞれ入力される光信号をコピーして2方路に出力する。光カプラ12aが出力する光信号は光レシーバ12cおよび時間差検出部12eに入力される。光カプラ12bが出力する光信号は光レシーバ12dおよび時間差検出部12eに入力される。

[0101] 光レシーバ12c、12dは、それぞれ入力された光信号を電気信号に変換する。また、本実施形態ではバースト信号を扱う場合を想定しているので、バースト動作に対応したデバイスを光レシーバ12c、12dに採用している。

[0102] 時間差検出部12eは、入力される2系統、すなわち2波長の光信号波形におけるピーク位置の到着時間差 Δt_{21} を検出する。

遅延演算部12fは、時間差検出部12eが検出した到着時間差 Δt_{21} を利用して、スレーブからマスタに向かう上り方向の距離（光路長） L_{sm} を算出する。更に、上り方向の伝搬遅延 D_{sm} を算出する。この計算の詳細は後で説明する。

[0103] 選択識別部12gは、コピーにより生成された2つの同じ受信信号のうち一方のみを選択し出力する。また、選択識別部12gは受信した信号の種類を識別し、PTPパケットと独自パケットとを分離する。

[0104] マスタの同期用モジュール10A内の遅延管理部12hは、自モジュール内の遅延演算部12fが算出した上り方向の伝搬遅延 D_{sm} と、スレーブ側

の各同期用モジュール 20A から通知される下り方向の伝搬遅延 D_{ms} とを接続されている全てのスレーブ側の同期用モジュール 20A についてそれぞれ個別に管理する。

- [0105] また、この遅延管理部 12h は、伝搬遅延 D_{sm} 、 D_{ms} に基づいて適切な設定遅延 D_x の値を決定する。更に、決定した設定遅延 D_x の情報をスレーブ側の該当する各同期用モジュール 20A に通知するための独自パケットを生成する。また、遅延管理部 12h は決定した設定遅延 D_x とモジュール毎の伝搬遅延 D_{sm} とに基づき、自モジュールにおける遅延量、すなわち図 2 に示した受信側の待ち時間量 W_{sm} を決定する。

$$W_{sm} = D_x - D_{sm} \quad \dots (6)$$

- [0106] また、本実施形態の通信システムにおいては、種類や特性が異なる時刻同期のための通信と、同報通信のための通信との両方の機能を収容しているので、同期用モジュール 10A は時刻同期信号の待ち合わせ量と、同報通信信号の待ち合わせ量とをそれぞれ個別に適切な値に調整する。そのために、マスタの同期用モジュール 10A 内に設けられた遅延管理部 12h は、時刻同期信号に適用する設定遅延 D_x と、同報通信信号に適用する設定遅延 D_{x2} とをそれぞれ個別に決定する。スレーブの同期用モジュール 20A は、マスタの同期用モジュール 10A から通知された前記待ち時間量に関する情報に基づいて、可変遅延部 12j における遅延時間を、受信する信号の種類毎に決定する。

- [0107] 同報通信信号用の設定遅延 D_{x2} は、次のようにして決定する。まず、同報通信を実施する全てのスレーブノードとの間で伝搬遅延 D_{ms} を検出する。次に検出した全てのスレーブノードの伝搬遅延 D_{ms} の中からその最大値 $\max(D_{ms})$ を選択する。そして、最大値 $\max(D_{ms})$ に適切な余裕分を加算した結果を設定遅延 D_{x2} とする。つまり、設定遅延 D_{x2} は最大値 $\max(D_{ms})$ よりも大きい。

- [0108] 遅延量制御部 12i は、可変遅延部 12j における遅延時間が、遅延管理部 12h の決定した受信側の待ち時間量 W_{sm} と一致するように可変遅延部

12j の設定を制御する。

これにより、スレーブ側の送信元から送出された光信号は、伝搬遅延 D_{sm} だけ遅延して同期用モジュール 10A に到着した後、可変遅延部 12j で更に待ち時間量 W_{sm} だけ遅延する。したがって、可変遅延部 12j の出力においては、光伝送路 7A、7B の上り下りの非対称性とは無関係に、上り下りで共通の設定遅延 D_x の時間だけ遅延した状態で受信信号を処理できる。つまり、ノード間の時刻同期を高精度で行うことができる。また、この設定遅延 D_x を想定される最大遅延 D_{max} よりも大きい値に定めることにより、温度変化による光路長の変動があっても、時刻同期の精度を維持できる。

[0109] <スレーブ側の同期用モジュールの構成の詳細>

スレーブノード側に配置される同期用モジュール 20A の構成例を図 9 に示す。

図 9 に示した同期用モジュール 20A は、送信処理部 20Aa、受信処理部 20Ab、複数の共通部 98-1、98-2、98-3、デマルチプレクサ (DEMUX) 16、可変遅延部 12k、クロックタイマ 14、および環境情報管理部 15 を備えている。

[0110] また、送信処理部 20Aa の内部には、2 系統のコピー部 11a、11b、2 系統の MUX・キュー部 11c、11d、2 系統のトリガ付与部 11e、11f、および 2 系統の可変波長トランスミッタ 11g、11h が備わっている。

[0111] 受信処理部 20Ab の内部には、光カプラ 12a、12b、光レシーバ 12c、12d、時間差検出部 12e、遅延演算部 12f、選択識別部 12g、遅延管理部 12h、遅延量制御部 12i、および可変遅延部 12j が備わっている。

[0112] 共通部 98-1 の一端と接続されている光伝送路 99B-1 は、スレーブ側の時刻同期用の端末、すなわち図 3 中の時刻同期装置 6-1~6-3 と接続される。また、共通部 98-2、98-3 の一端と接続されている光伝送

路 99B-2、99B-3 は、スレーブ側の同報通信用機器、すなわち図 3 中の同報通信用サービス機器 8B-1 ~ 8B-3 と接続される。なお、共通部 98-2、98-3 の設置数は、スレーブ側に接続する同報通信用サービス機器 8B-1 ~ 8B-3 の数に対応して必要に応じて増やすことが可能である。

[0113] つまり、スレーブ側に必要とされる機能の違いを除けば、図 9 に示した同期用モジュール 20A の機能の大部分については、既に説明したマスタ側の同期用モジュール 10A と同様である。違う部分について以下に説明する。

なお、PON の規定を活用して通信する場合には、上りはバースト信号であるが、下りは連続信号になる。したがって、その場合はスレーブ側で下りの信号を受信する光レシーバ 12c、12d がバースト動作に対応したデバイスでなくてもよい。

[0114] 同期用モジュール 20A 内の時間差検出部 12e は、下り方向で入力される 2 系統、すなわち 2 波長の光信号波形におけるピーク位置の到着時間差 Δt_{12} を検出する。

また、遅延演算部 12f は時間差検出部 12e が検出した到着時間差 Δt_{12} を利用して、マスタからスレーブに向かう下り方向の距離（光路長） L_{ms} を算出する。更に、下り方向の伝搬遅延 D_{ms} を算出する。この計算の詳細は後で説明する。

[0115] スレーブの同期用モジュール 20A 内の遅延管理部 12h は、自モジュール内の遅延演算部 12f が算出した下り方向の伝搬遅延 D_{ms} と、スレーブ側の各同期用モジュール 20A から通知される上り方向の伝搬遅延 D_{sm} とをそれぞれ管理する。

[0116] また、この遅延管理部 12h は、算出した伝搬遅延 D_{ms} をマスタ側の同期用モジュール 10A に通知するための独自パケットを生成する。また、遅延管理部 12h はマスタ側から通知される設定遅延 D_x と下り方向の伝搬遅延 D_{ms} とに基づき、自モジュールにおける遅延量、すなわち図 2 に示した受信側の待ち時間量 W_{ms} を決定する。

$$W_{ms} = D_x - D_{ms} \quad \cdots (7)$$

[0117] 遅延量制御部 12 i は、可変遅延部 12 j における遅延時間が、遅延管理部 12 h の決定した受信側の待ち時間量 W_{ms} と一致するように可変遅延部 12 j の設定を制御する。

これにより、マスタ側の送信元から送出された光信号は、伝搬遅延 D_{ms} だけ遅延して同期用モジュール 20 A に到着した後、可変遅延部 12 j で更に待ち時間量 W_{ms} だけ遅延する。したがって、可変遅延部 12 j の出力においては、光伝送路 7 A、7 B の上り下りの非対称性とは無関係に、上り下りで共通の設定遅延 D_x だけ遅延した状態で受信信号を処理できる。つまり、ノード間の時刻同期を高精度で行うことができる。また、この設定遅延 D_x を想定される最大遅延 D_{max} よりも大きい値に定めることにより、温度変化による光路長の変動があっても、時刻同期の精度を維持できる。

[0118] また、マスタ側から各スレーブに送信される同報通信信号の光信号は、光カプラ 12 a、12 b、光レシーバ 12 c、12 d、選択識別部 12 g、可変遅延部 12 k、デマルチプレクサ 16 を通り、共通部 98-2、又は 98-3 を通って各同報通信用サービス機器 8 B-1 ~ 8 B-3 に送出される。すなわち、選択識別部 12 g が同報通信信号の出力先として可変遅延部 12 k を選択する。また、同報通信信号の配信先に応じてデマルチプレクサ 16 が出力経路を選択する。

[0119] 同報通信信号に対する遅延量は、遅延量制御部 12 i が可変遅延部 12 k を制御することにより設定する。ここで、2つの独立した可変遅延部 12 j、12 k が同期用モジュール 20 A に備わっているので、時刻同期用の信号に対する遅延量と、同報通信信号に対する遅延量とを独立した長さに定めることができる。また、同報通信信号に対する遅延量をスレーブノード毎に個別に管理できるので、それぞれのノードの伝搬経路における遅延時間差を考慮して、遅延管理部 12 h、12 i が可変遅延部 12 k の遅延時間を定めることができる。これにより、共通の同報通信信号が全てのスレーブノードに接続された同報通信用サービス機器 8 B-1 ~ 8 B-3 に同じ時刻に配信さ

れるように同期させることが可能になる。

[0120] <具体的な伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} の算出例>

2つの同期用モジュール10、20間を接続する伝送路と伝搬遅延との関係の例を図10に示す。また、マスタ側が伝送路に送出する2波長の光信号の例を図11Aに示す。伝送路からスレーブ側に到着した2波長の光信号の例を図11Bに示す。スレーブ側が伝送路に送出する2波長の光信号の例を図11Cに示す。伝送路からマスタ側に到着した2波長の光信号の例を図11Dに示す。

[0121] 図11A～図11Dにおいて、横軸は時間 t 、縦軸方向は振幅の違い又は波長 λ の違いを表している。つまり、波長 λ が異なる2つの送出端光信号 $P1A$ 、 $P1B$ が同時に下り伝送路 $7A_{ms}$ に送出される。また、同期用モジュール20に到着した2つの受信端光信号 $P2A$ 、 $P2B$ の間に、下り伝送路 $7A_{ms}$ の波長分散の影響による時間差 Δt_{12} が発生する。

[0122] また、波長 λ が異なる2つの送出端光信号 $P3A$ 、 $P3B$ が同時に上り伝送路 $7A_{sm}$ に送出される。また、同期用モジュール10に到着した2つの受信端光信号 $P4A$ 、 $P4B$ の間に、上り伝送路 $7A_{sm}$ の波長分散の影響による時間差 Δt_{21} が発生する。

[0123] なお、伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} を算出する場合の前提として、次の事項 (a1)～(a3) を想定している。

(a1) 各時刻同期装置5、6と各同期用モジュール10、20間の光ファイバペア、および各同期用モジュール10、20とマルチプレクサ92、デマルチプレクサ93間の光ファイバ群は等長である。

(a2) 光ファイバの波長分散係数 C [ps/nm/km] は既知、各同期用モジュール10、20間の距離 (光路長) L_{ms} 、 L_{sm} は未知である。

(a3) 温度は既知である。

[0124] 伝搬遅延の測定手順の概要は以下の (b1)～(b10) の通りである。

(b1) マスタ側の同期用モジュール10が異なる2つの波長を同時に使い、遅延測定用の独自パケットを送出端光信号 $P1A$ 、 $P1B$ として図11A

のように同時に下り伝送路 7 A m s に送出する。

(b 2) この場合、同期用モジュール 2 0 に到着する 2 波長の受信端光信号 P 2 A、P 2 B は、図 1 1 B のように時間差 Δt_{12} [ps] だけずれる。このずれは波長分散に起因する。

$$t_{12} = C \times \Delta \lambda \times L_{ms} \quad \dots (8)$$

C : 波長分散係数

$\Delta \lambda$: 2 波長の波長差

(b 3) 同期用モジュール 2 0 が、2 波長の受信端光信号 P 2 A、P 2 B の到着時間差として時間差 Δt_{12} を計測する。

(b 4) 同期用モジュール 2 0 が、上記式 (8) の関係を利用して下り方向の距離 L_{ms} を算出する。

(b 5) 例えば、次の式 (9) に基づき同期用モジュール 2 0 が伝搬遅延 D_{ms} を算出する。

$$D_{ms} = 5000 [\text{ns/km}] \times L_{ms} [\text{km}] \times K_1 \quad \dots (9)$$

K_1 : 温度補正係数

(b 6) スレーブ側の同期用モジュール 2 0 が異なる 2 つの波長を同時に使い、遅延測定用の独自パケットを送出端光信号 P 3 A、P 3 B として図 1 1 C のように同時に上り伝送路 7 A s m に送出する。

(b 7) この場合、同期用モジュール 1 0 に到着する 2 波長の受信端光信号 P 4 A、P 4 B は、図 1 1 D のように時間差 Δt_{21} [ps] だけずれる。このずれは波長分散に起因する。

$$t_{21} = C \times \Delta \lambda \times L_{sm} \quad \dots (10)$$

(b 8) 同期用モジュール 1 0 が、2 波長の受信端光信号 P 4 A、P 4 B の到着時間差として時間差 Δt_{21} を計測する。

(b 9) 同期用モジュール 1 0 が、上記式 (10) の関係を利用して上り方向の距離 L_{sm} を算出する。

(b 10) 次の式 (11) に基づき同期用モジュール 2 0 が伝搬遅延 D_{sm} を算出する。

$$D_{sm} = 5000 [\text{ns/km}] \times L_{sm} [\text{km}] \times K1 \quad \dots (11)$$

[0125] <通信システムの処理手順>

ー<時刻同期のための処理手順>

図3に示した通信システムにおいて時刻同期を実施する場合の動作手順の概要を図12に示す。実際には、マスタノード3Aの光伝送装置1A内の同期用モジュール10Aが図12中の各ステップS31、S34、S35、S12、S23A、およびS23Bの処理を行う。また、スレーブノード4Aの光伝送装置2A-1内の同期用モジュール20Aが図12中の各ステップS32、S33、S36、S13、およびS22の処理を行う。スレーブノード4Bの光伝送装置2A-2についても同様である。

[0126] 図12に示した処理手順について以下に説明する。

図12に示した処理手順は、大きく分けて、準備フェーズS30と、PTPパケット処理フェーズS10、S20とで構成されている。具体的には、準備フェーズS30は伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} の情報を収集するための処理である。PTPパケット処理フェーズS10は、PTPにおける「Sync」、「Follow-up」、「Delay-res」の各処理に対応し、PTPパケット処理フェーズS20は、PTPにおける「Delay-Req」の処理に対応する。ここで、上り下りの非対称性を補正するために必要な特別な準備フェーズS30をPTPパケット処理フェーズS10、S20の前に実行する点に大きな特徴がある。

[0127] また、図12に示した「送信側処理A」および「受信側処理A」は、片方向の伝搬遅延を算出するための処理である。また、「送信側処理B」および「受信側処理B」は、PTPパケットの伝搬遅延の基準値を算出し通知するための処理である。また、「送信側処理C」および「受信側処理C」は、PTPパケットの待ち合わせ処理を行って上り下りの伝搬遅延を対称化するための処理である。

[0128] 光伝送装置1Aは、ステップS31の「送信側処理A」で2波長光信号P01を送信する。この2波長光信号P01は、複数波長を含む光伝送路7B

の下り回線を利用して、同時にスレーブノード4 Aの光伝送装置2 A-1、およびスレーブノード4 Bの光伝送装置2 A-2にそれぞれ送られる。

[0129] スレーブ側の各光伝送装置2 A-1、2 A-2は、マスタ側から送られた2波長光信号P O 1をステップS 3 2の「受信側処理A」でそれぞれ受信処理する。

スレーブ側の各光伝送装置2 A-1、2 A-2は、それぞれ、ステップS 3 2の処理結果に基づき、次のステップS 3 3の「送信側処理A」で2波長光信号P O 2を送信する。この2波長光信号P O 2は、複数波長を含む光伝送路7 Bの上り回線を利用して、同時にマスタノード3 Aの光伝送装置1 Aに送られる。

[0130] また、光伝送装置2 A-1が送信する2波長光信号P O 2と、光伝送装置2 A-2が送信する2波長光信号P O 2とは、互いに衝突しないようにバースト信号として互いにタイミングをずらして送信される。また、光伝送装置2 A-1が送信する2波長光信号P O 2は、光伝送装置2 A-1が検出した伝搬遅延D m sを含み、光伝送装置2 A-2が送信する2波長光信号P O 2は光伝送装置2 A-2が検出した伝搬遅延D m sを含む。

[0131] マスタ側の光伝送装置1 Aは、ステップS 3 4の「受信側処理A」で、スレーブ側の各光伝送装置2 A-1、2 A-2が送信する2波長光信号P O 2をそれぞれ受信して処理する。

マスタ側の光伝送装置1 Aは、ステップS 3 5の「送信側処理B」で、2波長光信号P O 3を送信する。この2波長光信号P O 3は、マスタ側の光伝送装置1 Aが決定した設定遅延D xの情報をスレーブ側に通知するために利用される。

[0132] スレーブ側の各光伝送装置2 A-1、2 A-2は、マスタ側から送られた2波長光信号P O 3をステップS 3 6の「受信側処理B」でそれぞれ受信処理する。各光伝送装置2 A-1、2 A-2は、ステップS 3 6で取得する設定遅延D xの情報と、伝搬遅延D m sとに基づいて、図2に示す下り方向の待ち時間量W m sを決定できる。

[0133] 続いて、図 12 に示した PTP パケット処理フェーズ S10 の処理が以下のように実行される。

マスタノード 3 に接続されている時刻同期装置 5 は、ステップ S11 で PTP パケットを光伝送装置 1A に送信する。

[0134] 光伝送装置 1A は、時刻同期装置 5 から受け取った PTP パケットに基づき、ステップ S12 の「送信側処理 C」において、2 波長光信号 P11 をスレーブ側の各光伝送装置 2A-1、2A-2 へ送信する。この 2 波長光信号 P11 は、光伝送装置 1A が受け取った PTP パケットを含むものである。

[0135] スレーブ側の各光伝送装置 2A-1、2A-2 は、2 波長光信号 P11 を受け取ると、ステップ S13 の「受信側処理 C」およびステップ S13a で、PTP パケットを時刻同期装置 6-1、6-2 に送信する。

[0136] 時刻同期装置 6-1 は、ステップ S21A で PTP パケットを光伝送装置 2A-1 に送信する。また、時刻同期装置 6-2 はステップ S21B で PTP パケットを光伝送装置 2A-2 に送信する。

[0137] 光伝送装置 2A-1 は、時刻同期装置 6-1 から受け取った PTP パケットを、ステップ S22 の「送信側処理 C」で 2 波長光信号 P21 としてマスタ側の光伝送装置 1A に送る。同様に、光伝送装置 2A-2 は、時刻同期装置 6-2 から受け取った PTP パケットを、ステップ S22 の「送信側処理 C」で 2 波長光信号 P22 としてマスタ側の光伝送装置 1A に送る。

[0138] マスタ側の光伝送装置 1A は、2 波長光信号 P21 で PTP パケットを受信すると、ステップ S23A の「受信側処理 C」で PTP パケットを時刻同期装置 5 に送信する。時刻同期装置 5 はステップ S24A で光伝送装置 1A からの PTP パケットを受信する。

また、マスタ側の光伝送装置 1A は、2 波長光信号 P22 で PTP パケットを受信すると、ステップ S23B の「受信側処理 C」で PTP パケットを時刻同期装置 5 に送信する。時刻同期装置 5 はステップ S24B で光伝送装置 1A からの PTP パケットを受信する。

[0139] ——＜ステップ S31 の詳細＞

図 1 2 中のステップ S 3 1 の詳細を図 1 3 に示す。図 1 3 に示した処理について以下に説明する。

[0140] 光伝送装置 1 又は 1 A 内の同期用モジュール 1 0 A に設けられた遅延管理部 1 2 h は、遅延算出用の独自パケットをステップ S 3 1 1 で生成し、コピー部 1 1 b に送る。なお、「独自パケット」は、P T P パケットとは異なるこの装置独自のパケットを意味し、それぞれのパケットは種類を区別できるように構成されている。

[0141] コピー部 1 1 b は、入力された遅延算出用の独自パケットをステップ S 3 1 2 でコピーして 2 つの同じパケットを作り、これらのパケットを M U X ・キュー部 1 1 c 、 1 1 d にそれぞれ送る。

[0142] M U X ・キュー部 1 1 c 、 1 1 d は、それぞれ入力された遅延算出用の独自パケットをステップ S 3 1 3 でバッファリングし、その出力に対して更にトリガ付与部 1 1 e 、 1 1 f がトリガ付与し、2 系統の可変波長トランスミッタ 1 1 g 、 1 1 h にそれぞれ出力する。

可変波長トランスミッタ 1 1 g 、 1 1 h は、ステップ S 3 1 4 で入力された遅延算出用の独自パケットをそれぞれ光信号に変換し、2 波長光信号 P 0 1 として同時に出力する。

[0143] ー<ステップ S 3 2 の詳細>

図 1 2 中のステップ S 3 2 の詳細を図 1 4 に示す。図 1 4 に示した処理について以下に説明する。

光伝送装置 2 又は 2 A - 1 、 2 A - 2 内の同期用モジュール 2 0 A の中には、図 1 4 に示した光カプラ 1 2 a 、 1 2 b 、時間差検出部 1 2 e 、遅延演算部 1 2 f 、遅延管理部 1 2 h が含まれている。これらが、以下に説明するように図 1 4 の処理を行う。

[0144] 光カプラ 1 2 a 、 1 2 b は、波長毎に分波された状態で 2 波長光信号 P 0 1 をそれぞれ受け取り、これらの光信号をステップ S 3 2 1 でコピーして 2 方路に分岐して出力する。

時間差検出部 1 2 e は、光カプラ 1 2 a 、 1 2 b から入力される 2 波長の

光信号の波形ピーク位置、すなわちトリガ付与された位置の到着時間差をステップS 3 2 2で検出する。

[0145] 遅延演算部 1 2 f は、時間差検出部 1 2 e が検出した到着時間差に基づいて、ステップS 3 2 3で下り方向の伝搬遅延 $D_m s$ を算出する。

遅延管理部 1 2 h は、遅延演算部 1 2 f が算出した下り方向の伝搬遅延 $D_m s$ を、ステップS 3 2 4で受け取って保持し管理する。

[0146] ー<ステップS 3 3の詳細>

図 1 2 中のステップS 3 3の詳細を図 1 5に示す。図 1 5に示した処理について以下に説明する。

光伝送装置 2 又は 2 A - 1、2 A - 2 内の同期用モジュール 2 0 A に含まれている遅延管理部 1 2 h、コピー部 1 1 b、MUX・キュー部 1 1 c、1 1 d、トリガ付与部 1 1 e、1 1 f、可変波長トランスミッタ 1 1 g、1 1 h が、以下に説明するように図 1 5 の処理を行う。

[0147] 遅延管理部 1 2 h は、ステップS 3 3 1で遅延算出用の独自パケットを生成すると共に、これに既に算出した伝搬遅延 $D_m s$ の情報を通知用に付加する。

コピー部 1 1 b は、ステップS 3 3 2で入力された遅延算出用の独自パケットをコピーして2つの同じパケットを作り、これらを同時にMUX・キュー部 1 1 c、1 1 dの入力に与える。

[0148] MUX・キュー部 1 1 c、1 1 d は、それぞれ入力された遅延算出用の独自パケットをステップS 3 3 3でバッファリングし、その出力に対して更にトリガ付与部 1 1 e、1 1 f がトリガ付与し、2系統の可変波長トランスミッタ 1 1 g、1 1 h にそれぞれ出力する。

可変波長トランスミッタ 1 1 g、1 1 h は、ステップS 3 3 4で入力された遅延算出用の独自パケットをそれぞれ光信号に変換し、2波長光信号 P 0 2として同時に出力する。

[0149] ー<ステップS 3 4の詳細>

図 1 2 中のステップS 3 4の詳細を図 1 6に示す。図 1 6に示した処理に

ついで以下に説明する。

マスタ側の光伝送装置 1 又は 1 A 内の同期用モジュール 10 A に含まれている光カプラ 12 a、12 b、時間差検出部 12 e、遅延演算部 12 f、遅延管理部 12 h、遅延量制御部 12 i、光レシーバ 12 c、12 d が、以下に説明するように図 16 の処理を行う。

[0150] 光カプラ 12 a、12 b は、波長毎に分波された状態で 2 波長光信号 P 0 2 をそれぞれ受け取り、これらの光信号をステップ S 3 4 1 でコピーして 2 方路に分岐して出力する。

時間差検出部 12 e は、光カプラ 12 a、12 b から入力される 2 波長の光信号の波形ピーク位置、すなわちトリガ付与された位置の到着時間差をステップ S 3 4 2 で検出する。

[0151] 遅延演算部 12 f は、時間差検出部 12 e が検出した到着時間差に基づいて、ステップ S 3 4 3 で上り方向の伝搬遅延 D_{sm} を算出する。

遅延管理部 12 h は、遅延演算部 12 f が算出した上り方向の伝搬遅延 D_{sm} を、ステップ S 3 4 4 で受け取って保持し管理する。

[0152] 一方、同期用モジュール 10 A が 2 波長光信号 P 0 2 として受信した独自パケットは、ステップ S 3 4 1 b で光レシーバ 12 c、12 d に受信され、電気信号のパケットに変換されて選択識別部 12 g に入力される。選択識別部 12 g は、受信した 2 つのパケットの一方をステップ S 3 4 1 c で選択し、遅延管理部 12 h に与える。

[0153] 遅延管理部 12 h は、ステップ S 3 4 5 で選択識別部 12 g から入力された独自パケットから、それに含まれている伝搬遅延 D_{ms} の情報を取り出して保持する。

遅延管理部 12 h は、2 つの伝搬遅延 D_{sm} 、 D_{ms} の両方の保持が完了したか否かをステップ S 3 4 6 で識別する。そして、両方の保持が完了した場合は、次のステップ S 3 4 7 で設定遅延 D_x を決定する。すなわち、2 つの伝搬遅延 D_{sm} 、 D_{ms} の中で大きい方の値を最大遅延 D_{max} とし、それに余裕分を加算した結果を設定遅延 D_x とする。遅延量制御部 12 i は、

遅延管理部 12h が決定した設定遅延 D_x をステップ S348 で保持する。

なお、各ステップ S347、S348 で、設定遅延 D_x の代わりに、最大遅延 D_{max} をそのまま採用し、これに基づいて待ち時間量 W_{ms} 、 W_{sm} を決定してもよい。

[0154] ー<ステップ S35 の詳細>

図 12 中のステップ S35 の詳細を図 17 に示す。図 17 に示した処理について以下に説明する。

[0155] マスタ側の光伝送装置 1 又は 1A 内の同期用モジュール 10A に含まれている遅延管理部 12h、コピー部 11b、MUX・キュー部 11c、11d、トリガ付与部 11e、11f、可変波長トランスミッタ 11g、11h が、以下に説明するように図 17 の処理を行う。

[0156] 遅延管理部 12h は、ステップ S351 で通知用の独自パケットを生成すると共に、これに既に決定した設定遅延 D_x の情報を付加してコピー部 11b に与える。

コピー部 11b は、ステップ S352 で入力された設定遅延 D_x の情報を含む通知用の独自パケットをコピーして 2 つの同じパケットを作り、これらを同時に MUX・キュー部 11c、11d の入力に与える。

[0157] MUX・キュー部 11c、11d は、それぞれ入力された通知用の独自パケットをステップ S353 でバッファリングし、その出力に対して更にトリガ付与部 11e、11f がトリガ付与し、2 系統の可変波長トランスミッタ 11g、11h にそれぞれ出力する。

可変波長トランスミッタ 11g、11h は、ステップ S354 で入力された通知用の独自パケットをそれぞれ光信号に変換し、2 波長光信号 P03 として同時に出力する。

[0158] ー<ステップ S36 の詳細>

図 12 中のステップ S36 の詳細を図 18 に示す。図 18 に示した処理について以下に説明する。

[0159] スレーブ側の光伝送装置 2 又は 2A-1、2A-2 内の同期用モジュール

20Aに含まれている光カプラ12a、12b、時間差検出部12e、遅延管理部12h、遅延量制御部12i、光レシーバ12c、12d、選択識別部12gが以下に説明するように図18の処理を行う。

[0160] 光カプラ12a、12bは、波長毎に分波された状態で2波長光信号P03をそれぞれ受け取り、これらの光信号をステップS361でコピーして2方路に分岐して出力する。分岐された2組の光信号は、時間差検出部12eおよび光レシーバ12c、12dに入力される。

[0161] 光レシーバ12c、12dは、ステップS362でそれぞれ入力された光信号を受信して電気信号の packets を出力する。光レシーバ12c、12dが出力する電気信号の packets は選択識別部12gに入力される。

選択識別部12gは、ステップS363で光レシーバ12c、12dから入力された2つの packets の一方を選択する。選択された一方の packets は遅延管理部12hに入力される。

[0162] 遅延管理部12hは、ステップS364で選択識別部12gから入力された packets に含まれている設定遅延Dxの情報を取り出して保持し管理する。また、取り出した設定遅延Dxの情報を遅延量制御部12iに与える。

遅延量制御部12iは、遅延管理部12hから入力された設定遅延Dxの情報を取得して保持する。

[0163] ー<ステップS12の詳細>

図12中のステップS12の詳細を図19に示す。図19に示した処理について以下に説明する。

[0164] マスタ側の光伝送装置1又は1A内の同期用モジュール10Aに含まれている共通部98-1、コピー部11a、MUX・キュー部11c、11d、トリガ付与部11e、11f、可変波長トランスミッタ11g、11hが、以下に説明するように図19の処理を行う。

[0165] 共通部98-1は、時刻同期装置5がステップS11で送信するPTP packets が入力されると、このPTP packets をステップS121で受信し所定の共通処理を行う。すなわち、光信号／電気信号の相互変換、物理層処理

、メディアアクセス制御を実施する。これにより、電気信号のPTPパケットが共通部98-1から出力されコピー部11aに入力される。

[0166] コピー部11aは、ステップS122で共通部98-1から入力されたPTPパケットをコピーして、同じ2つのPTPパケットを作り、これらを同時にMUX・キュー部11c、11dの入力に印加する。

[0167] MUX・キュー部11c、11dは、それぞれステップS123で入力されたPTPパケットを取り込んでバッファリング処理する。更に、MUX・キュー部11c、11dの出力するPTPパケットに対してトリガ付与部11e、11fがトリガを付与する。

[0168] トリガ付与部11e、11fから2系統でそれぞれ出力されるPTPパケットは、可変波長トランスミッタ11g、11hに入力される。可変波長トランスミッタ11g、11hは、ステップS124で入力されたPTPパケットを光信号に変換する。これらの光信号は、2波長光信号P11として出力される。

[0169] ー<ステップS13の詳細>

図12中のステップS13の詳細を図20に示す。図20に示した処理について以下に説明する。

[0170] スレーブ側の光伝送装置2又は2A-1、2A-2内の同期用モジュール20Aに含まれている光カプラ12a、12b、時間差検出部12e、遅延演算部12f、遅延管理部12h、遅延量制御部12i、光レシーバ12c、12d、選択識別部12g、可変遅延部12j、12k、共通部98-1が以下に説明するように図20の処理を行う。

[0171] 光カプラ12a、12bは、波長毎に分波された状態で2波長光信号P11をそれぞれ受け取り、これらの光信号をステップS131でコピーして2方路に分岐して出力する。分岐された2組の光信号は、時間差検出部12eおよび光レシーバ12c、12dに入力される。

[0172] 光レシーバ12c、12dは、ステップS131bでそれぞれ入力された光信号を受信して電気信号のパケットを出力する。光レシーバ12c、12

dが出力する電気信号の packets は選択識別部 12 g に入力される。

[0173] 選択識別部 12 g は、ステップ S 131 c で光レシーバ 12 c、12 d から入力された 2 つの packets の一方を選択する。選択された一方の packets は可変遅延部 12 j に入力される。

[0174] 時間差検出部 12 e は、光カプラ 12 a、12 b から入力される 2 波長の光信号の波形ピーク位置、すなわちトリガ付与された位置の到着時間差をステップ S 132 で検出する。

遅延演算部 12 f は、時間差検出部 12 e が検出した到着時間差に基づいて、ステップ S 133 で下り方向の伝搬遅延 D_{ms} を算出する。遅延演算部 12 f が算出した伝搬遅延 D_{ms} の情報は遅延管理部 12 h に入力される。

[0175] 遅延管理部 12 h は、ステップ S 134 で待ち時間量 W_{ms} に相当する遅延量を次の式 (12) により算出する。遅延管理部 12 h の算出した待ち時間量 W_{ms} の情報が可変遅延部 12 j に入力される。

$$W_{ms} = D_x - D_{ms} \quad \dots (12)$$

[0176] 可変遅延部 12 j は、遅延管理部 12 h から入力された待ち時間量 W_{ms} の情報に従い、選択識別部 12 g から入力された PTP packets を、ステップ S 135 で待ち時間量 W_{ms} だけ遅延させた後で出力する。可変遅延部 12 j が出力する PTP packets は共通部 98-1 に入力される。

[0177] 共通部 98-1 は、可変遅延部 12 j から出力される PTP packets に対してステップ S 136 で所定の共通処理を施す。すなわち、MAC 処理、PHY 処理、E/O 変換を実施する。ステップ S 14 で光信号として共通部 98-1 から出力される PTP packets は、時刻同期装置 6-1、又は 6-2 に入力される。

[0178] -＜同報通信を実施する場合の処理手順＞

図 3 に示した通信システムにおいて同報通信を実施する場合の動作手順の概要を図 21 に示す。実際には、マスタノード 3 A の光伝送装置 1 A 内の同期用モジュール 10 A が図 21 中の各ステップ S 31、S 34、S 35 A、および S 12 A の処理を行う。また、スレーブノード 4 A の光伝送装置 2 A

ー 1 内の同期用モジュール 20A が図 21 中の各ステップ S32、S33、S36A、および S13A の処理を行う。スレーブノード 4B の光伝送装置 2A-2 についても同様である。

[0179] 図 21 に示した処理手順について以下に説明する。

図 21 に示した処理手順は、大きく分けて、事前準備 S30A と、同報通信サービストラヒック収容処理 S10A とで構成されている。ここで、光伝送路 7B における上り下りの非対称性の補正を可能にすると共に、光バースト信号を活用して、伝送する光信号の同じ波長を時刻同期用の信号伝送と、同報パケットの伝送とで共用できるように構成した点に大きな特徴がある。

[0180] また、図 21 において「送信側処理 A」および「受信側処理 A」は、片方向の伝搬遅延を算出するための処理である。また、「送信側処理 B2」および「受信側処理 B2」は、最も長い伝搬遅延の値を考慮した設定遅延 $D \times 2$ を算出して通知するための処理である。また、「送信側処理 C2」および「受信側処理 C2」は、同報通信パケットの待ち合わせ処理を行い各対地、すなわちノード毎の下り伝搬遅延を均一化し、通信の同時性を担保するための処理である。

[0181] 光伝送装置 1A は、ステップ S31 の「送信側処理 A」で 2 波長光信号 P01 を送信する。この 2 波長光信号 P01 は、複数波長を含む光伝送路 7B の下り回線を利用して、同時にスレーブノード 4A の光伝送装置 2A-1、およびスレーブノード 4B の光伝送装置 2A-2 にそれぞれ送られる。

[0182] スレーブ側の各光伝送装置 2A-1、2A-2 は、マスタ側から送られた 2 波長光信号 P01 をステップ S32 の「受信側処理 A」でそれぞれ受信処理する。

スレーブ側の各光伝送装置 2A-1、2A-2 は、それぞれ、ステップ S32 の処理結果に基づき、次のステップ S33 の「送信側処理 A」で 2 波長光信号 P02 を送信する。この 2 波長光信号 P02 は、複数波長を含む光伝送路 7B の上り回線を利用して、同時にマスタノード 3A の光伝送装置 1A に送られる。

[0183] また、光伝送装置 2 A - 1 が送信する 2 波長光信号 P O 2 と、光伝送装置 2 A - 2 が送信する 2 波長光信号 P O 2 とは、互いに衝突しないようにバースト信号として互いにタイミングをずらして送信される。また、光伝送装置 2 A - 1 が送信する 2 波長光信号 P O 2 は、光伝送装置 2 A - 1 が検出した伝搬遅延 D m s を含み、光伝送装置 2 A - 2 が送信する 2 波長光信号 P O 2 は光伝送装置 2 A - 2 が検出した伝搬遅延 D m s を含む。

[0184] マスタ側の光伝送装置 1 A は、ステップ S 3 4 の「受信側処理 A」で、スレーブ側の各光伝送装置 2 A - 1、2 A - 2 が送信する 2 波長光信号 P O 2 をそれぞれ受信して処理する。

マスタ側の光伝送装置 1 A は、ステップ S 3 5 A の「送信側処理 B 2」で、2 波長光信号 P O 3 A を送信する。この 2 波長光信号 P O 3 A は、マスタ側の光伝送装置 1 A が決定した設定遅延 D x 2 の情報をスレーブ側に通知するために利用される。

[0185] スレーブ側の各光伝送装置 2 A - 1、2 A - 2 は、マスタ側から送られた 2 波長光信号 P O 3 A をステップ S 3 6 A の「受信側処理 B 2」でそれぞれ受信処理する。各光伝送装置 2 A - 1、2 A - 2 は、ステップ S 3 6 A で取得する設定遅延 D x 2 の情報と、伝搬遅延 D m s とに基づいて、図 2 に示す下り方向の待ち時間量 W m s を同報通信パケットの特性に合わせて適切に調整されるように決定できる。

[0186] 同報通信を開始すると、マスタ側の同報通信用サービス機器 8 A が、ステップ S 1 1 A で同報パケットを光信号として送信する。この光信号が、光伝送装置 1 A の同期用モジュール 1 0 A に入力される。

[0187] 光伝送装置 1 A は、同報通信用サービス機器 8 A から送信された同報パケットに対して、ステップ S 1 2 A で「送信側処理 C 2」を実行する。これにより、同報パケットを含む 2 波長光信号 P 1 1 A が、各スレーブノード 4 A、4 B に送信される。

[0188] スレーブノード 4 A の光伝送装置 2 A - 1 は、ステップ S 1 3 A で入力された同報パケットを含む 2 波長光信号 P 1 1 A に対して「受信側処理 C 2」

を実行する。これにより、光伝送装置 2 A - 1 からステップ S 1 5 で同報パケットが送出され、同報通信用サービス機器 8 B - 1 に入力される。

[0189] 同様に、スレーブノード 4 B の光伝送装置 2 A - 2 は、ステップ S 1 3 A で入力された同報パケットを含む 2 波長光信号 P 1 1 A に対して「受信側処理 C 2」を実行する。これにより、光伝送装置 2 A - 2 からステップ S 1 6 で同報パケットが送出され、同報通信用サービス機器 8 B - 2 に入力される。

[0190] <時刻伝送装置および伝送方法の特徴的な構成>

例えば図 3 に示した通信システムにおいて、各ノードの光伝送装置 1 A、2 A - 1、2 A - 2、2 A - 3 は、同期用モジュール 1 0 A 又は 2 0 A を搭載している。マスタ側の同期用モジュール 1 0 A は、例えば図 1 2 のステップ S 3 1 における「送信側処理 A」で遅延計測のための 2 波長光信号 P 0 1 を送出する。このステップ S 3 1 が「遅延計測信号生成部」に相当する。

[0191] また、同期用モジュール 1 0 A 内の遅延管理部 1 2 h は、伝送路を介して受信した他ノードからの遅延計測信号における複数波長間の到着時間差 Δt_{12} 、 Δt_{21} に基づいて算出した伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} を反映した設定遅延 D_x を決定し、設定遅延 D_x および伝搬遅延 D_{ms} 、 D_{sm} に基づいて待ち時間量 W_{ms} 、 W_{sm} を決定する。

[0192] また、同期用モジュール 1 0 A は例えば図 1 2 のステップ S 3 5 の「送信側処理 B」で、決定した設定遅延 D_x を 2 波長光信号 P 0 3 を用いて他のノードへ通知する。このステップ S 3 5 が「遅延値通知部」に相当する。

[0193] また、各同期用モジュール 1 0 A、2 0 A 内の可変遅延部 1 2 j は、伝送路を介して受信した他ノードからの信号を、待ち時間量 W_{ms} 、 W_{sm} だけ遅延して出力する。

また、同期用モジュール 1 0 A 内の MUX・キュー部 1 1 c、1 1 d は、「間欠信号生成部」である。すなわち、共通部 9 8 - 1 から時刻情報として入力される PTP パケットと、遅延計測信号としてコピー部 1 1 b から入力される独自パケットと、スイッチ部 1 3 から入力される同報通信用のパケッ

トとの何れかを選択し、多重化した光間欠信号を、複数の波長の1つ以上を用いて生成する。

また、同期用モジュール20A内の選択識別部12g、すなわち「信号識別部」は、受信信号に含まれる前記光間欠信号の中から、多重化された所望の信号を抽出する機能を有している。

符号の説明

- [0194] 1, 2 光伝送装置
- 3, 3A マスタノード
- 4, 4A, 4B, 4C スレーブノード
- 5, 6, 6-1, 6-2, 6-3 時刻同期装置
- 7A, 7B 光伝送路
- 7Ams 下り伝送路
- 7Asm 上り伝送路
- 7Ba, 7Bb 伝送路接続端
- 8A, 8B-1, 8B-2, 8B-3 同報通信用サービス機器
- 10, 10A, 20, 20A, 20A-1, 20A-2 同期用モジュール
- 10Aa, 20Aa 送信処理部
- 10Ab, 20Ab 受信処理部
- 11a, 11b コピー部
- 11c, 11d MUX・キュー部
- 11e, 11f トリガ付与部
- 11g, 11h 可変波長トランスミッタ
- 12a, 12b 光カプラ
- 12c, 12d 光レシーバ
- 12e 時間差検出部
- 12f 遅延演算部
- 12g 選択識別部

1 2 h 遅延管理部
1 2 i 遅延量制御部
1 2 j , 1 2 k 可変遅延部
1 3 スイッチ部
1 4 クロックタイマ
1 5 環境情報管理部
1 6 デマルチプレクサ
9 1 , 9 1 A , 9 1 B トランスポンダ
9 2 , 9 2 A , 9 2 B マルチプレクサ
9 3 , 9 3 A , 9 3 B デマルチプレクサ
9 4 , 9 4 A 光クロスコネクタ
9 5 , 9 5 A , 9 5 B , 9 6 , 9 6 A , 9 6 B 光増幅器
9 7 , 9 7 A , 9 7 B 光監視部
9 8 , 9 8 - 1 , 9 8 - 2 , 9 8 - 3 共通部
D m s , D s m 伝搬遅延
D x 設定遅延
P 1 A , P 1 B , P 3 A , P 3 B 送出端光信号
P 2 A , P 2 B , P 4 A , P 4 B 受信端光信号
P 0 1 , P 0 2 , P 0 3 , P 1 1 , P 2 2 2 波長光信号

請求の範囲

[請求項1] 下り及び上りの双方向に光通信が可能な伝送路上の何れかのノード位置に接続される光伝送部と、複数ノード間の時刻ずれを補正するための時刻情報を複数ノード間で伝送する時刻同期部とを有する時刻伝送装置であって、

遅延計測信号として、互いに異なる波長の複数の信号を前記伝送路に同時に送出する遅延計測信号生成部と、

前記伝送路を介して受信した他ノードからの前記遅延計測信号における複数波長間の到着時間差に基づいて算出した伝搬遅延を反映した遅延値を決定し、前記遅延値および前記伝搬遅延に基づいて待ち時間量を決定する遅延管理部と、

前記遅延値を他ノードへ通知する遅延値通知部と、

前記伝送路を介して受信した他ノードからの信号を、前記待ち時間量だけ遅延して出力する可変遅延部と、

少なくとも前記時刻情報、前記遅延計測信号、および、所望の通信情報のうち何れかを周期的に選択して多重化した光間欠信号を、複数の波長の1つ以上を用いて生成する間欠信号生成部と、

受信信号に含まれる前記光間欠信号の中から、多重化された所望の信号を抽出する信号識別部と、

を備える時刻伝送装置。

[請求項2] 請求項1に記載の時刻伝送装置において、

前記間欠信号生成部は、送信する信号毎の優先度の違いを反映して、入力される複数種類の信号をバッファリングし多重化する、時刻伝送装置。

[請求項3] 請求項1に記載の時刻伝送装置において、

複数の他ノードのそれぞれを宛先とする同報通信情報を生成する同報通信機器との接続を許容する同報通信信号処理部を更に備え、

前記遅延管理部は、複数の他ノードのそれぞれについて、互いに独

立した状態で前記伝搬遅延および前記遅延値を管理する、
時刻伝送装置。

[請求項4]

請求項1に記載の時刻伝送装置において、
それぞれが前記遅延計測信号生成部、前記遅延管理部、および前記可変遅延部を含む複数の独立した同期用モジュールが、複数ノードのそれぞれに接続され、
マスタノードに第1の同期用モジュールが接続され、
複数のスレーブノードのそれぞれに第2の同期用モジュールが接続され、
前記第1の同期用モジュールが、各スレーブノードにおける前記第2の同期用モジュールの前記伝搬遅延および前記遅延値を管理する、
時刻伝送装置。

[請求項5]

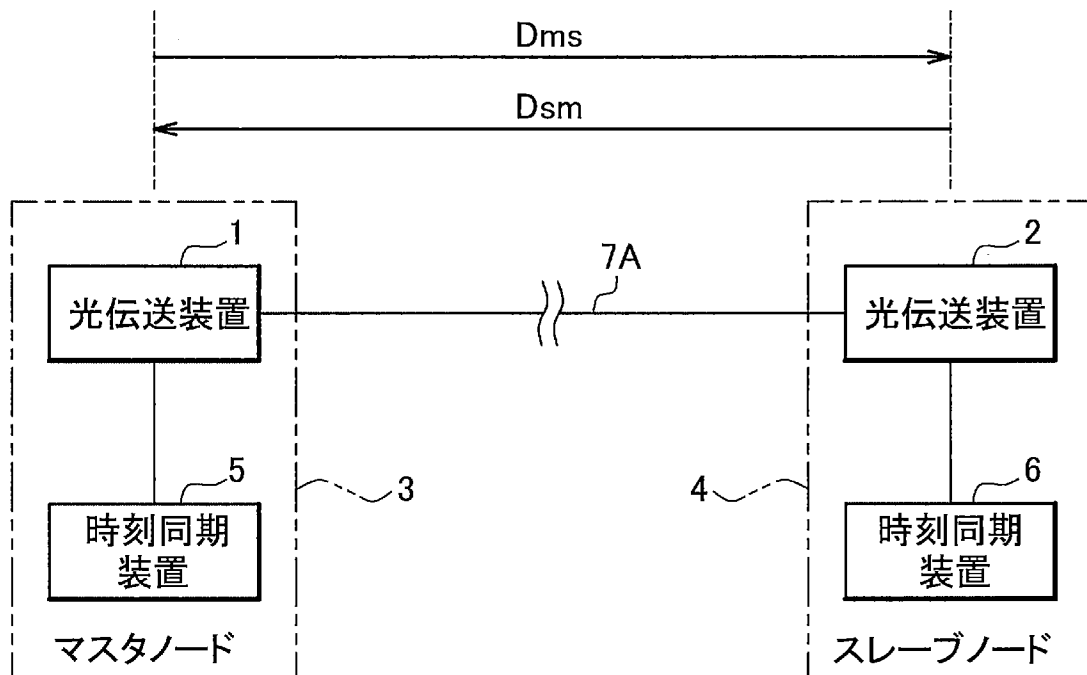
請求項4に記載の時刻伝送装置において、
前記第1の同期用モジュールと、複数の前記第2の同期用モジュールとが、リング状に形成された前記伝送路を介して互いに接続される、
時刻伝送装置。

[請求項6]

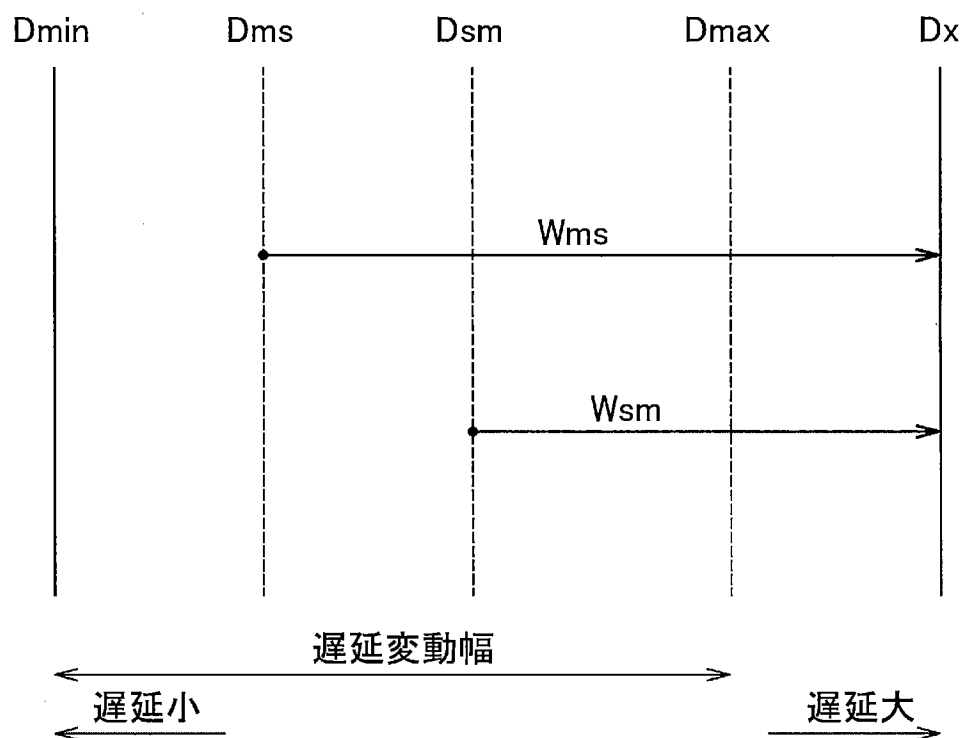
請求項4に記載の時刻伝送装置において、
前記第1の同期用モジュールは、前記マスタノードから前記各スレーブノードに向かう方向の信号に対する前記伝搬遅延の情報を、前記各第2の同期用モジュールから収集し、
前記第1の同期用モジュールは、前記各スレーブノードから前記マスタノードに向かう方向の信号に対する前記伝搬遅延の情報を、それぞれでスレーブノード毎に算出し、
前記第1の同期用モジュールは、送信する信号の種類毎に、前記伝搬遅延に基づいて算出した待ち時間量に関する情報を前記各第2の同期用モジュールに通知する、
時刻伝送装置。

- [請求項7] 請求項6に記載の時刻伝送装置において、
- 前記第2の同期用モジュールは、前記第1の同期用モジュールから通知された前記待ち時間量に関する情報に基づいて、前記可変遅延部における遅延時間を、受信する信号の種類毎に決定する、
- 時刻伝送装置。
- [請求項8] 下り及び上りの双方向に光通信が可能な伝送路上の何れかのノード位置に接続される複数の光伝送装置の間で、複数ノード間の時刻ずれを補正するための時刻情報を伝送するための伝送方法であって、
- 各ノード位置の光伝送装置が、互いに異なる波長の複数の信号を、遅延計測信号として前記伝送路に同時に送出する手順と、
- 少なくとも1つのノードに接続された光伝送装置が、前記伝送路を介して受信した他ノードからの前記遅延計測信号における複数波長間の到着時間差に基づいて算出した伝搬遅延を反映した遅延値を決定し、前記遅延値および前記伝搬遅延に基づいて待ち時間量を決定する手順と、
- 前記光伝送装置が前記遅延値を他ノードへ通知する手順と、
- 前記伝送路を介して受信した他ノードからの信号を、前記各光伝送装置が前記待ち時間量だけ遅延して出力する手順と、
- 少なくとも1つのノードに接続された光伝送装置が、少なくとも前記時刻情報、前記遅延計測信号、および、所望の通信情報のうち何れかを周期的に選択して多重化した間欠信号を、複数の波長の1つ以上を用いて生成する手順と、
- 受信信号に含まれる前記間欠信号の中から、多重化された所望の信号を抽出する手順と、
- を有する伝送方法。

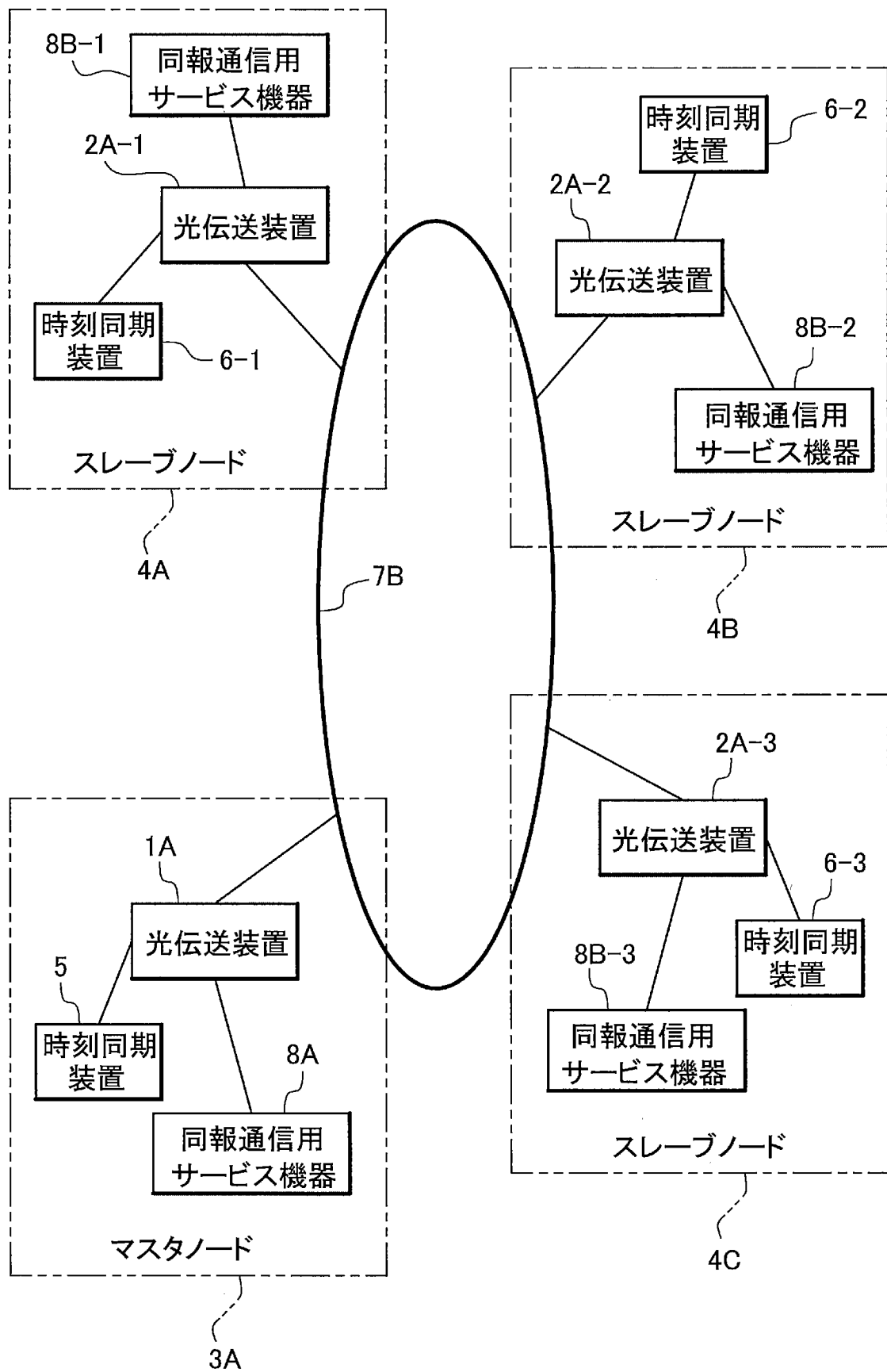
[図1]



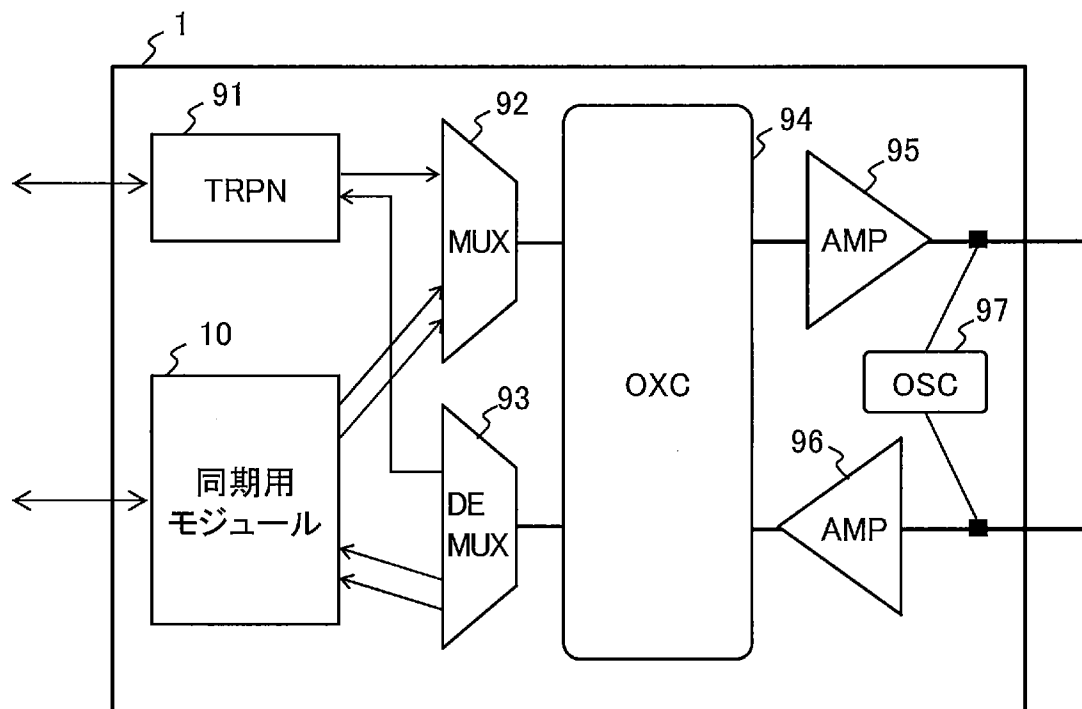
[図2]



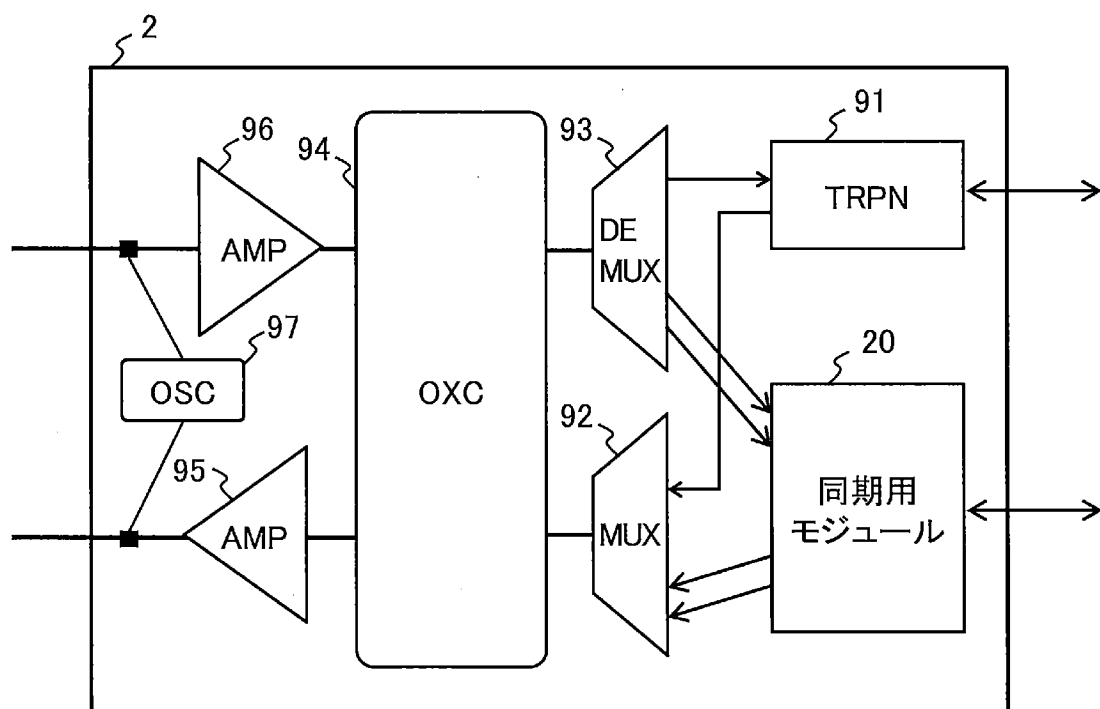
[図3]



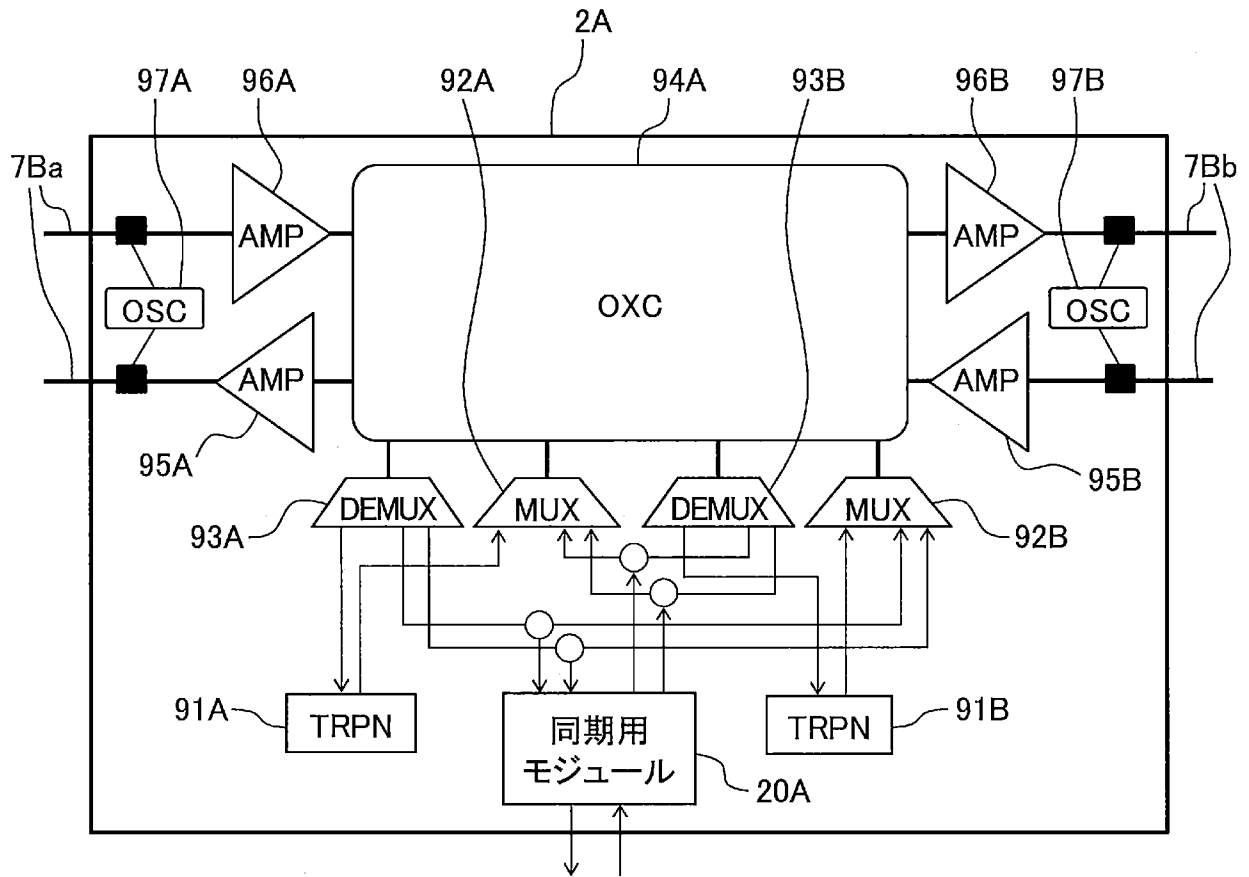
[図4]



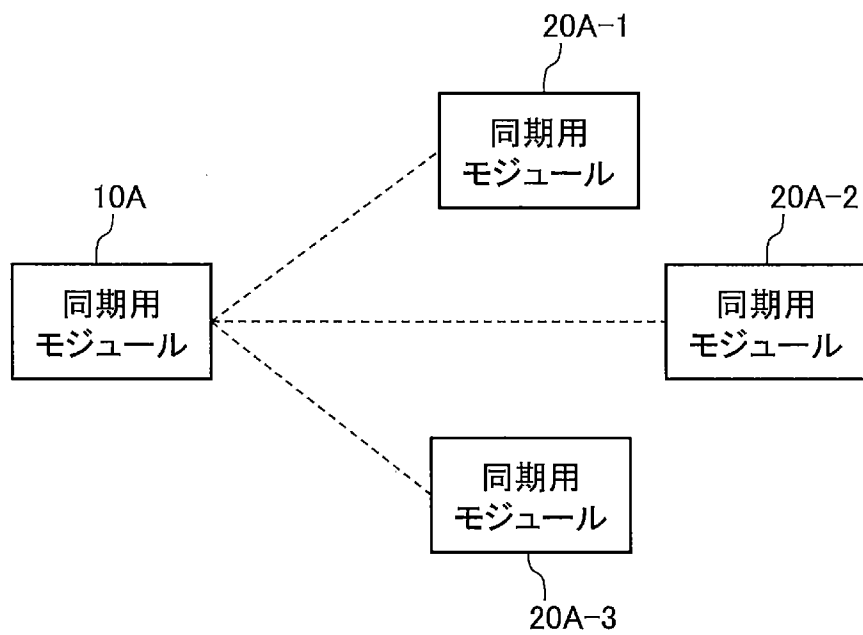
[図5]



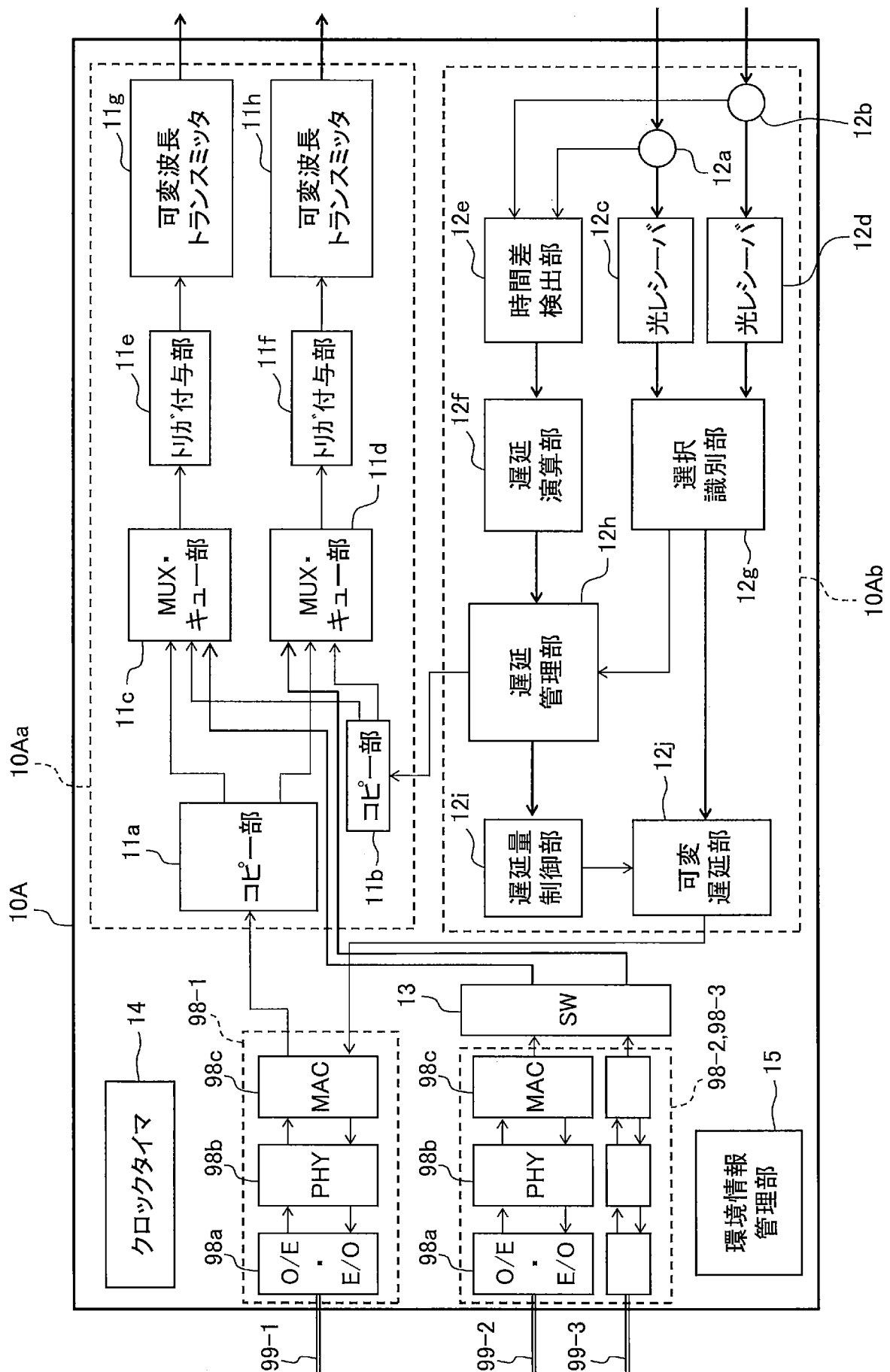
[図6]



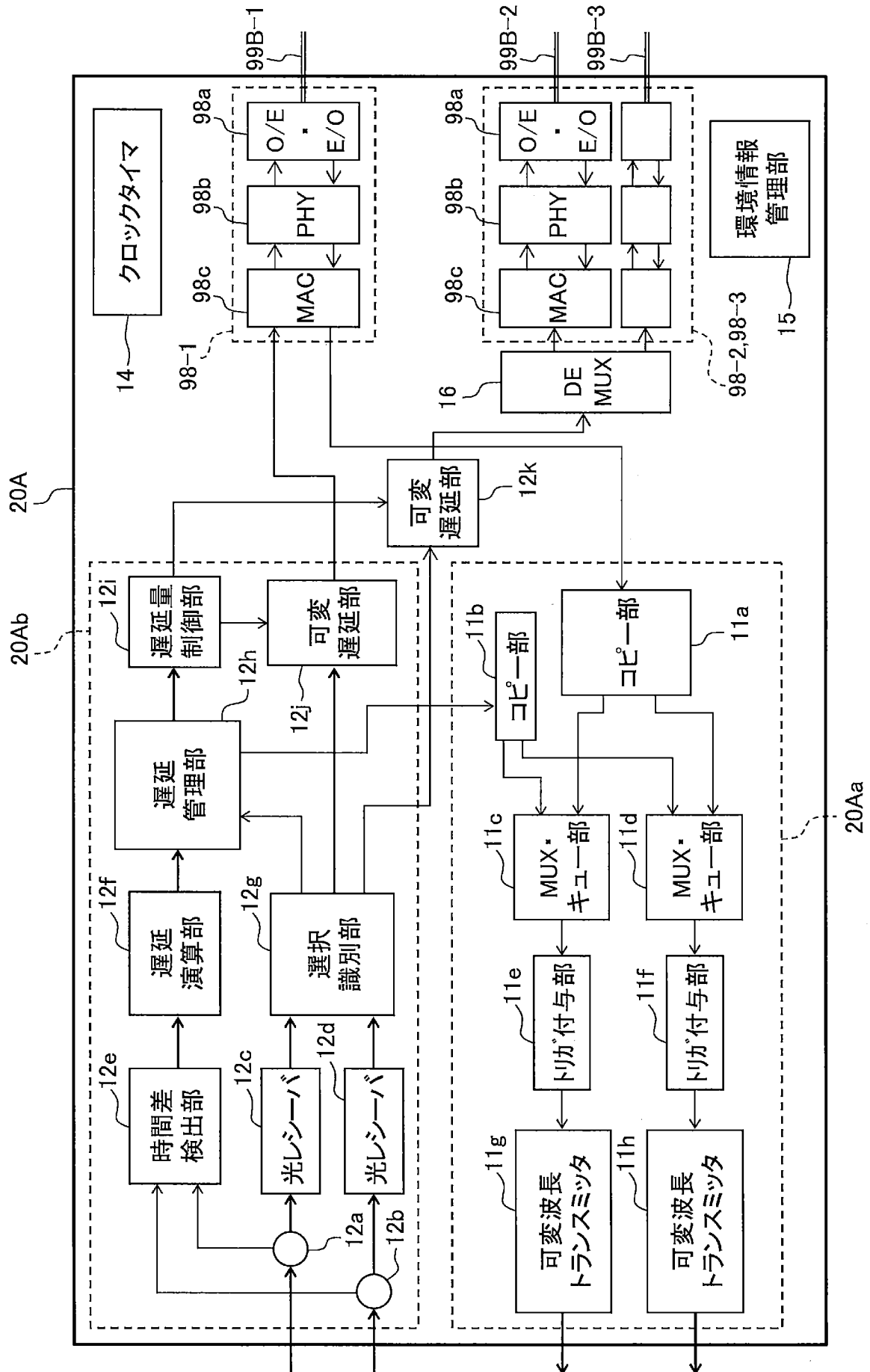
[図7]



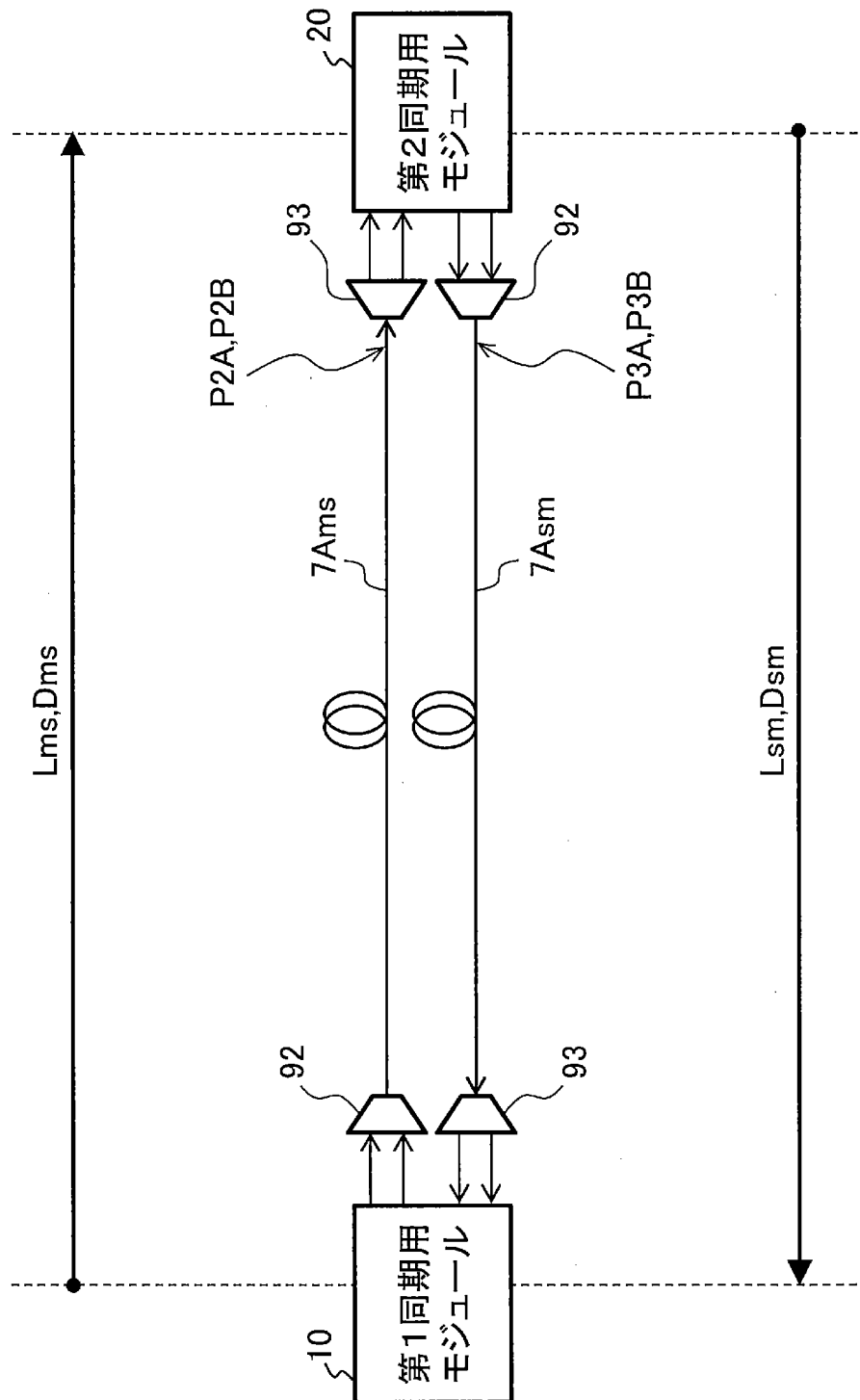
[図8]



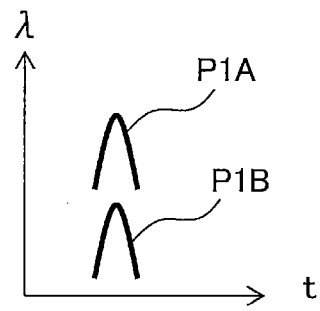
[図9]



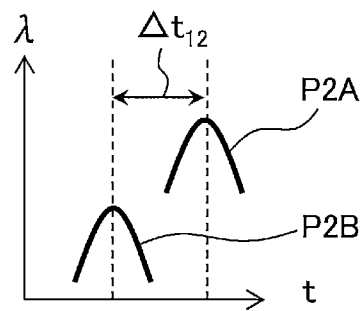
[図10]



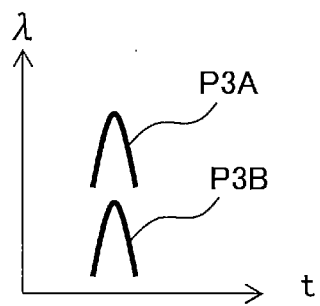
[図11A]



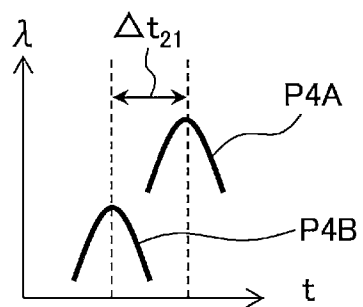
[図11B]



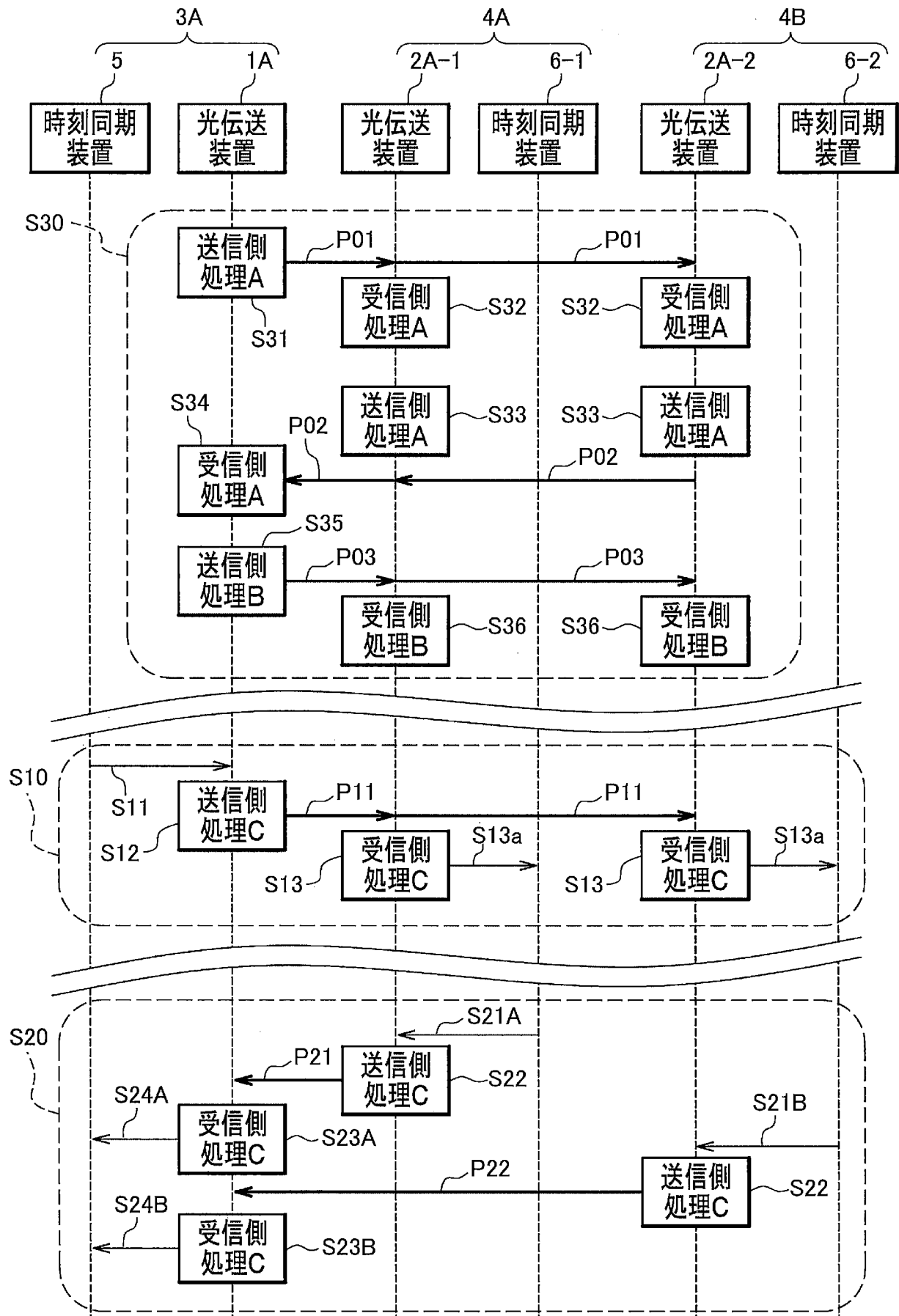
[図11C]



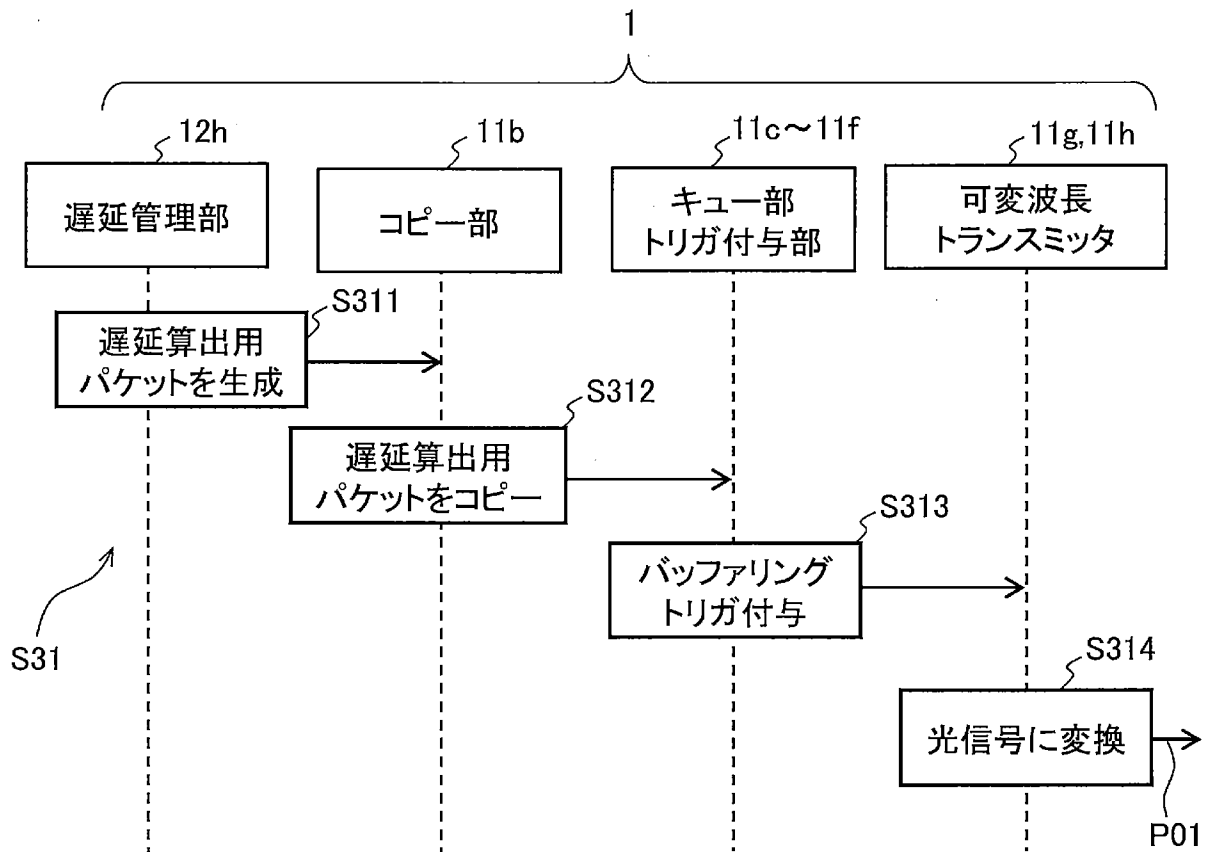
[図11D]



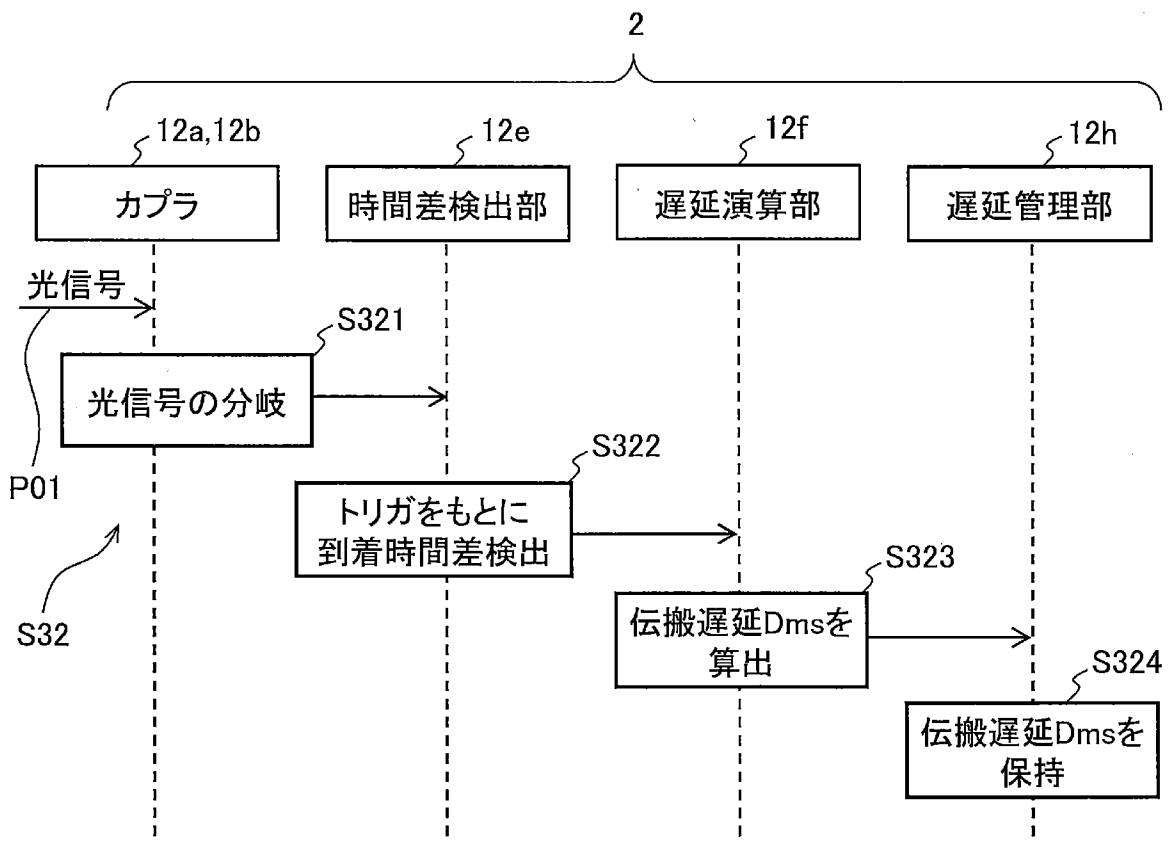
[図12]



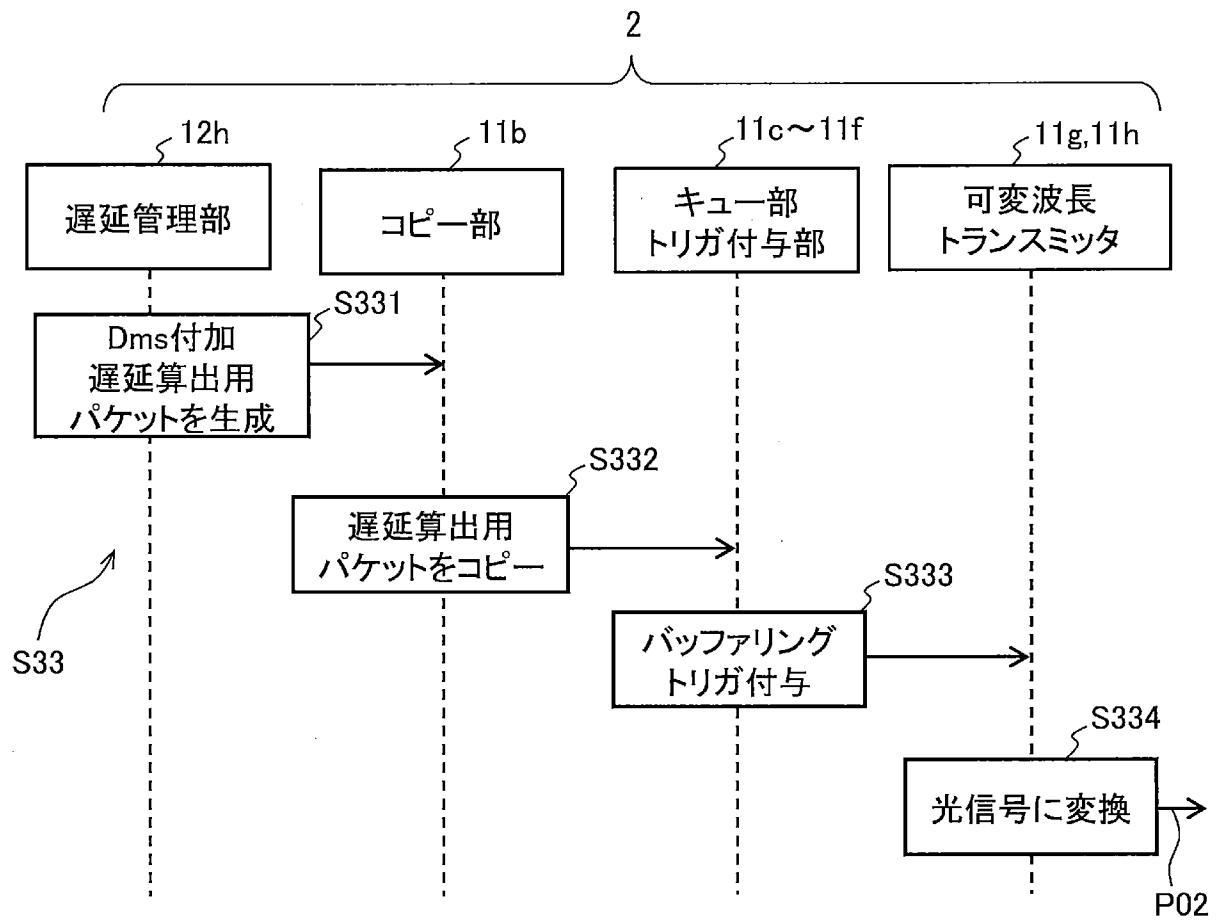
[図13]



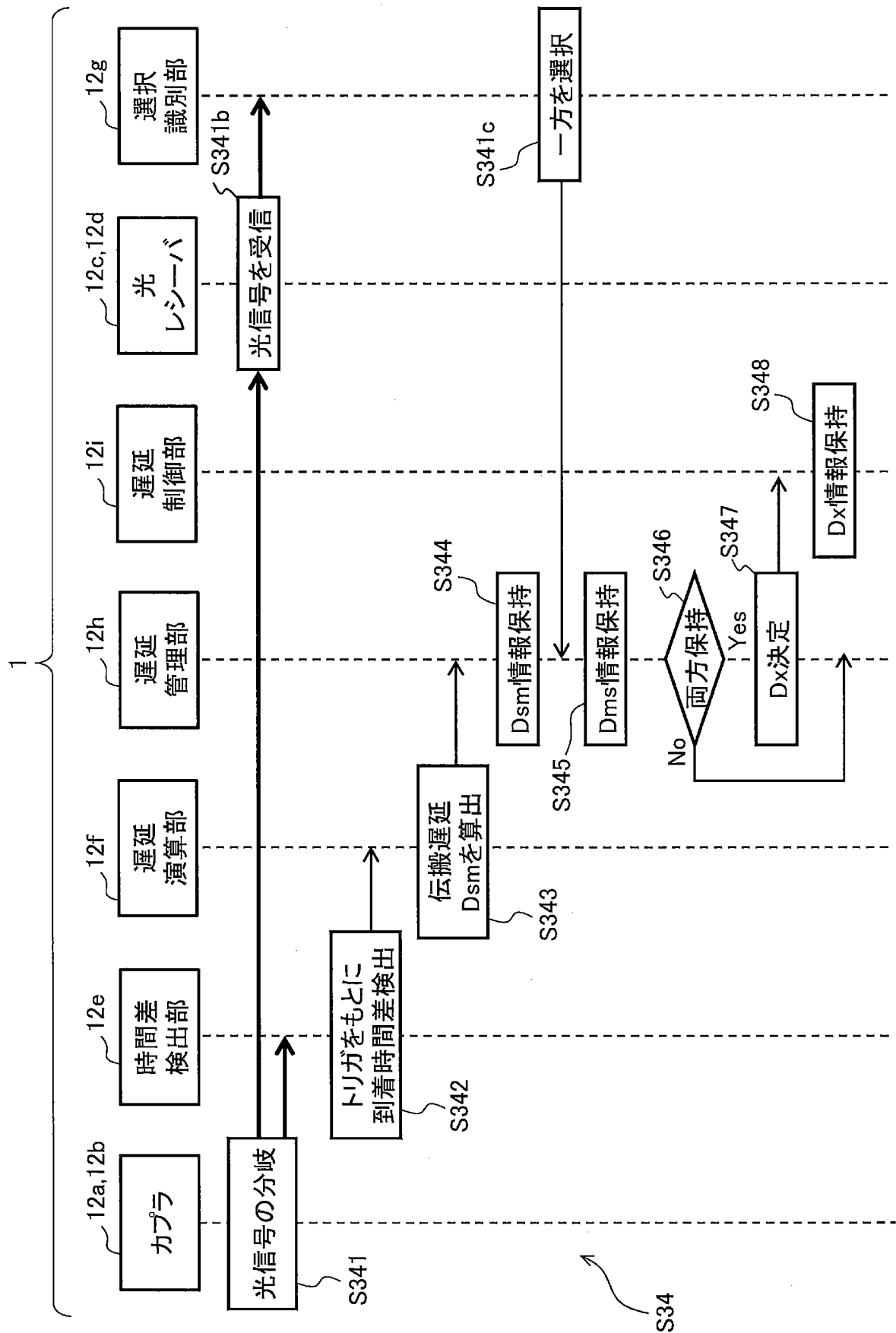
[図14]



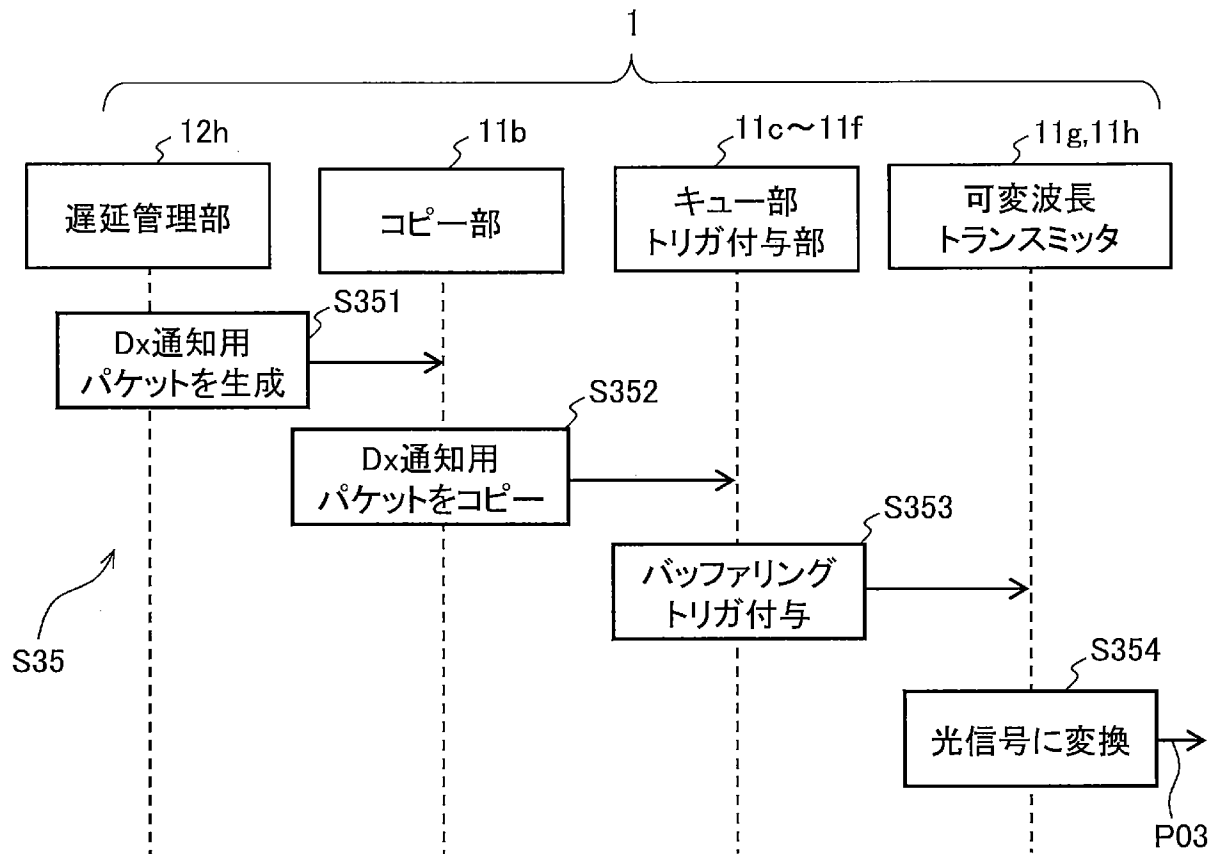
[図15]



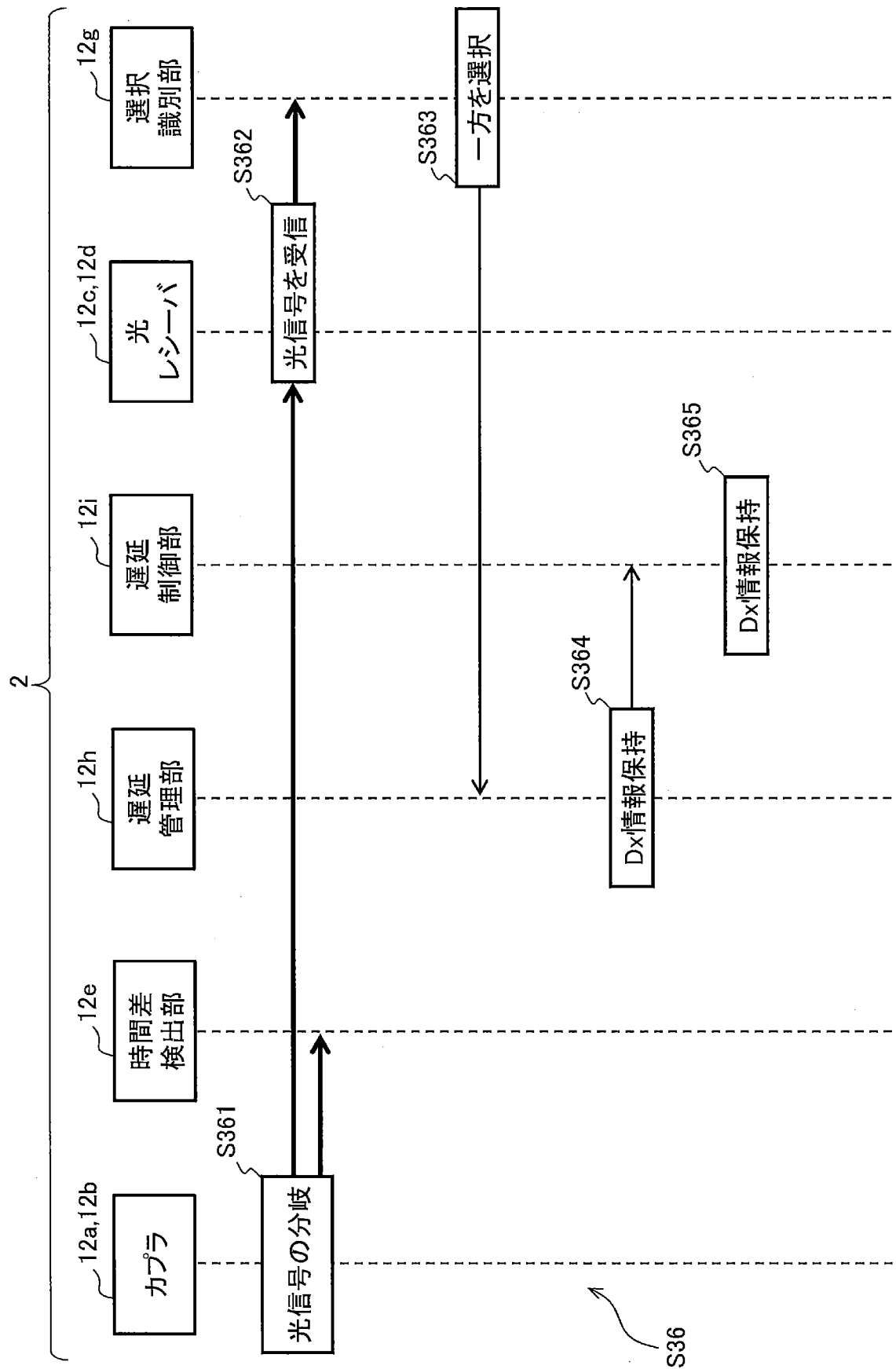
[図16]



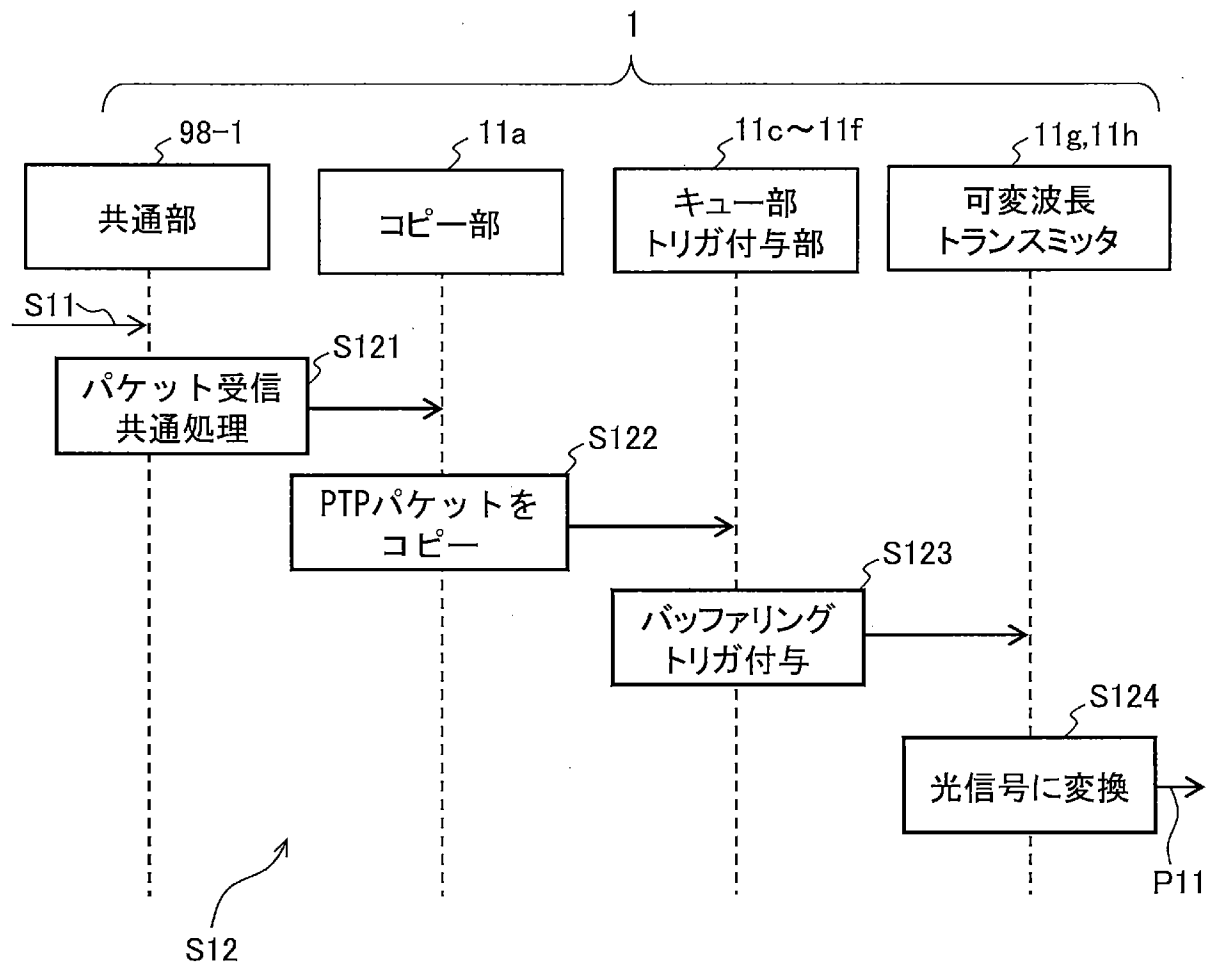
[図17]



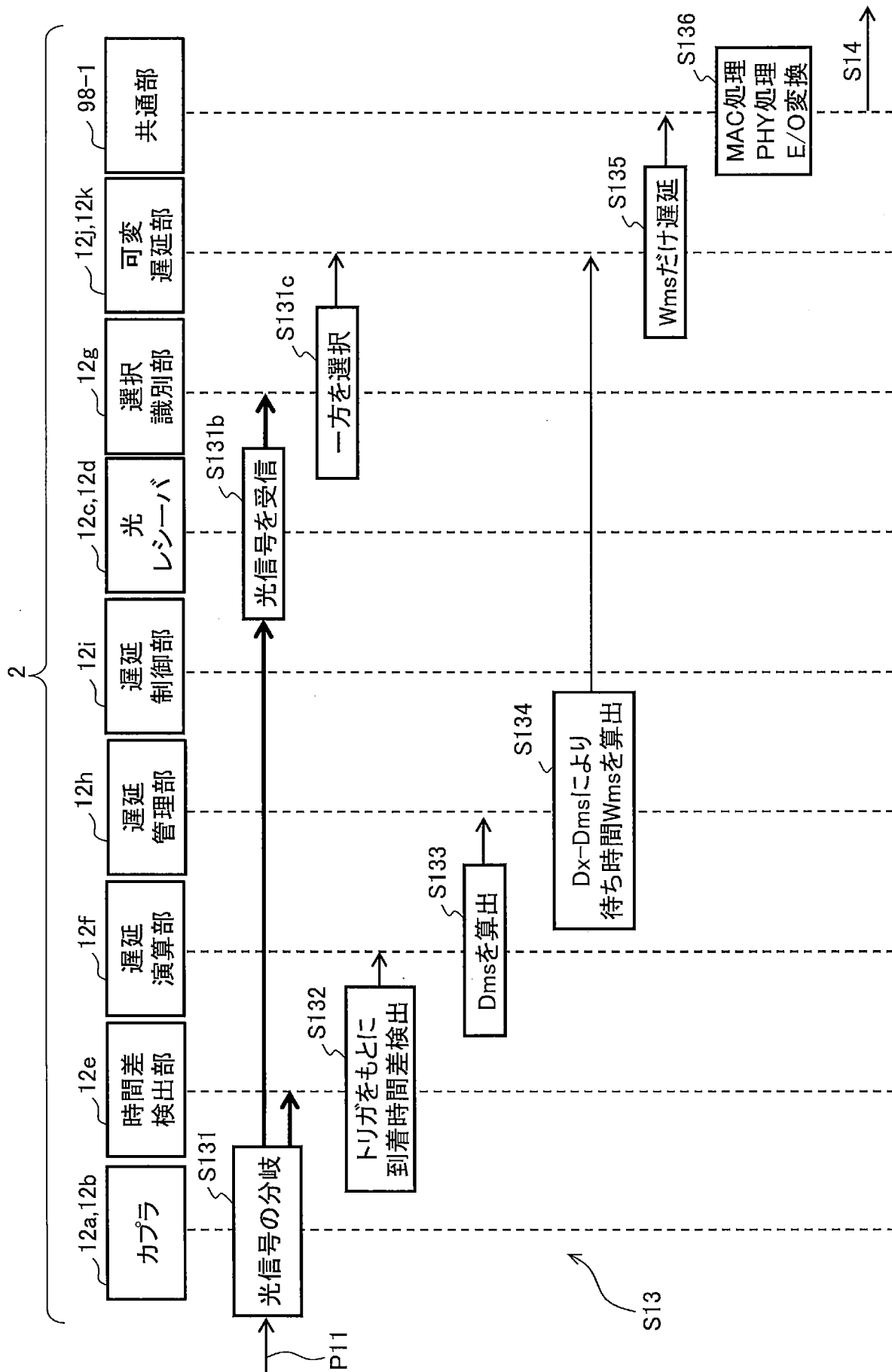
[図18]



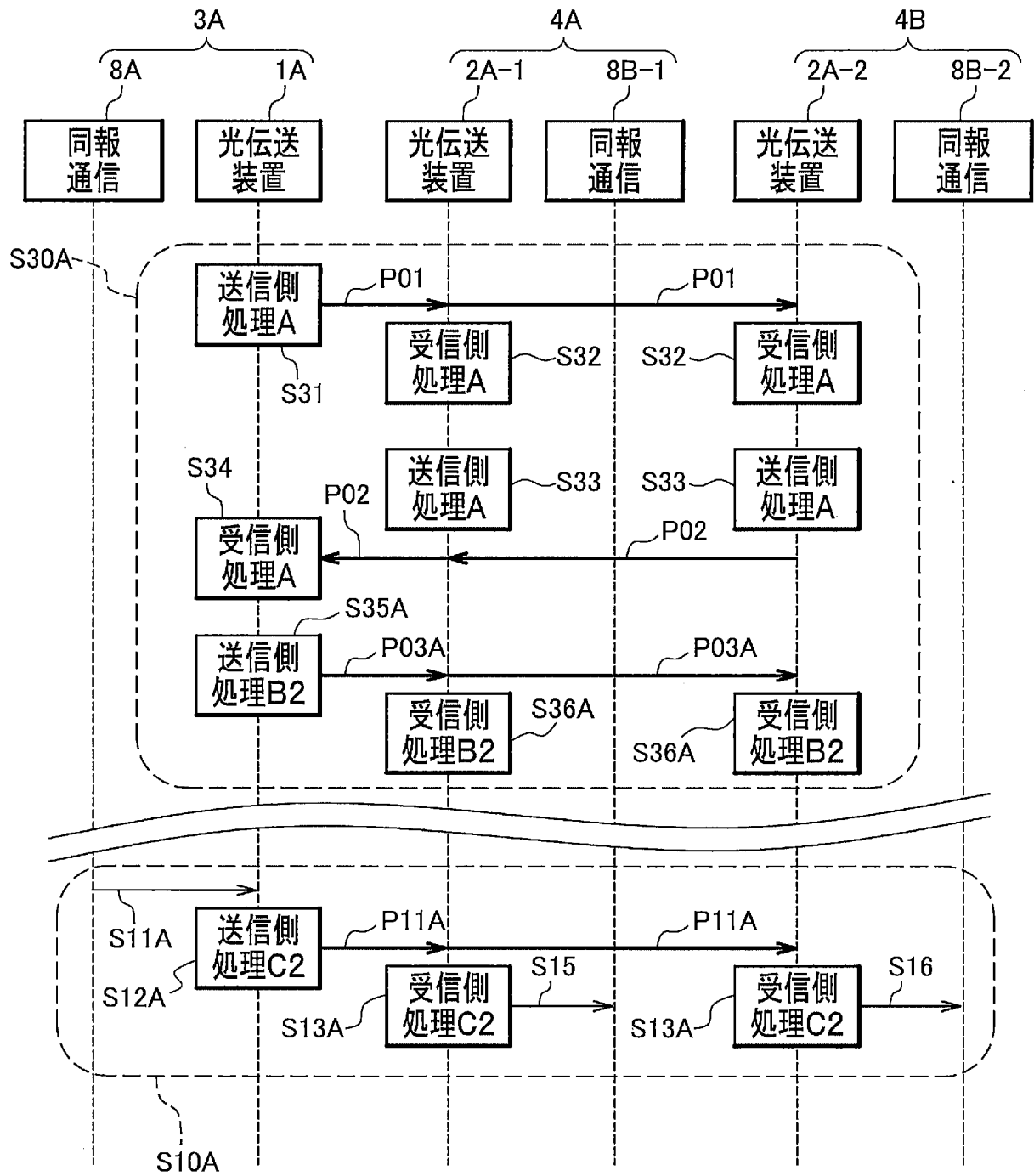
[図19]



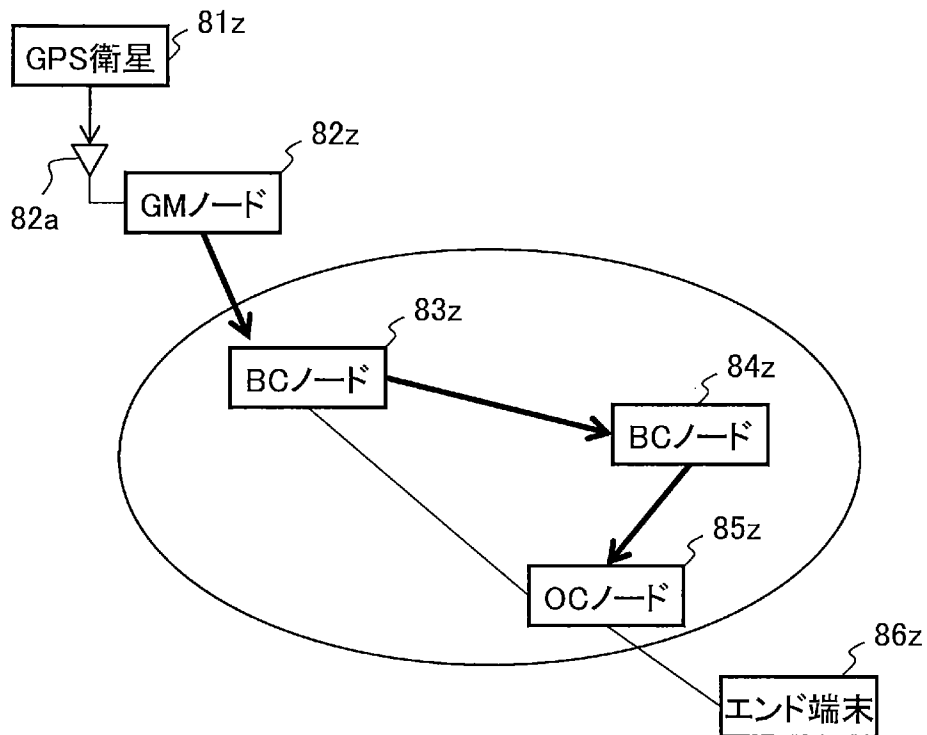
[図20]



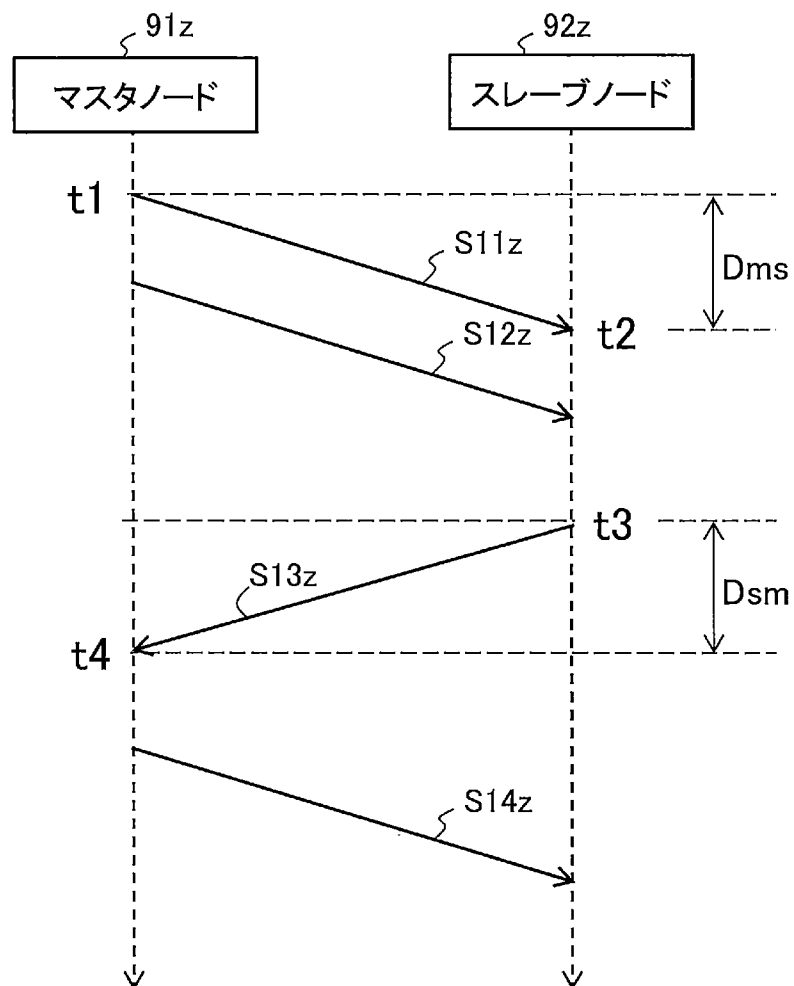
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/005637

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H04L7/00 (2006.01) i, G04G5/00 (2013.01) i, H04B10/077 (2013.01) i, H04B10/27 (2013.01) i

FI: H04L7/00 990, H04B10/27, H04B10/077, 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)

Int. Cl. H04L7/00, G04G5/00, H04B10/077, 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 1971-2020

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 A	US 2015/0104167 A1 (BOTTARO, Giulio et al.) 16 April 2015, paragraphs [0007], [0044], [0047]-[0104], [0109], fig. 1, 4-6, 8, 9, 11-14	1-5, 5 6, 7
Y	JP 2015-65525 A (HITACHI, LTD.) 09 April 2015, paragraphs [0003], [0012]-[0017], [0020]-[0028], fig. 2, 3	1-5, 8
Y	JP 2014-216669 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 17 November 2014, abstract, paragraphs [0005]-[0009], [0026], [0042]-[0052], [0062]-[0067], fig. 4, 5	1-5, 8



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
13.03.2020

Date of mailing of the international search report
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

International application No.

PCT/JP2020/005637

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2018-98557 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 21 June 2018, abstract, paragraphs [0001]-[0008], fig. 1-3	1-5, 5
Y	JP 2016-143901 A (KDDI CORP.) 08 August 2016, paragraphs [0035]-[0042], fig. 4	1-5, 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/005637

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
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 paragraphs [0007], [0057]-[0081], [0085]- [0111], fig. 2, 3	
JP 2014-216669 A	17.11.2014	(Family: none)	
JP 2018-98557 A	21.06.2018	(Family: none)	
JP 2016-143901 A	08.08.2016	(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; H04B 10/077(2013.01)i; H04B 10/27(2013.01)i FI: H04L7/00 990; H04B10/27; H04B10/077; 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; H04B10/077; 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 <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7, 44, 47-104, 109、図1, 4-6, 8, 9, 11-14	1-5, 8												
A		6, 7												
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, 20-28、図2, 3	1-5, 8												
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	1-5, 8												
Y	JP 2018-98557 A (日本電信電話株式会社) 21.06.2018 (2018-06-21) 要約、段落1-8、図1-3	1-5, 8												
Y	JP 2016-143901 A (KDDI株式会社) 08.08.2016 (2016-08-08) 段落35-42、図4	1-5, 8												
☐ 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/JP2020/005637

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, 85-111、図2, 3			
JP	2014-216669	A	17.11.2014	(ファミリーなし)			
JP	2018-98557	A	21.06.2018	(ファミリーなし)			
JP	2016-143901	A	08.08.2016	(ファミリーなし)			