

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6533449号
(P6533449)

(45) 発行日 令和1年6月19日(2019.6.19)

(24) 登録日 令和1年5月31日(2019.5.31)

(51) Int.Cl.		F I	
HO4B	10/03	(2013.01)	HO4B 10/03
HO4B	10/275	(2013.01)	HO4B 10/275
HO4L	12/43	(2006.01)	HO4L 12/43
HO4L	12/44	(2006.01)	HO4L 12/44 200

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2015-205082 (P2015-205082)	(73) 特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(22) 出願日	平成27年10月16日(2015.10.16)	(74) 代理人	110001807 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(65) 公開番号	特開2017-76944 (P2017-76944A)	(72) 発明者	中川 雅弘 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内
(43) 公開日	平成29年4月20日(2017.4.20)	(72) 発明者	服部 恭太 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内
審査請求日	平成29年12月19日(2017.12.19)	(72) 発明者	松田 俊哉 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送システム、光伝送方法、被制御ノード、および、光伝送プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

制御主体となる代表ノードと、前記代表ノードに制御される複数の被制御ノードとが、複数本の光伝送路でリング状に接続されるPON (Passive Optical Network) 上で伝送される信号の通信制御を行う光伝送システムであって、

前記被制御ノードは、前記光伝送路ごとに同じデータ信号を送信または受信する場合に、各前記光伝送路に流れるデータ信号の波長を互いに異なる波長として切り替えるONU (Optical Subscriber Unit) を有し、

前記代表ノードは、前記代表ノードからの前記光伝送路上の距離が長い前記被制御ノードであるほど、その被制御ノードあてのデータ信号の送信順序を早くするように、データ信号のリオーダリング処理を行うことを特徴とする

光伝送システム。

【請求項2】

制御主体となる代表ノードと、前記代表ノードに制御される複数の被制御ノードとが、複数本の光伝送路でリング状に接続されるPON (Passive Optical Network) 上で伝送される信号の通信制御を行う光伝送システムであって、

前記被制御ノードは、前記光伝送路ごとに同じデータ信号を送信または受信場合に、各前記光伝送路に流れるデータ信号の波長を互いに異なる波長として切り替えるONU (Optical Subscriber Unit) を有し、

前記代表ノードは、前記被制御ノードの前記ONUがデータ信号を受信するときの波長

を切り替える動作を行っている期間において、データ内容が破棄されるアイドル信号を前記被制御ノードに送信することを特徴とする

光伝送システム。

【請求項 3】

前記被制御ノードの前記 ONU は、自装置のデータ信号を送受信するときの波長を切り替える動作を、他装置の前記 ONU の波長を切り替える動作とは独立して実行することを特徴とする

請求項 1 または請求項 2 に記載の光伝送システム。

【請求項 4】

制御主体となる代表ノードと、前記代表ノードに制御される複数の被制御ノードとが、
少なくとも 2 本の光伝送路でリング状に接続される PON (Passive Optical Network) 上で伝送される信号の通信制御を行う光伝送システムであって、

前記被制御ノードは、

固定の波長でデータ信号を送信し、所定の波長でデータ信号を受信する ONU (Optical Subscriber Unit) と、

前記 ONU から出力された複数の同じデータ信号を別々の前記光伝送路へと送信するときに、少なくとも 1 つのデータ信号に対して波長変換を行うことで、各前記光伝送路へと送信するデータ信号の波長を互いに異なるものとする波長変換器と、

他ノードから受信したデータ信号を前記 ONU に入力するときに、複数の前記所定の波長からいずれか 1 つの波長に切り替えて通過させるバンドパスフィルタと、を有すること

光伝送システム。

【請求項 5】

制御主体となる代表ノードと、前記代表ノードに制御される複数の被制御ノードとが、複数本の光伝送路でリング状に接続される PON (Passive Optical Network) 上で伝送される信号の通信制御を行う光伝送システムが実行する光伝送方法であって、

前記被制御ノードの ONU (Optical Subscriber Unit) は、前記光伝送路ごとと同じデータ信号を送信または受信する場合に、各前記光伝送路に流れるデータ信号の波長を互いに異なる波長として切り替え、

前記代表ノードは、前記代表ノードからの前記光伝送路上の距離が長い前記被制御ノードであるほど、その被制御ノードあてのデータ信号の送信順序を早くするように、データ信号のリオーダーリング処理を行うことを特徴とする

光伝送方法。

【請求項 6】

制御主体となる代表ノードと、前記代表ノードに制御される複数の被制御ノードとが、複数本の光伝送路でリング状に接続される PON (Passive Optical Network) 上で伝送される信号の通信制御を行う光伝送システムに用いられる被制御ノードであって、

前記被制御ノードは、前記光伝送路ごとと同じデータ信号を送信または受信する場合に、各前記光伝送路に流れるデータ信号の波長を互いに異なる波長として切り替え、前記代表ノードからのリオーダーリング指示のタイミングでデータ信号を送受信する ONU (Optical Subscriber Unit) を有し、

前記リオーダーリング指示は、前記代表ノードからの前記光伝送路上の距離が長い前記被制御ノードであるほど、その被制御ノードあてのデータ信号の送信順序を早くする指示であることを特徴とする

被制御ノード。

【請求項 7】

制御主体となる代表ノードと、前記代表ノードに制御される複数の被制御ノードとが、複数本の光伝送路でリング状に接続される PON (Passive Optical Network) 上で伝送される信号の通信制御を行う光伝送システムで実行される光伝送プログラムであって、

前記被制御ノードの ONU (Optical Subscriber Unit) に、前記光伝送路ごとと同じ

10

20

30

40

50

データ信号を送信または受信する場合に、各前記光伝送路に流れるデータ信号の波長を互いに異なる波長として切り替えさせ、

前記代表ノードに、前記代表ノードからの前記光伝送路上の距離が長い前記被制御ノードであるほど、その被制御ノードあてのデータ信号の送信順序を早くするように、データ信号のリオーダリング処理を行わせることを特徴とする

光伝送プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光伝送システム、光伝送方法、被制御ノード、および、光伝送プログラムの技術に関する。 10

【背景技術】

【0002】

従来、光TDM技術を用いたネットワークとして、例えばPON (Passive Optical Network) がブロードバンドアクセス網を構成する一手段として検討又は導入されている。

PONは、光ファイバ網の途中に分岐装置(光カプラ)が挿入された、1本の光ファイバが複数の加入者で共有可能な光ネットワークである。

【0003】

ブロードバンドアクセス網におけるPONでは、局舎に配置されるOLT (Optical Line Terminal) と、ユーザ宅に配置されるONU (Optical Network Unit) とが光ファイバおよび光カプラを介して接続される。通常、1台のOLTに対して複数台のONUが接続され、このOLT - ONU間において、TDM (Time Division Multiplexing) 又はTDMA (Time Division Multiple Access) を適用して光の領域でデータの多重分離を行いつつデータを伝送することにより、光ファイバ心線やOLT等のリソースが複数ユーザで共用可能となっている。なお、OLTは局舎側の光回線終端装置であり、ONUは、ユーザ宅側の光回線終端装置としての加入者装置である。 20

【0004】

PONの物理トポロジとしては、ツリー構成が多く採用されているが、リングトポロジも検討されている。このリングトポロジは、ツリーと異なり、PONとして物理的に独立な2経路(内回り、外回り)を設定することができる。よって、片方の経路に障害が発生しても、もう片方の経路のデータが遮断されないので、高信頼化に適している。 30

【0005】

なお、非特許文献1に記載のように、同じあて先へと向かう2本の伝送路を予め用意しておく冗長構成のうち、障害が発生する前であっても2本の伝送路で同じデータを流しておく方式を「1+1プロテクション」と呼ぶ(後記図9で説明)。

一方、非特許文献2に記載のように、障害が発生する前には1本の伝送路でデータを流し、障害が発生してからもう1本の伝送路に切り替えて予備のデータを流す方式を「1:1プロテクション」と呼ぶ(後記図10で説明)。

【0006】

図9は、1+1プロテクションの光集線ネットワークシステム10Pを示す。この光集線ネットワークシステム10Pは、リングトポロジのPONにおけるOLT21 - ONU32間が2本の経路として冗長化(耐障害化)されている。 40

【0007】

光集線ネットワークシステム10Pは、光伝送装置11P(代表ノード11P)と、光伝送装置12P~14P(ノード12P~14P)とが、物理的に独立した2本の信号伝送路としての第1光ファイバ16および第2光ファイバ17によってリング状に接続されている。

この2本のリング状の光ファイバ(第1光ファイバ16および第2光ファイバ17)の伝送路によって、矢印で示す互いに異なる方向の右回り方向と左回り方向にデータを伝送でき、何れか一方の伝送路に障害が発生して伝送不能となった場合に、他方の伝送路で伝 50

送が可能となっている。

【 0 0 0 8 】

例えばノード 1 3 P の I O (Input / Output) 部 3 4 a に接続されたホスト 4 3 a から送信されるクライアント信号を、代表ノード 1 1 P の I O 部 2 0 a に接続されたホスト 4 1 a へ伝送する場合を考える。

I O 部 3 4 a は、第 1 光ファイバ 1 6 を介して矢印 Y 1 で示す右回り、第 2 光ファイバ 1 7 を介して矢印 Y 2 で示す左回りそれぞれの経路にデータを流すため、同じデータをコピーして伝送する。そして、I O 部 2 0 a は、右回り、左回りそれぞれから同じデータを受信すると、それらを 1 つのデータとして (例えばどちらか片方のデータを破棄して) ホストコンピュータ 4 1 a に転送する。

10

【 0 0 0 9 】

なお、矢印 Y 1、Y 2 は、ともにノード 1 3 P (O N U 3 2 a、3 2 b) 代表ノード 1 1 P (O S U (Optical Subscriber Unit) 2 6 a、2 6 b) へのデータの流れであり、この流れ方向を以下では「上り」とする。一方、代表ノード 1 1 P ノード 1 3 P へのデータの流れ方向を「下り」とする。

つまり、同じ上り方向として、2 つのリング状の経路を利用して右回りと左回りにデータ伝送が可能となっている。このため、何れか一方の経路に障害が発生して伝送不能となった場合に、他方の経路でデータ伝送を行うことができる。例えば、第 1 光ファイバ 1 6 に障害が発生して伝送不能となった場合に、第 2 光ファイバ 1 7 でデータ伝送を行うことができる。従って、一方の経路に障害が発生した場合でも、データ伝送の遮断を抑制できる。

20

なお、図には示していないが、下り方向も同様に 2 つのリング状の経路を利用して右回りと左回りにデータ伝送が可能となっているため、何れか一方の経路に障害が発生した場合でもデータ伝送の遮断を抑制できる。

【 0 0 1 0 】

以下、図 9 の各構成要素の詳細を説明する。代表ノード 1 1 P は、複数の I O (入出力処理) 部 2 0 a ~ 2 0 n と、O L T 2 1 と、光カプラなどの光多重分離部 2 3 a、2 3 b とを備えて構成されている。O L T 2 1 は、S W (スイッチ) 部 2 5 と、O S U 2 6 a、2 6 b と、D W B A (Dynamic Wavelength and Bandwidth Assignment) 機能部 2 7 とを備えて構成されている。

30

【 0 0 1 1 】

各ノード 1 2 P ~ 1 4 P は何れも同構成であり、ノード 1 3 P に代表して示すように、光多重分離部 3 1 a、3 1 b と、O N U (Optical Network Unit) 3 2 a、3 2 b と、S W 部 3 3 と、複数の I O 部 3 4 a ~ 3 4 n とを備えて構成されている。

【 0 0 1 2 】

代表ノード 1 1 P において、複数の I O 部 2 0 a ~ 2 0 n は、代表ノード 1 1 P の外部の複数のホストコンピュータ (ホストともいう) 4 1 a ~ 4 1 n と 1 対 1 で接続され、ホスト 4 1 a ~ 4 1 n と信号送受信を行う S N I - L T (application Server - Network Interface - Line Terminal) である。ノード 1 3 P においても、前記と同じ複数の I O 部 3 4 a ~ 3 4 n に、ノード 1 3 P の外部の複数のホスト 4 3 a ~ 4 3 n が、1 対 1 で接続されている。他のノード 1 2 P、1 4 P においても、同様に図示せぬ I O 部にホスト 4 2 a ~ 4 2 n、4 4 a ~ 4 4 n (図示は 1 つのみ) が 1 対 1 で接続されている。

40

【 0 0 1 3 】

代表ノード 1 1 P の I O 部 2 0 a ~ 2 0 n は、ホスト 4 1 a ~ 4 1 n から送信されて来たクライアント信号を終端して S W 部 2 5 へ送信し、また、S W 部 2 5 からの信号をクライアント信号としてホスト 4 1 a ~ 4 1 n へ送信する。

【 0 0 1 4 】

S W 部 2 5 は、通常の電気パケットスイッチであり、L 2 - S W (レイヤ 2 スイッチ) と同等なスイッチである。この S W 部 2 5 は、事前に設定された M A C アドレス (Media Access Control address) とポートとの対応テーブルに従い、M A C アドレスによる宛先

50

のホスト（例えば41a）へ、OSU26aからのパケットデータをSW部25およびIO部20aを介して転送する。

【0015】

OSU26a、26bは、PDS（Passive Double Star）方式の光回線終端装置である。このOSU26a、26bは、ノード12P～14PのONU32a、32bからの光パケットデータを受信してSW部25へ出力し、また、SW部25からのパケットデータを受け取り、ONU32a、32bへ光データ送信する。この構成では、OSU26a、26bとONU32a、32b間がPON区間となっている。

【0016】

DWBA機能部27は、動的波長帯域割当の機能を有する。動的波長帯域割当とは、ノード12P～14PのONU32a、32bに対して複数波長を総合した総帯域を効率良く分配すべく、動的な波長切替も考慮しながらトラヒック量に応じて動的に帯域を割り当てることである。

10

【0017】

光多重分離部23a、23bは、第1光ファイバ16および第2光ファイバ17を介して伝送される光信号としてのデータに対して、多重化、分離、スルー（通過）の何れかの処理を行う。例えば、光多重分離部23aは、OSU26aからのパケットデータを多重化して第1光ファイバ16を介してノード14Pへ伝送し、ノード12Pからの光パケットデータを分離してOSU26aへ出力する処理を行う。

【0018】

ノード12P～14Pにおける光多重分離部31a、31bも、前記同様に多重化、分離、スルーの何れかの処理を行う。例えば、光多重分離部31aは、ONU32aからのパケットデータを多重化して第1光ファイバ16を介してノード12Pへ伝送し、ノード14Pからの光パケットデータを分離してONU32aへ出力し、又は、ノード14Pからの光パケットデータをスルーしてノード12Pへ伝送する処理を行う。

20

【0019】

ONU32a、32bは、PONに係るデータの送受信を行う。このONU32a、32bは、代表ノード11PのOSU26a、26bからの光データを受信してSW部33へ出力し、また、SW部33からのパケットデータを受信して、OSU26a、26bへ光パケット送信する。IO部34a～34nは、ホスト43a～43nから送信されて来たクライアント信号を端末してSW部33へ送信し、また、SW部33からの信号をクライアント信号としてホスト43a～43nへ送信する。

30

【0020】

図10は、1:1プロテクションの光集線ネットワークシステム10Qを示す。この光集線ネットワークシステム10Qも図9の光集線ネットワークシステム10Pと同様に、光伝送装置11Q（代表ノード11Q）と、光伝送装置12Q～14Q（ノード12Q～14Q）とが、物理的に独立した2本の信号伝送路としての第1光ファイバ16および第2光ファイバ17によってリング状に接続されている。

図9と図10とを比較すると、代表ノード11Pの光多重分離部23a、23bが、代表ノード11Qの光SW29に置き換わり、各ノード12P～14Pの光多重分離部31が、各ノード12Q～14Qのカプラ群（1x2カプラ31a1、1x2カプラ31a2、2x1カプラ31a3）に置き換わっている。つまり、「1:1プロテクション」では、同時に複数本の光ファイバからデータを受信する必要がないので、各ノード12P～14Pの受信インタフェースをカプラ群として簡素化できる。

40

【0021】

そして、光SW29は、2本の光ファイバを収容する。そして、光SW29は、動作中である1本の光ファイバの心線断などの障害を検知すると、動作していなかったもう1本の光ファイバを新たに動作させるとともに方路切替を行う。これにより、障害復旧を実現する。

【先行技術文献】

50

【非特許文献】

【0022】

【非特許文献1】K.-D. Langer et al., "Promising Evolution Paths for Passive Optical Access Networks," Proc. ICTON 2004, Tu.B.1.1.

【非特許文献2】C.-H. Yeh et al., "A Protection Method for Ring-Type TDM-PONs against Fiber Fault" Proc. OFC/NFOEC, Mar. 2007.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0023】

ネットワークサービスを提供するときには、サービスの品質を向上させることと、サービスを提供するためのコストを削減することの両方をバランスよく実現する必要がある。

非特許文献1などの1+1プロテクションを実現した光集線ネットワークシステム10Pでは、各リングノードのONU32がそれぞれ2台必要となるなどの設備量が増加してしまう。

非特許文献2などの1:1プロテクションを実現した光集線ネットワークシステム10Qでは、各リングノードのONU32は1台で済むので設備量が削減できる。しかし、1:1プロテクションでは、障害発生後に障害検知、切替処理を実行するため、障害発生時の予備系への切替時間が1+1プロテクションに比べて大きく発生し、そのデータ遮断時間によりネットワークの信頼性が低下してしまう。

【0024】

そこで、本発明は、耐障害性が高く、かつ、設備量を削減したバランスのよい、PONに代表される光TDM技術を用いたネットワークサービスを提供することを、主な課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0025】

前記課題を解決するために、本発明は、制御主体となる代表ノードと、前記代表ノードに制御される複数の被制御ノードとは、複数本の光伝送路でリング状に接続されるPON上で伝送される信号の通信制御を行う光伝送システムであって、

前記被制御ノードが、前記光伝送路ごとに同じデータ信号を送信または受信する場合に、各前記光伝送路に流れるデータ信号の波長を互いに異なる波長として切り替えるONUを有し、

前記代表ノードが、前記代表ノードからの前記光伝送路上の距離が長い前記被制御ノードであるほど、その被制御ノードあてのデータ信号の送信順序を早くするように、データ信号のリオーダリング処理を行うことを特徴とする。

【0026】

これにより、被制御ノードは、1つのONUで複数の光伝送路とのデータ通信が可能になる。よって、同じデータ信号を複数の光伝送路に流すことで、耐障害性が高いPONサービスを提供できるとともに、被制御ノードが複数のONUを備える必要がなくなることで、設備量を削減することができる。

また、被制御ノードへの送信にかかる総時間を短縮できるので、スループットが向上する。

【0027】

本発明は、制御主体となる代表ノードと、前記代表ノードに制御される複数の被制御ノードとが、複数本の光伝送路でリング状に接続されるPON上で伝送される信号の通信制御を行う光伝送システムであって、

前記被制御ノードが、前記光伝送路ごとに同じデータ信号を送信または受信の場合に、各前記光伝送路に流れるデータ信号の波長を互いに異なる波長として切り替えるONUを有し、

前記代表ノードが、前記被制御ノードの前記ONUがデータ信号を受信する波長を切り替える動作を行っている期間において、データ内容が意味をもたず破棄されても良いアイ

10

20

30

40

50

ドル信号を前記被制御ノードに送信することを特徴とする。

【0028】

これにより、被制御ノードは、1つのONUで複数の光伝送路とのデータ通信が可能になる。よって、同じデータ信号を複数の光伝送路に流すことで、耐障害性が高いPONサービスを提供できるとともに、被制御ノードが複数のONUを備える必要がなくなることで、設備量を削減することができる。

また、ONUの受信波長切替処理をしている間に（受信準備中に）アイドル信号を流すことで、誤ってデータ信号が到着しないようにできる。

【0031】

本発明は、前記被制御ノードの前記ONUが、自装置のデータ信号を送受信するときの波長を切り替える動作を、他装置の前記ONUの波長を切り替える動作とは独立して実行することを特徴とする。

10

【0032】

これにより、全ノードが波長切替を完了させ通信可能となるまでの待ち時間を削減できるので、スループットが向上する。

【0033】

本発明は、制御主体となる代表ノードと、前記代表ノードに制御される複数の被制御ノードとは、少なくとも2本の光伝送路でリング状に接続されるPON上で伝送される信号の通信制御を行う光伝送システムであって、

前記被制御ノードが、

20

固定の波長でデータ信号を送信し、所定の波長でデータ信号を受信するONUと、

前記ONUから出力された複数の同じデータ信号を別々の前記光伝送路へと送信するときに、少なくとも1つのデータ信号に対して波長変換を行うことで、各前記光伝送路へと送信するデータ信号の波長を互いに異なるものとする波長変換器と、

他ノードから受信したデータ信号を前記ONUに入力するときに、複数の前記所定の波長からいずれか1つの波長に切り替えて通過させるバンドパスフィルタと、を有することを特徴とする。

【0034】

これにより、ONUの内部に波長切替機能が存在しなくても、耐障害性が高く、かつ、設備量を削減したバランスのよい、PONに代表される光TDM技術を用いたネットワークサービスを提供することができる。

30

【発明の効果】

【0035】

本発明によれば、耐障害性が高く、かつ、設備量を削減したバランスのよい、PONに代表される光TDM技術を用いたネットワークサービスを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】本実施形態に係わる1+1冗長構成の光集線ネットワークシステムを示す。

【図2】本実施形態に係わる図1の光集線ネットワークシステムに使用される光多重分離部の詳細を示す。

40

【図3】本実施形態に係わる図1のノードの代わりに用いられるノードを示す。

【図4】本実施形態に係わる図1のノードの代わりに用いられるノードを示す。

【図5】本実施形態に係わるリオーダーリングなし、かつノード間で波長切替を同期させたときの下り信号の送信処理を示すシーケンス図である。

【図6】本実施形態に係わるリオーダーリングあり、かつノード間で波長切替を独立して行ったときの下り信号の送信処理を示すシーケンス図である。

【図7】本実施形態に係わるノード間で波長切替を同期させたときの、上り信号の送信処理を示すシーケンス図である。

【図8】本実施形態に係わるノード間で波長切替を独立して行い、かつ送信タイミングを伝送距離の短い通信から順に割り当てたときの、上り信号の送信処理を示すシーケンス図

50

である。

【図9】本実施形態に係わる1+1プロテクションの光集線ネットワークシステムを示す。

【図10】本実施形態に係わる1:1プロテクションの光集線ネットワークシステムを示す。

【発明を実施するための形態】

【0037】

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。

【0038】

図1は、1+1冗長構成の光集線ネットワークシステム10Aを示す。光集線ネットワークシステム10Aも、図9の光集線ネットワークシステム10Pや図10の光集線ネットワークシステム10Qと同様に、光伝送装置11A（代表ノード11A）と、光伝送装置12A~14A（代表ノード11Aに制御される被制御ノードとしてのノード12A~14A）とが、物理的に独立した2本の信号伝送路としての第1光ファイバ16および第2光ファイバ17によってリング状に接続されている。そのリングトポロジのPONにおけるOLT21-ONU32間が2本の経路として冗長化（耐障害化）されている。

ここで、光伝送路の数について本実施形態では、2本（1+1や1:1）を例示するが、複数本であれば2本以上でもよい。

【0039】

なお、各光伝送装置は、CPU（Central Processing Unit）と、メモリと、ハードディスクなどの記憶手段（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される。

このコンピュータは、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、後記する各処理部により構成される制御部（制御手段）を動作させる。

【0040】

以下、光集線ネットワークシステム10Aの各構成要素について、光集線ネットワークシステム10Pとの違いに着目して説明する。なお、同じ符号が付いた構成要素は、光集線ネットワークシステム10Aと光集線ネットワークシステム10Pとで基本的には同じものである。

【0041】

代表ノード11Aは、接続先のホストコンピュータ41a~41nごとのIO部20a~20nと、SW部25と、OLT21と、冗長化された2系統の光多重分離部23a, 23bとを含めて構成される。

OLT21は、2系統のOSU26と、DWBA機能部27とを有する。

ノード13Aなどの代表ノード11Aではない各ノードは、2系統の光多重分離部31a, 31bと、AWG35a, 35bと、ONU32と、SW部33と、接続先のホストコンピュータ43a~43nごとのIO部34a~34nとを含めて構成される。

【0042】

IO部20, 34は、ホストコンピュータ41~44と接続するためのネットワークインタフェースである。IO部20は、SNI-LT（application Server-Network Interface-Line Terminal）であり、ホストコンピュータ41とSW部25との間の通信を中継する。IO部34は、UNI-LT（User-Network Interface-Line Terminal）であり、ホストコンピュータ43とSW部33との間の通信を中継する。

【0043】

2系統のOSU26~1つのONU32間はPONデータの送受信を行う区間となる。下り信号はSW部25 OSU26 ONU32 SW部33の順に転送され、上り信号はSW部33 ONU32 OSU26 SW部25の順に転送される。

SW部25, 33は、通常の電気パケットを転送するレイヤ2スイッチ装置と同様に、事前設定または学習された転送テーブルに従い、パケットデータを転送する。

10

20

30

40

50

OSU26は、送受信器であるTRX26xと、データ転送処理用のプロトコル処理部26y（OSI（Open Systems Interconnection）第1層を処理する「L1」機能部と、第2層を処理する「L2」機能部）とを有する。

【0044】

なお、ノード13PではONU32が2系統分必要であったが、ノード13Aでは後記する波長切替制御により、2系統分を兼用するONU32が1つで済み、装置の小型化、省電力化が実現できる。一方、ノード13Pと比較すると、ノード13AではAWG35a, 35bが追加されている。しかし、AWG35a, 35bはパッシブな光デバイスなため、単体では電力を消費せず、故障率が低いなどノード13Aへの追加負担が少ない部品である。AWG35a, 35bの故障率が低いので、故障交換による保守コストは少なくて済む。

10

よって、1台のONU32を2系統で物理的に共用することで、ONU32の台数を削減する効果が、AWG35a, 35bの追加コストよりも大きい効果なので、ノード13Aはノード13Pよりも低コストで実現できる。

【0045】

ノード13AのONU32は、ノード13PのONU32と同様に、データ転送処理用のプロトコル処理部32y（プロトコル処理部26yと同様のL1/L2）を有する。一方、ノード13AのONU32は、Tunable-TRX32xを有する。このTunable-TRX32xは、通常送受信機（TRX）の機能に加え、送受信する光信号の波長を時間に応じて変える（Tunable）ことができる。

20

なお、ITU（International Telecommunication Union）によって標準化されているアクセス系の標準規格NG-PON2（Next-Generation Passive Optical Network 2）では、ONU32側のトランシーバ（TRX）に波長可変性を持たせることが示唆されている。

【0046】

AWG35aは、Tunable-TRX32xが決定した送信波長に応じて、光多重分離部31a, 31bのうちのいずれかの系統へとデータを転送する信号分岐器である。

AWG35bは、光多重分離部31a, 31bから受信したデータをTunable-TRX32xへと転送する信号転送器である。Tunable-TRX32xは、受信波長（Tunable Filter）の設定を変えることで、2系統のデータを受信できる。

30

【0047】

光多重分離部23, 31は、PON内を伝送される光信号のAdd/Drop/Throughを行う。なお、代表ノード11Pでは、光多重分離部23の内部の図示を省略したが、図1の代表ノード11Aでは、光多重分離部23の内部として、2系統x送受信2通り=4台の光通信部（23a1, 23a2, 23b1, 23b2）も図示している。これらの光通信部は、例えば、光合波や光分波を行う機能部（例えばAWG、光カプラ、光スプリッタなど）として実装される。

【0048】

DWBA機能部27は、PON内の波長やTDMの割当状態を管理する。そして、DWBA機能部27は、以下に例示するように代表ノード11Aやノード12A~14Aの各制御処理を行う。

40

・DBA（Dynamic Bandwidth Allocation）演算やDWBA演算を行い、その演算結果をOSU26、SW部25に通知することで、PONの帯域や波長リソースをONUに動的に割り当てる。

・Tunable-TRX32xが送受信に使用する波長を、所定にタイミングで切り替えるように制御する。

・IO部20, 34に対して、受信波長切替用のアイドル信号の挿入を指示したり、送信対象のデータ信号のリオーダーリング（送信順序の入れ替え）を指示したりする。

【0049】

下り信号の転送処理として、IO部20は、ホストコンピュータ43をあて先とする信

50

号をホストコンピュータ41から受信すると、その下り信号をコピーして、そのコピー結果を右回り（第1光ファイバ16）と左回り（第2光ファイバ17）とで別々のOSU26a, 26bを経由して順次転送する。

Tunable-TRX32xは、受信波長設定を切り替えることで、その2波長の下り信号を順次受信する。IO部34は、受信した2系統の下り信号から1つの信号をセレクトで選択してから、その1つの信号をホストコンピュータ43に転送する。

【0050】

上り信号の転送処理として、IO部34は、ホストコンピュータ41をあて先とする信号をホストコンピュータ43から受信すると、その上り信号をコピーして、そのコピー結果を右回り（第1光ファイバ16）と左回り（第2光ファイバ17）とで別々の波長に切り替えてから順次転送する。そのため、Tunable-TRX32xは、送信波長設定を切り替えることで、その2波長の上り信号を順次送信する。

IO部20は、異なる2つのOSU26がそれぞれ受信した2系統の上り信号から1つの信号をセレクトで選択してから、その1つの信号をホストコンピュータ41に転送する。

【0051】

これにより、光集線ネットワークシステム10Pと同様に、光集線ネットワークシステム10Aでも1+1プロテクションを提供できる。つまり、第1光ファイバ16または第2光ファイバ17のいずれかがファイバ断になっても、断線されていない残りの光ファイバからデータ信号が転送されるので、データ信号の遮断時間を発生させずに済む。

【0052】

図2は、図1の光多重分離部31bの詳細を示す。

光多重分離部31bは、上り信号を処理するための構成要素（MUX101、カプラ/AWG102a、アンプ103a、Filter104）と、下り信号を処理するための構成要素（MUX101、カプラ/AWG102b、アンプ103b、Filter104）とを有する。

カプラ/AWG102a, 102bともに、Throughする信号をFilter104の側から入力し、MUX101の側に出力する。

カプラ/AWG102aには、Addする上り信号がAWG35aから入力される。

カプラ/AWG102bは、Dropする信号をAWG35bに出力する。

アンプ103a, 103bは信号を増幅するだけなので、適宜省略してもよい。

【0053】

図3は、図1の光集線ネットワークシステム10Aにおいて、ノード13Aの代わりに用いられるノード13Bを示す。ノード13AのTunable-TRX32xの代わりに、ノード13Bでは波長切替機能を持たないTRX32zが用いられる。

そこで、ノード13Aとノード13Bとで同じ機能を持たせるために、ノード13Bでは波長切替機能をTRX32zの外側に備える。

【0054】

具体的には、ONU32の出力側に波長変換器であるTWC（Tunable Wavelength Converter）112を設ける。さらに、そのTWC112を経由する伝送路と、TWC112を経由しない伝送路とにスプリッタ111で分け、それらの伝送路を統合してAWG35aに出力するためのカプラ113も備える。AWG35aは、TWC112を通過した信号と、TWC112を通過しない信号とが別々の波長であるから、別々の光ファイバへと振り分けることができる。

【0055】

また、AWG35bは、第1光ファイバ16からの信号と、第2光ファイバ17からの信号を合波する。よって、所望の波長の信号のみを通過させてONU32に入力するフィルタであり、その所望の波長を切り替え可能なTunable-BPF114を用いる。

なお、Tunable-BPF114が通過させない信号は、受信器Rx115とバッファ116へと出力される。この出力された信号は、予備系の情報として活用可能である。

【 0 0 5 6 】

図 4 は、図 1 の光集線ネットワークシステム 1 0 A において、ノード 1 3 A の代わりに用いられるノード 1 3 C を示す。ノード 1 3 A と比較すると、ノード 1 3 C は、ONU 3 2 a が 2 台配備されている。さらに、ノード 1 3 C では、2 台の ONU 3 2 a と AWG 3 5 3 5 a , 3 5 b との間で信号を送受するための光信号処理部 1 2 1 , 1 2 2 を追加する。

これにより、設備量は増加してしまうが、片方の ONU 3 2 a が故障しても、もう片方の ONU 3 2 a が動作することで、信頼性を担保することができる。

【 0 0 5 7 】

ノード 1 3 C は、Tunable-TRX 3 2 x が互いに異なる 2 波長の信号を第 1 光ファイバ 1 6 および第 2 光ファイバ 1 7 にそれぞれ送受信する 1 + 1 プロテクションを、回線側では実現する。一方、ノード 1 3 C 内の 2 台の ONU 3 2 a は、以下のいずれかの運用が可能である。

【 0 0 5 8 】

(運用 1) 1 台の ONU 3 2 a を動作させ、その ONU 3 2 a が故障したときにもう 1 台の ONU 3 2 a の動作を開始する (ONU 装置の 1 : 1 プロテクションのような冗長構成)。つまり、2 台の ONU 3 2 a のうちの 1 台の ONU 3 2 a が動作するように切り替える。これにより、故障発生前には 1 台の ONU 3 2 a は休眠状態なので、省電力化が実現できる。

【 0 0 5 9 】

(運用 2) 2 台の ONU 3 2 a を併用して動作させ、1 台の ONU 3 2 a が故障したときにもう 1 台の ONU 3 2 a の動作を継続する (ONU 装置の 1 + 1 プロテクションのような冗長構成)。つまり、故障発生により、2 台の ONU 3 2 a から 1 台の ONU 3 2 a へと縮退される。これにより、故障発生時でもデータ通信断を発生させずに済む。さらに、2 台の ONU 3 2 a を動作させることにより、そのうちの 1 台の ONU 3 2 a についての部品交換などの保守作業を行っても、もう 1 台の ONU 3 2 a が動作しているので、データ通信断を発生させずに済む。

【 0 0 6 0 】

以上、図 4 で説明したノード 1 3 C は、ノード 1 3 A の ONU 3 2 a (Tunable-TRX 3 2 x を含む) を 2 台に増やした構成である。同様に、ノード 1 3 B の ONU 3 2 (Tunable 機能を含まない TRX 3 2 z) と Tunable 機能 (図 3 の TWC 1 1 2 や Tunable-BPF 1 1 4 など) との組み合わせを 2 組に増やした構成としてもよい。

【 0 0 6 1 】

以下、図 5 ~ 図 8 の各シーケンス図を参照して、光集線ネットワークシステム 1 0 A を流れる信号 (データ信号、波長切替などの制御信号) の流れを説明する。なお、図 1 の光集線ネットワークシステム 1 0 A は、代表ノード 1 1 A ではないノードを 3 台 (ノード 1 2 A ~ 1 4 A) として説明したが、各シーケンス図では、ノードを 4 台 (ノード 1 2 A ~ 1 5 A) として説明する。さらに、各ノードについて、図 3 , 図 4 で説明した変形例のノード 1 3 B , 1 3 C に置き換えてもよい。

【 0 0 6 2 】

図 5 は、リオーダーリングなしの下り信号の送信処理を示すシーケンス図である。リオーダーリングとは、複数の信号の送信順序を入れ替える処理である。この図 5 の処理は、比較的単純な処理なので、実装や運用が簡易というメリットがある。

図 5 の左から右へと流れる信号 (代表ノード 1 1 A ノード 1 2 A ノード 1 3 A ...) は、第 2 光ファイバ 1 7 を流れる信号であり、右から左へと流れる信号 (代表ノード 1 1 A ノード 1 5 A ノード 1 4 A ...) は、第 1 光ファイバ 1 6 を流れる信号である。なお、図示した「受」とは該当するノードが信号を受信 (Drop) することを示し、「受」が記載されていない箇所ではノードが信号を転送 (Through) することを示す。

【 0 0 6 3 】

代表ノード 1 1 A から各ノードへ第 2 光ファイバ 1 7 経由で第 1 系統の信号を一通り流

10

20

30

40

50

した後に、各ノードが受信波長を切り替えることで、第1光ファイバ16経由で第2系統の信号を一通り受信することができる。

なお、アイドル信号とは、データ信号が流れない空白期間を埋めるだけのデータ内容が意味をたず破棄されても良い信号であり、ホストコンピュータ41～44には伝送されない。下り信号は間が空かない連続信号として送信するため、データ信号が発生していない期間ではアイドル信号が必要となる。また、各ONU32で波長切替処理をしている間に（受信準備中に）アイドル信号を流すことで、誤ってデータ信号が到着しないようにできる。

【0064】

ここで、波長切替処理を起動するための命令は、例えばDWB A機能部27が発行し、通常のデータ信号と多重されて同一の経路を経由して伝達される。以下、波長切替の命令に含まれる情報を例示する。

- ・ONU32への波長切替指示（ONU32/Tunable-TRX32xのID、切替対称:送信/受信/送受信両方、切替後の波長、切替タイミング）

- ・OSU26へのアイドル信号送信指示（OSU26/TRX26xのID、アイドル信号の開始タイミング、終了タイミング）

【0065】

図6は、リオーダーリングありの下り信号の送信処理を示すシーケンス図である。

まず、図5と図6との共通点は、第1系統の信号送信 受信波長切替 第2系統の信号送信 受信波長切替 第1系統の信号送信 ...という大まかな制御である。

【0066】

一方、図5と図6との相違点として、図6では、各系統の送信処理において、送信先であるノードが送信元の代表ノード11Aからの送信距離（ノードのホップ数）が長い信号ほど、順序を先に入れ替えてから送信するリオーダーリング処理がなされている点である。例えば、図5では、初回のノード15Aへの送信順序は、他ノードよりも後であったが、代表ノード11Aからノード15Aへの送信距離が一番長いので、図6では、送信順序が先頭に入れ替わる。代表ノード11A以外のノードは1台のTRXで2系統に対応する必要があり、本処理を行うことで2系統の通信に必要な総時間を抑制できる。

【0067】

このリオーダーリング処理を実現するため、DWB A機能部27は、図5で前記した波長切替の命令に加えて、さらに、IO部20へのリオーダーリング指示（リオーダーリング対象の信号情報、リオーダーリングOn/Off、オーダーリング情報）を行う。

加えて、代表ノード11A以外のノードにおける受信波長切替タイミングを同期させずに独立して行っている。これらにより、下り信号のスループットを向上させることができる。

【0068】

図7は、ノード間で波長切替を同期させたときの、上り信号の送信処理を示すシーケンス図である。代表ノード11A以外の各ノードから送信された上り信号を、代表ノード11Aが受信する。図7の上り処理も図5の下り処理と同じように、各ノードから第2光ファイバ17経由で第1系統の信号を一通り流した後に、各ノードが送信波長を同期して切り替えることで、第1光ファイバ16経由で第2系統の信号を一通り送信することができる。

DWB A機能部27は、図5で説明したように、上り信号でも切替タイミングなどを含めた波長切替の命令を各ノードに送信する。なお、図7の上り信号は、バースト信号（時間的な間欠信号）なので、データ送信タイミング以外は光を出力しない無信号期間となる。よって、図5とは異なり、アイドル信号は不要である。

【0069】

図8は、ノード間で波長切替を独立して行ったときの、上り信号の送信処理を示すシーケンス図である。図7と異なり、各ノードは、他のノードと同期せずに独立して、自身の送信処理後に送信波長を切り替える。

10

20

30

40

50

これらにより、全ノードが波長切替を完了させ通信可能となるまでの待ち時間を削減できるので、スループットが向上する。加えて、恣意的に代表ノード 1 1 A からの伝送距離が小さいノードから順にデータ送信を行うよう DWBA 機能部 2 7 が送信タイミングを割り当てることで、データ通信を完了させるまでに必要な総時間を抑制できる。

【 0 0 7 0 】

以上説明した本実施形態では、PON のデバイスや装置を活用した光集線ネットワークシステム 1 0 A の制御方法を示した。

リングトポロジの PON で 1 + 1 プロテクションを実現した光集線ネットワークシステム 1 0 P では、各リングノードの ONU 3 2 がそれぞれ 2 台必要となるなどの設備量が増加してしまう。

一方、1 : 1 プロテクションを実現した光集線ネットワークシステム 1 0 Q では、各リングノードの ONU 3 2 は 1 台で済むので設備量が削減できる。しかし、1 : 1 プロテクションでは、障害発生時の予備系への切替時間が発生してしまうため、そのデータ遮断時間によりネットワークの信頼性が低下してしまう。

そこで、光集線ネットワークシステム 1 0 A では、Tunable-TRX 3 2 x を有する ONU 3 2 を 1 つのノードごとに 1 台ずつ用意する。これにより、波長切替で 1 + 1 プロテクションを実現しつつ、設備量を削減したバランスのよい、PON に代表される光 TDM 技術を用いたネットワークサービスを提供できる。

【符号の説明】

【 0 0 7 1 】

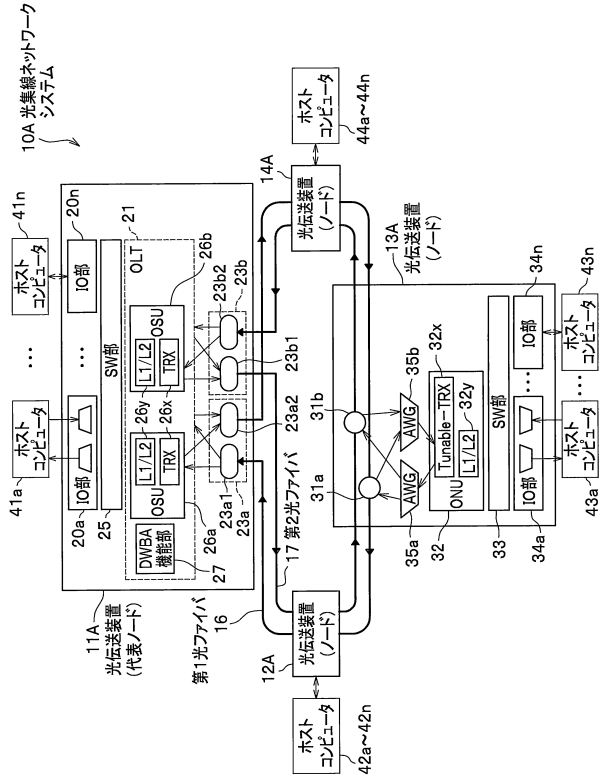
- 1 0 A 光集線ネットワークシステム
- 1 1 A 代表ノード
- 1 2 A ~ 1 5 A ノード (被制御ノード)
- 1 6 第 1 光ファイバ
- 1 7 第 2 光ファイバ
- 2 0 IO 部
- 2 1 OLT
- 2 3 光多重分離部
- 2 5 SW 部
- 2 6 OSU
- 2 7 DWBA 機能部 (波長切替制御部)
- 3 1 光多重分離部
- 3 2 ONU
- 3 2 x Tunable-TRX
- 3 2 z TRX
- 3 3 SW 部
- 3 4 IO 部
- 3 5 AWG
- 4 1 a ~ 4 1 n ホストコンピュータ

10

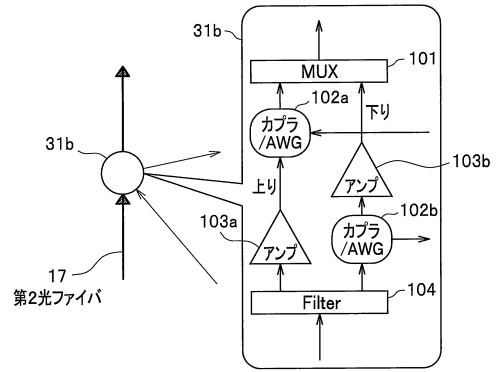
20

30

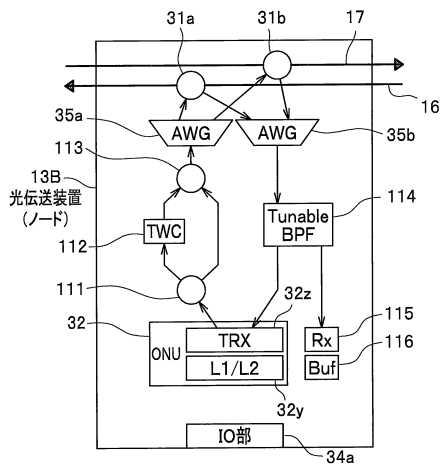
【図1】



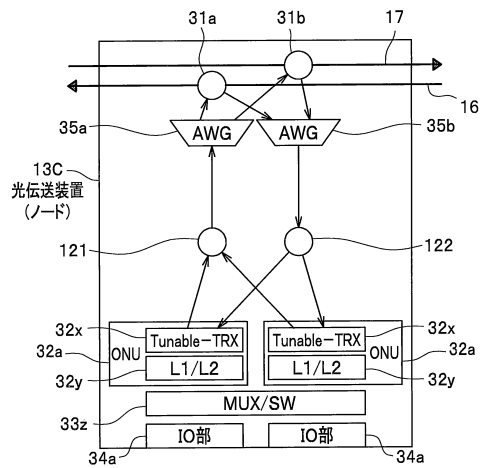
【図2】



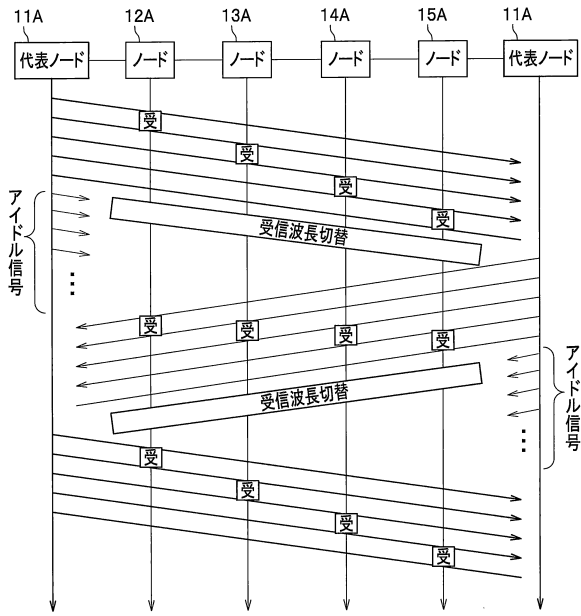
【図3】



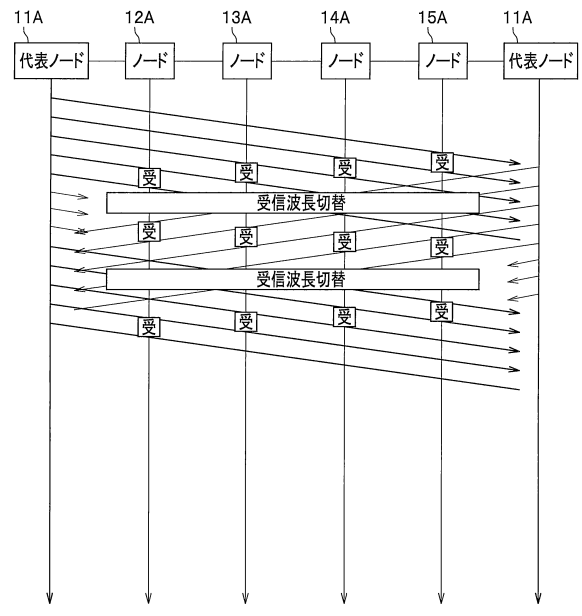
【図4】



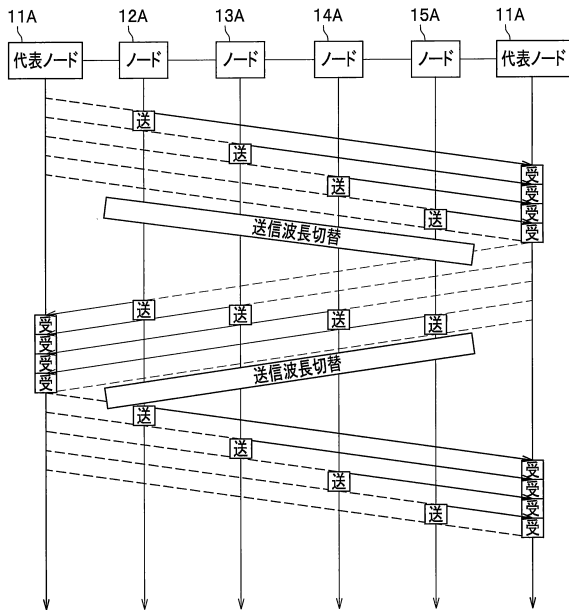
【図5】



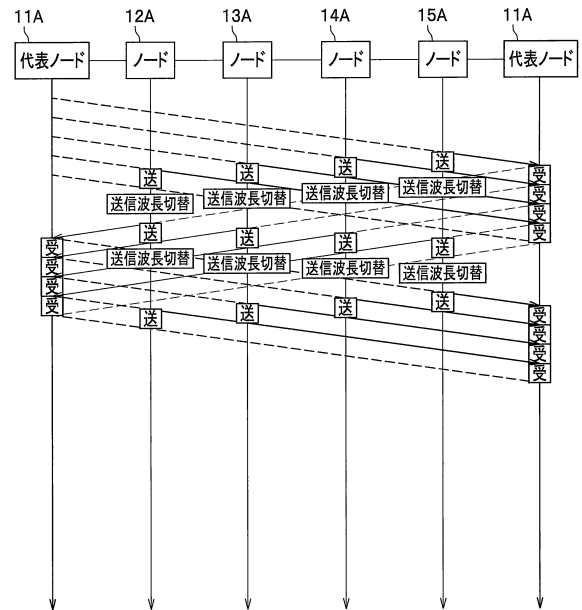
【図6】



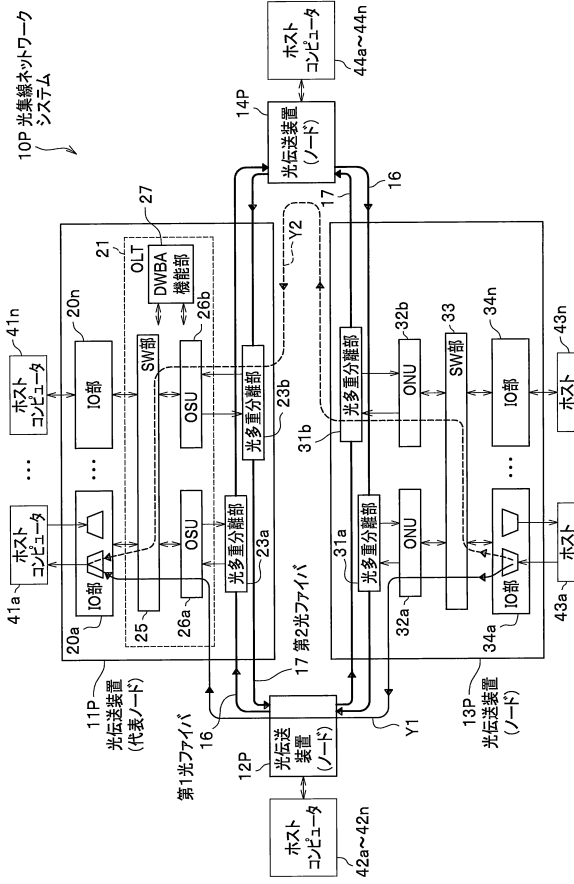
【図7】



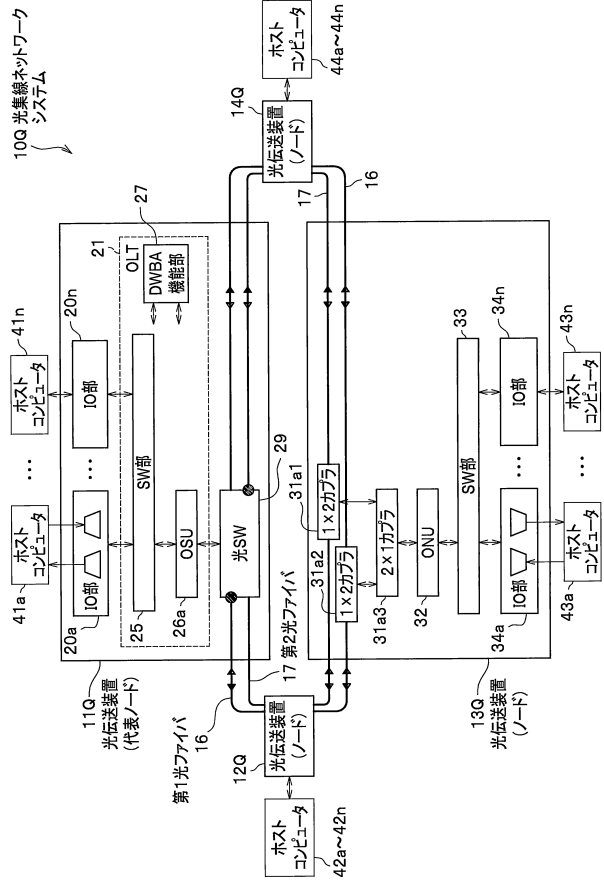
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (72)発明者 片山 勝
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 行田 克俊
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 後澤 瑞征

- (56)参考文献 特開2009-290689(JP,A)
特開2005-295464(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0328293(US,A1)
特開2002-185485(JP,A)
特開2012-186588(JP,A)
特開2014-7751(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/90
H04J14/00-14/08
H04L 12/43
H04L 12/44