

(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
2013年12月19日(19.12.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/187098 A1

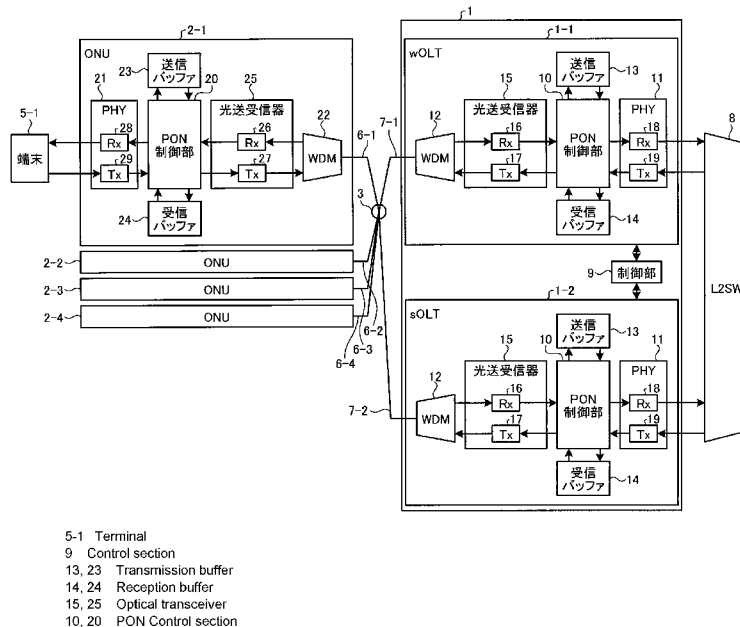
- (51) 国際特許分類:
H04L 12/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/057091
- (22) 国際出願日: 2013年3月13日(13.03.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
PCT/JP2012/065257 2012年6月14日(14.06.2012) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人(米国についてのみ): 峯藤 健司(MINEFUJI, Kenji) [—/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 向井 宏明(MUKAI, Hiroaki) [—/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 弥栄 香織(MIE,

- Kaori) [—/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- 川手 竜介(KAWATE, Ryusuke) [—/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM, OFFICE-SIDE OPTICAL TERMINAL DEVICE AND COMMUNICATION CIRCUIT SWITCHING METHOD

(54) 発明の名称: 光伝送システム、局側光終端装置および通信回線切替方法



(57) Abstract: An optical transmission system comprises: ONUs that are capable of shifting to a power-saving mode; OLTs; and a beam splitter that is connected by redundant trunk lines with the OLTs and that is connected by respective branch lines with the ONUs. The OLTs hold a state management table providing information relating to the power-saving modes of the ONUs, and decide whether or not to implement redundant switching of the trunk lines in accordance with this state management table.

(57) 要約: 省電力モードに遷移可能なONUと、OLTと、OLTと冗長化された幹線により接続されるとともにONUとそれぞれ支線により接続される光スプリッタとを備える光伝送システムであって、OLTは、ONUの省電力モードに関する情報である状態管理テーブルを保持し、状態管理テーブルに基づいて、幹線の冗長切替を実施するか否かを判断する。

WO 2013/187098 A1

MZ, NA, RW, SD, SL, 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, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

光伝送システム、局側光終端装置および通信回線切替方法

技術分野

[0001] 本発明は、光伝送システム、局側光終端装置および通信回線切替方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、通信網の高速、および広帯域化に対応するために、光ネットワークの導入が図られている。光ネットワークは1つのOLT (Optical Line Terminal: 局側光終端装置) と1つのONU (Optical Network Unit: 加入者側光終端装置) が光伝送路 (光ファイバ) を介して通信を行うものである。また、光ネットワークシステムのうちの1つであるPON (Passive Optical Network) システムは、1つのOLTが光スプリッタを介して複数のONUとPDS (Passive Double Star) 型のネットワークを形成するため、高速アクセスサービスを安価で提供することが可能である。PONの代表的な規格として、IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) 802.3で標準化されたEPON (Ethernet (登録商標) PON) がある。

[0003] PONの通信方式として、ONUからOLTに向かって送信される上り光信号と、OLTからONUに向かって送信される下り光信号はWDM (Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重) によって多重される。ONUはOLTが許可した送信タイミングに従い、上り光信号を送信するTDM A (Time Division Multiple Access: 時分割多重接続) を用いている。すなわち、OLTは接続されている複数のONUの上り光信号が互いに重複しない送信タイミングを、各ONUの上り信号用に動的に割当てている。OLTからONUに向かって送信される下り光信号はTDM (Time Division Multiplexing: 時分割多重化) が用いられ、光伝送路で接続された全ての

ONUに受信される。その際、ONUは下り光信号のプリアンプ部に含まれる宛先情報を参照し、自分宛てではない下り光信号を破棄する。

[0004] 通信速度の向上、および接続される電子機器の増加に伴って、ONUの消費電力は増大傾向にある。ONUは加入者宅に設置されるため、ネットワーク上に多数配置されている。また、ONUは利用できる帯域を必要とする時間がOLT、上位スイッチ群と比較して短い。従って、ONUは通信を行わない間に無駄な電力を使用しながら放置されていることになる。

[0005] 下記特許文献1では、PONシステムにおいて、OLTはONUの下り光信号処理部がスリープ（省電力）状態であるかを管理するONU下りスリープ管理テーブルと、ONUの上り光信号処理部がスリープ（省電力）状態であるかを管理するONU上りスリープ管理テーブルを用いる手法を開示している。

[0006] 下記特許文献2では、ONUの識別情報を管理するテーブルと、当該ONUが上りおよび下り処理部の一部を停止させているスリープ（省電力）状態から復帰する時刻である復帰時刻を管理する管理テーブルを用いる手法を開示している（特許文献2）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2012-004642号公報

特許文献2：特開2011-229094号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 通信網を形成する通信回線において障害が発生した場合、他の通信回線に切替える冗長構成をとるシステムがある。このように、通信回線の冗長構成をとることにより、通信障害へのロバスト性を高めることが可能である。通信回線の冗長構成をとる通信網では、通信装置が使用中の現行回線において通信回線障害を検出した場合に、障害が発生した通信回線から他の通信回線

に切替え、リンクを確立して通信を再開する。

[0009] 一方で、前述した近年の高速大容量通信の需要拡大に伴い、ONUの消費電力は増大傾向にあり、低電力動作が求められている。スリープ（省電力）状態にあるONUは、OLTとのデータの通信に用いる送信器、および受信器を共に停止させること、または送信器のみを停止させることにより消費電力の低減を図っている。スリープ（省電力）状態にあるONUは、OLTに対して上り光信号を送信せず、OLTからの制御信号に対しても応答しない。そのため、冗長構成とONUパワーセーブを併存させた場合、以下の課題が生じると考えられる。

[0010] 光伝送路の冗長構成とONUスリープを併存させたPONシステムでは、OLTに接続されている全てのONUのスリープ（省電力）状態が一時的に重なってしまうと、ONUはOLTの発行する制御光信号に対して応答しない。そのため、OLTが光伝送路に障害が発生したと誤検知し、通信回線の切替えを行ってしまうという課題がある。

[0011] 特許文献1では、OLTがONUの上下の光信号処理部のスリープ（省電力）状態を管理するスリープ管理テーブルを用いる手法を開示している。状態管理テーブルを用いて、通信データの存在とデータ種別を監視することでONUの消費電力を低減させることはできるが、光伝送路の冗長構成を併存させた場合の前述の課題、すなわち障害の誤検知の解決方法については特許文献1には全く開示されていない。特許文献2においても、光伝送路の冗長構成を併存させた場合の前述の課題、すなわち障害の誤検知の解決方法については全く開示されていない。

[0012] 特許文献1においては、ONUの非通信時における消費電力を抑えるため、OLTが各ONUの通信状態を監視し、スリープ管理テーブルを用いて非通信時のONUに対してスリープ（省電力）制御を行う手法を開示している。この手法を用いて、冗長切替条件に該当しない時間範囲でONUをスリープ（省電力）状態とするよう制御を行うことで消費電力を抑えることが可能であるが、スリープ（省電力）時間に制約が生じ、ONUは頻繁に状態遷移

を繰り返すことになり、多分岐のPONシステムの光伝送路上において、無視し得ない帯域を占有するとともにONUの消費電力低減効果は限定的となる。

[0013] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、ONUの省電力制御と光伝送路の冗長構成とを併存させる場合に、光伝送路の障害の誤検知を防ぐことができる光伝送システム、局側光終端装置および通信回線切替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

[0014] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、省電力モードに遷移可能な加入者側光終端装置と、局側光終端装置と、前記局側光終端装置と冗長化された幹線により接続されるとともに前記加入者側光終端装置とそれぞれ支線により接続される光スプリッタとを備える光伝送システムであって、前記局側光終端装置は、前記加入者側光終端装置の省電力モードに関する情報である省電力情報を管理し、前記省電力情報に基づいて、前記幹線の冗長切替を制御することを特徴とする。

発明の効果

[0015] 本発明にかかる光伝送システム、局側光終端装置および通信回線切替方法は、ONUの省電力制御と光伝送路の冗長構成とを併存させる場合に、光伝送路の障害の誤検知を防ぐことができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本発明にかかるPONシステムを含む光アクセスネットワークの構成例を示す図である。

[図2]図2は、PONシステムの構成例を示す図である。

[図3]図3は、OLT部の構成例を示す図である。

[図4]図4は、ONUの構成例を示す図である。

[図5]図5は、ディスカバリ処理の通信動作シーケンス例を示す図である。

[図6]図6は、現用系幹線光ファイバに障害が発生した場合のシーケンスの一例を示す図である。

[図7]図7は、現用系幹線光ファイバに障害が発生した場合の幹線光ファイバ切替えシーケンスの一例を示す図である。

[図8]図8は、従来の通信経路切替方法により、通常運用に支障が生じる場合の通信動作シーケンスの一例を示す図である。

[図9]図9は、OLTの基本制御の一例を示すフローチャートである。

[図10]図10は、OLTの省電力制御の一例を示すフローチャートである。

[図11]図11は、状態管理テーブルの一例を示す図である。

[図12]図12は、通信経路切替手順の一例を示すフローチャートである。

[図13]図13は、本発明にかかるOLTにおける通信路切替方法を実施した場合のシーケンスの一例を示す図である。

[図14]図14は、OLTにおける省電力制御を実施した場合のシーケンスの一例を示す図である。

[図15-1]図15-1は、ONUにおける省電力制御手順の一例を示す図である。

[図15-2]図15-2は、ONUにおける省電力制御手順の一例を示す図である。

[図16]図16は、支線が多段階となる構成例を示す図である。

[図17]図17は、実施の形態2のPONシステムの構成例を示す図である。

[図18]図18は、実施の形態2の状態管理テーブルの構成例を示す図である。

[図19]図19は、実施の形態2の省電力制御方法の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下に、本発明にかかる光伝送システム、局側光終端装置および通信回線切替方法の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0018] 実施の形態1.

図1は、本発明にかかるPONシステム（光伝送システム）を含む光アクセスネットワークの構成例を示す図である。本実施の形態のPONシステム

は、OLT（局側光終端装置）1とONU（加入者側光終端装置）2-1～2-N（Nは1以上の整数）で構成される。OLT1は、上位ネットワーク4に接続される。ONU2-1はユーザ端末5-1に接続され、ONU2-Nはユーザ端末5-2に接続される。

[0019] OLT1は、光スプリッタ3を介してONU2-1～ONU2-Nと接続され、OLT1と光スプリッタ3の間は、幹線光ファイバ7で接続され、光スプリッタ3とONU2-1～ONU2-Nの間は、それぞれ支線光ファイバ6-1～6-Nで接続される。なお、OLT1に接続されるONUの数に制限はない。

[0020] OLT1とONU2-1～ONU2-NとはWDMによって多重された光信号を用いて通信を行っているため、上り方向の光信号と下り方向の光信号が衝突することはない。一方で、複数のONU2-1～ONU2-Nは同一波長で通信を行うため、光送出の時刻が重ならないようにOLT1がONU2-1～ONU2-Nのそれぞれの光送出時刻（上り送信時刻）を制御している。

[0021] 図2は、本実施の形態のPONシステムの構成例を示す図である。図2に示すように、本実施の形態のOLT1は、冗長構成をとっており、OLT部1-1とOLT部1-2とOLT1全体を制御する制御部9とを備える。OLT部1-1とOLT部1-2は、いずれも単独でOLTとしての機能を有し、いずれか一方が運用に用いられる。ここでは、OLT部1-1が現用系（wOLT1-1）であるとし、OLT部1-2が予備系（sOLT1-2）であるとしている。OLT部1-1とOLT部1-2は、それぞれL2SW（Layer 2 Switch）8と接続し、L2SW8経由で上位ネットワーク4に接続する。また、幹線光ファイバ7は、現用系幹線光ファイバ7-1と予備系幹線光ファイバ7-2で構成され、現用系幹線光ファイバ7-1はwOLT1-1に接続し、予備系幹線光ファイバ7-2はsOLT1-2に接続する。図2では、ONUの台数を4台としているがONUの台数はこれに限定されない。

- [0022] 光スプリッタ 3 は受動光素子であり、下り方向の通信においては、OLT 1 から現用系幹線光ファイバ 7-1、また予備系幹線光ファイバ 7-2 を介して送信される下り光信号を、自身に接続される ONU 2 の台数（図 2 に例では 4 台）に分割し、分割された各光信号を支線光ファイバ 6-1~6-4 にそれぞれに出力する。また、上り方向の通信においては、光スプリッタ 3 は、支線光ファイバ 6-1~6-4 から送信される上り光信号を、現用系幹線光ファイバ 7-1 および予備系幹線光ファイバ 7-2 に出力する。
- [0023] OLT 1 は、ONU 2-1~2-4 と通信経路設定を行い、制御することができる機能を備えている。ONU 2-1~2-4 は、OLT 1 からの制御により光信号の送受信を行う通信装置であり、後述する省電力（スリープ）モードの機能を備えている。
- [0024] 図 3 は、OLT 部 1-1 (w OLT 1-1) の構成例を示す図である。OLT 部 1-2 (s OLT 1-2) は、OLT 部 1-1 と同様の構成である。図 2、3 に示すように、OLT 部 1-1 は、PON プロトコルに基づいて OLT 側の処理を実施する PON 制御部 10 と、物理層処理部 (PHY) 11 と、上り光信号と下り光信号を波長多重する WDM カプラ (WDM) 12 と、ONU 2-1~2-4 へ送信する下り光信号のデータを格納するためのバッファである送信バッファ 13 と、ONU 2-1~2-4 から受信する上り光信号のデータを格納するためのバッファである受信バッファ 14 と、光送受信器 15 と、を備える。
- [0025] 光送受信器 15 は、ONU 2-1~2-4 から受信する光信号を電気信号に変換し PON 制御部 10 へ出力する処理を行う光受信器 (Rx : Receiver) 16 と、PON 制御部 10 から入力された電気信号を光信号に変換し ONU 2-1~2-4 へ送信する処理を行う光送信器 (Tx : Transmitter) 17 と、を備える。物理層処理部 11 は、ネットワークとの間で NNI (Network Node Interface) 等の物理インタフェース機能を実現し、受信処理を行う受信部 (Rx) 18 と、送信処理を行う送信部 (Tx) 19 とで構成される。なお、本実施の形態の PON システムでは、波長多重を用いるため WDM

12を用いているが、単一波長で通信を行う場合にWDM12は必須ではない。

[0026] また、PON制御部10は、信号処理部30、バッファ監視部31、スリープ制御信号処理部32、状態管理テーブル33、タイムカウンタ34を備える。

[0027] 図4は、ONU2-1の構成例を示す図である。ONU2-2~2-4も、ONU2-1と同様の構成である。図2、4に示すように、ONU2-1は、PONプロトコルに基づいてONU側の処理を実施するPON制御部20と、OLT1へ送信する上り光信号のデータを格納するためのバッファである送信バッファ23と、OLT1から受信する下り光信号のデータを格納するためのバッファである受信バッファ24と、上り光信号と下り光信号を波長多重するWDMカプラ(WDM)22と、ユーザ端末5-1との間で、UNI(Unser Network Interface)等の物理インタフェース機能を実現する物理層処理部(PHY)21と、を備える。

[0028] 光送受信器25は光信号を送信するための光送信器(Tx)27と、光信号を受信するための光受信器(Rx)26とで構成される。また、物理層処理部(PHY)21は、受信処理を行う受信部(Rx)28と、送信処理を行う送信部(Tx)29とで構成される。なお、波長多重を用いずに単一波長で通信を行う場合にWDM22は必須ではない。

[0029] また、PON制御部20は、信号処理部35、バッファ監視部36、リンク監視部37、状態テーブル38、スリープ制御部39、タイムカウンタ40を備える。

[0030] 本実施の形態では、OLT1は、障害検出の機能を有しており、PON制御部10では、ONU2-1~2-4から光信号が一定時間届かない場合に、信号処理部30が障害検出信号を送出する。PONシステムにおける障害検出は、IEEEやITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector)で検討されている。

[0031] 例えば、IEEE P1904.1™では、MAC LoS(Loss of Si

gnal)、光LOSの障害検出が規定されている。MAC LOS、光LOSは、いずれも現用系幹線光ファイバの障害を検出したときに検出され、この障害が検出された場合、OLTは、現用系から予備系への切り替えを実施する。MAC LOSは、OLTが、一定期間以内にどのONUからもレポート(REPORTメッセージ)を受信しなかった場合に検出される障害検出であり、光LOSは、OLTの光受信器において一定期間以内に有効な光信号を受信できなかった場合に検出される。

[0032] また、ITU-T G. 987. 3では、障害検出として、LOBi (Loss of burst for ONUi)、LOS (Loss of Signal) が規定されている。LOBiは、OLTが、ONUごとにスケジュールされたバースト(ONUから送信される信号)を4回連続して受信失敗した場合に検出される。LOSは、OLTが、予想する上り方向の伝送フレームを4回連続して受信失敗した場合に検出される。LOBiはONUごとに検出されるため、ONUまたは支線の障害を示している。ONUまたは支線の障害の場合、OLTにおける現用系から予備系の切替は実施されず、例えば、運用管理者へ障害の通知が行われる。LOSが送出された場合は、上述の光LOS、MAC LOSの場合と同じく、幹線ファイバの現用系から予備系の切替が実施される。

[0033] 図2に示した構成例では、PON制御部10は、光送受信器15からの通知に基づいて光LOSを検出する。具体的には、光送受信器15がタイムカウンタを有して、Rx16が検出する光信号のレベルが閾値以下である状態が一定期間以上続いた場合に、PON制御部10へ通知し、この通知により信号処理部30が光LOSを送出してもよいし、光送受信器15はRx16の受信レベルを信号処理部30へ通知し、PON制御部10がタイムカウンタ34を用いて、受信レベルが閾値以下である状態が一定期間以上継続した場合に、光LOSを送出してもよい。

[0034] MAC LOSについては、PON制御部10が、最後にONU2-1~2-4からレポートを受信してからの経過時間をタイムカウンタ34により

計測し、一定期間が経過するまでの間にどのONUからもレポート（REPORTメッセージ）を受信しなかった場合に検出する。LOBi、LOSについては、PON制御部10は、自身がONU2-1~2-4に対して割り当てた上り帯域（上り送信許可時間帯）の情報を保持しているので、信号処理部30が、この情報に基づいて検出する。PON制御部10は、これらの障害が検出された場合には、対応する警報を送出する。制御部9は、この警報を受信する。

[0035] 光LOS、MAC LOS、LOSの警報が送出された場合、OLT1の制御部9は、用いる幹線光ファイバを現用系幹線光ファイバ7-1から予備系幹線光ファイバ7-2へ切り替える。図2に示すように、現用系幹線光ファイバ7-1は、wOLT1-1に接続し、予備系幹線光ファイバ7-2は、sOLT1-2に接続しており、運用に用いるOLTをwOLT1-1からsOLT1-2に切り替えることにより、幹線光ファイバの切り替えが実施される。なお、制御部9を備えずに、wOLT1-1がsOLT1-2へ直接警報を通知することにより、wOLT1-1からsOLT1-2に切り替えを実施してもよい。

[0036] 以下、本実施の形態では、障害検出信号のうち、幹線光ファイバの切り替え（すなわち運用に使用されるOLT部1-1，1-2の切り替え）が必要な障害検出（光LOS、MAC LOS、LOS等）を幹線障害検出と呼ぶこととする。幹線障害検出は、例えば、上述の光LOS、MAC LOS、LOSであってもよいし、幹線光ファイバの障害を検出するものであればこれら以外の障害検出方法であってもよい。

[0037] 以上のことから、光LOS、MAC LOS、LOS等の幹線障害の検出方法をまとめると、以下の条件のうち1つ以上を満たす場合に幹線障害として検出される。

(1) OLTの光受信器がX [ms]の間、光信号を受信しない場合（Xは予め定められた定数）。

(2) OLTがONUからの制御信号応答（例えば、MPCP（Multi-Point

Control Protocol) フレーム) を Y [m s] の間受信しない場合 (Y は予め定められた定数)。

(3) OLT の送信許可信号に対して、ONU が Z 回連続で反応しない場合 (Z は予め定められた定数)。

[0038] 以下、OLT 1 の PON 制御部 10 の機能について、図 2、3 を用いて説明する。PON 制御部 10 は、タイムカウンタ 34 を備えており、ONU 2-1 ~ 2-4 からの光信号が一定時間届かない (光受信器 16 において、一定時間有効な光信号を受信しない) 場合、光 LOS 警報を上げる。

[0039] 信号処理部 30 は、検出された ONU 2-1 ~ 2-4 と通信をするためのディスカバリ処理、および各 ONU 2-1 ~ 2-4 の通信帯域 (上り送信時間帯) を割り当てる帯域割当て処理等を行う。信号処理部 30 は、帯域割当て結果を ONU 2-1 ~ 2-4 へ、GATE メッセージ (帯域割当て通知) により送信する。信号処理部 30 は、各 ONU 2-1 ~ 2-4 から送信される、上り割当て要求を含む REPORT メッセージ (応答信号) に基づいて、各 ONU 2-1 ~ 2-4 に帯域を割り当てる。また、信号処理部 30 は、ONU 2-1 ~ 2-4 から送信される応答信号 (MPCP フレーム) を検出し、タイムカウンタ 34 を用いて ONU 2-1 ~ 2-4 毎に応答信号 (MPCP フレーム) が一定時間届かない場合に、信号処理部 30 が MAC LOS 警報を上げる。MPCP フレームは一定時間ごとに送受信される GATE フレーム、REPORT フレームであり、データやスリープ許可および応答はデータフレームにより送信される。

[0040] スリープ制御信号処理部 32 は、各 ONU 2-1 ~ 2-4 の省電力状態を管理するテーブルである状態管理テーブル 33 を参照し、各 ONU 2-1 ~ 2-4 に対してそれぞれスリープ (省電力) モードを選択し、スリープモードへ遷移させるスリープ許可 (Sleep_Allow) の制御信号を送信する。また、スリープ制御信号処理部 32 は、ONU からスリープ許可応答 (Sleep_Ack) の制御信号を受けた場合に、状態管理テーブル 33 を更新する。また、スリープ制御信号処理部 32 は、スリープ (省電力) モードから ONU 2-1

～2-4を復帰させる場合、該当するスリープ（省電力）モードのONU 2-1～2-4に対して、通常モードに遷移させる復帰許可（WakeUp_Allow）の制御信号を送信する。スリープ制御信号処理部32は、ONU 2-1～2-4から復帰許可応答（WakeUp_Ack）の制御信号を受けた場合も、状態管理テーブル33を更新する。また、電源断通知（R-INH等）を受信した場合に、送信元のONU 2-1～2-4の状態をスリープモードとするよう状態管理テーブル33を更新するようにしてもよい。

[0041] 電源断通知に関する処理は例えば、次のように実施する。ONU 2-1～2-4の電源断検出部（図示せず）は、自身の電源断を検出するとPON制御部20へ通知する。PON制御部20は電源断の検出を通知されると、自身に電源断が発生したことを通知する電源断通知をOLT 1へ送信する。

[0042] 本実施の形態では、ONU 2-1～2-4が自身の電源断を検出した場合、電源断通知をOLT 1へ送信するが、ONU 2-1～2-4がスリープ状態（省電力状態）である場合に電源断が発生すると、電源断通知を送信できる場合とできない場合がある。電源断通知を送信できるか否かは、帯域更新周期、ONU 2-1～2-4の省電力状態からの送受信機能の起動時間等に依存する。

[0043] スリープ時の電源断通知が可能な例を示す。OLT 1は、接続された各ONU 2-1～2-4がスリープモード中であってもGATEフレームを帯域更新周期ごとに送信することとする。なお、スリープモード中の各ONU 2-1～2-4に割当てた帯域は、各ONU 2-1～2-4がREPORTフレームを送信するための帯域とする。

[0044] 省電力状態（スリープ時）でONU 2-1～2-4において電源断が発生すると、ONU 2-1～2-4のPON制御部20は、スリープモードを解除し、オフ状態となっていた部分を起動する。例として、Rx起動時間（受信側起動時間：ONU 2-1～2-4の受信処理を行う構成要素のうちスリープ状態となることにより停止中であつた部分が動作可能となるまでの時間）が経過した後に最初に受信したGATEフレームに基づいて、電源断通知を

送信するための帯域を要求する R E P O R T フレームを送信している。なお、Rx起動時間の方がTx起動時間（送信側起動時間：O N U 2 - 1 ~ 2 - 4 の送信処理を行う構成要素のうちスリープ状態となることにより停止中であつた部分が動作可能となるまでの時間）より長いため、Rx起動時間が経過した時点で R E P O R T フレームの送信が可能となっている。

[0045] O N U 2 - 1 ~ 2 - 4 の P O N 制御部 2 0 は、電源断通知を送信するための帯域割当を通知する G A T E フレームを受信すると、当該 G A T E フレームにより指示された帯域（送信時間帯）で電源断通知を送信する。電源断の発生から電源断電力保持時間（電源断からコンデンサ等を用いて電力を保持可能な時間である）が経過するまでの間に、電源断通知が完了するため、スリープ時の電源断通知が可能である。

[0046] バッファ監視部 3 1 は、送信バッファ 1 3 の蓄積量を監視し、監視結果をスリープ制御信号処理部 3 2 へ通知する。スリープ制御信号処理部 3 2 は、O N U 2 - 1 ~ 2 - 4 の光送受信器 2 5 の光送信器 2 7 をスリープ（省電力）モードに遷移させるか、光送信器 2 7 および光受信器 2 6 の両方をスリープ（省電力）モードに遷移させるかを、バッファ監視部 3 1、および O N U 2 - 1 ~ 2 - 4 から受信した O N U 2 - 1 ~ 2 - 4 のバッファ監視部 3 6 からの情報を基に決定する。信号処理部 3 0 は、スリープ制御信号処理部 3 2 の決定結果に基づいてスリープ許可（Sleep_Alow）、および復帰許可（WakeUp_Alow）の制御信号を生成し、光送信器 1 7 より送信する。

[0047] なお、光送信器 2 7 および光受信器 2 6 の両方をスリープ（省電力）モードでは、間欠的にスリープ（省電力）状態と一時起動状態とを繰り返すとし、O N U 2 - 1 ~ 2 - 4 は、スリープモードにおいても、一定周期ごとに O L T 1 からの信号を受信可能である。

[0048] 光受信器 1 6 が、O N U 2 - 1 ~ 2 - 4 からスリープ許可応答（Sleep_Ack）、または復帰許可応答（WakeUp_Ack）受信した場合、スリープ制御信号処理部 3 2 は信号処理部 3 0 を介して状態管理テーブル 3 3 を更新する。同時に、スリープ制御信号処理部 3 2 は、タイムカウンタ 3 4 を用いてスリー

プ（省電力）時間を監視する。

[0049] 光受信器16が、ONU2-1~2-4より上り光信号のデータを受信すると、信号処理部30は、受信したデータを一時的に受信バッファ14へ格納する。信号処理部30はタイムカウンタ34を用いて処理のタイミングを決定し、決定したタイミングで受信バッファ14へ格納されたデータを読み出して物理層処理部11の受信部18経由でL2SW8へ送る。

[0050] 次に、図2、図4を用いてONU2-1の機能について説明する。ONU2-2~2-4もONU2-1と同様である。ONU2-1は、通信状態としてスリープ（省電力）モードに移行する機能を備えている。ここでいうスリープ（省電力）モードとは上り方向、または下り方向に送信すべきデータがない場合等に、光送信器27のみ、または光送信器27および光受信器26の両方の電源を落とすことで停止させ、消費電力の低減を図るモードである。ここでは、OLT1からONU2-1~2-4に対してスリープ（省電力）モードへの遷移を要求し、ONU2-1~2-4が当該要求に対する応答を送信した後に、スリープモードへ遷移する手順を例に説明する。

[0051] なお、ONU2-1~2-4のスリープモードへの遷移の手順は、これに限らず、ONU2-1~2-4からスリープモードへの遷移要求を送信してOLT1が当該要求に対して許可を送信する手順、OLT1からONU2-1~2-4へスリープモードへの遷移を要求して、ONU2-1~2-4が当該要求に対する応答を送信せずに、スリープモードに遷移する手順、等多様な手順を適用することができる。

[0052] バッファ監視部36は、送信バッファ23の蓄積量を監視し、監視結果を信号処理部35へ通知する。信号処理部35は、光受信器26経由でOLT1から受信したGATEフレームにより自装置に割り当てられた上り送信時間帯を把握する。また、信号処理部35は、バッファ監視部36からの通知に基づいて、送信バッファ23に一定以上、送信データが蓄積した場合に、REPORTメッセージにより送信バッファ23の蓄積量を格納して帯域割当てを要求する。

- [0053] 物理層処理部 21 の送信部 29 より上り送信データを受けた際、信号処理部 35 は、当該送信データを一時的に送信バッファ 23 へ格納する。信号処理部 35 は、OLT 1 から割当てられた上り送信時間帯で送信バッファ 23 から送信データを読み出して光送信器 27 より上り光信号として送信する。
- [0054] ONU 2-1 のPON制御部 20 では、信号処理部 35 によりOLT 1 より送信されるスリープ許可応答 (Sleep_Alow) を受信すると、スリープ制御部 39 がバッファ監視部 36 を参照し、非通信 (送信バッファ、および受信バッファにデータが格納されていない) 状態であれば信号処理部 35 を介してスリープ許可応答 (Sleep_Ack) を返信する。スリープ制御部 39 がスリープ (省電力) モードを識別、および選択肢し、自身の状態をスリープ (省電力) モードへと遷移させる。また、ONU 2-1 は自装置の省電力の状態を示す状態テーブル 38 を持ち、その時々状態遷移に応じて、状態テーブル 38 を更新する。また、ONU 2-1 は、スリープモードにおいても、OLT 1 からの制御信号 (MPCP フレーム) に応答するために、一時的かつ周期的に通常状態へと遷移する。一時的に通常状態に戻ることで、OLT 1 から送信される GATE メッセージに対して REPORT メッセージを返すことができる。
- [0055] 光受信器 26 がOLT 1 からスリープ許可 (Sleep_Alow) を受信した場合、信号処理部 35 を介して、スリープ制御部 39 は光送受信器 25 の光送信器 27 と光受信器 26 (または光送信器 27 のみ) を、スリープ状態と一時起動状態を周期的に繰り返すスリープモードへと遷移させる制御を行う。また、スリープ制御部 39 は、信号処理部 35 を介してスリープ許可応答 (Sleep_Ack) を光送信器 27 より送信し、状態テーブル 38 を更新する。同時に内部のタイムカウンタ 40 を用いてスリープ (省電力) 時間を監視する。
- [0056] また、光受信器 26 がOLT 1 から復帰許可応答 (WakeUp_Ack) を受信した場合、信号処理部 35 を介して、スリープ制御部 39 は光送受信器 25 の光送信器 27 と光受信器 26 (または光送信器 27 のみ) をスリープモードから通常状態へと遷移させる制御を行い、信号処理部 35 を介して復帰許可応

答 (WakeUp_Ack) メッセージを光送信器 27 より送信し、状態テーブル 38 を更新する。

- [0057] 次に、OLT1における現用系幹線光ファイバ7-1から予備系幹線光ファイバ7-2への冗長切替の例について説明する。ここでは、冗長切替の条件となる幹線障害検出信号として、現用系wOLT1-1が、接続されたONU2-1~ONU2-4のいずれからも一定期間(障害監視時間)の間光信号を受信しないときに送出される光LOS警報を用いる例を説明する。
- [0058] 図5は、ディスカバリ処理の通信動作シーケンス例を示す図である。OLT1とONU2-1~2-4との通信を開始するためには、OLT1がディスカバリ処理を行うことで論理リンクを設定し、送信許可のタイミングを合わせるために必要な同期とONU2の保持している制御機能情報を設定することにより通信を行うことができる。未接続のONU2-1~2-4が新たに支線光ファイバに接続された場合、或いは電源が切られた状態のONU2-1~2-4の電源が投入された場合、ONU2-1~2-4はOLT1との通信に必要な光回線の設定がされていない。また、OLT1にはONU2の制御機能情報が登録されていないため通信を行うことができない。この状態を未登録(Unregistered)状態という。未登録状態のONU2-1~2-4は、OLT1に登録(Registered)されるまで受信のみを行い、OLT1から通信が許可されるまで待機状態となる。
- [0059] 図5では、新しくONU2-1が接続されたとした例を示している。ONU2-1は、OLT1から新規登録を受け付けるGATEメッセージ(Discovery Gate)を受信する(ステップS1)。GATEメッセージには、送信許可時刻(送信許可時間帯の開始時刻)と送信量(いつの時点からどれだけの上り信号を送信してよいかという情報)が格納されている。ただし、ディスカバリ処理中のGATEメッセージ(Discovery Gate)の場合には、複数のONUが同時に発見される可能性があるため、各ONUは、ランダム時間待機した後に、送信を行う。ONU2-1は、GATEメッセージ(Discovery Gate)を受信すると、初期設定を行う状態(ディスカバリ状態)に遷移

する。この状態に遷移すると、ONU 2-1は自装置の時刻をGATEメッセージに格納されたOLT 1の時刻T1に同期させ（ステップS2）、送信時刻T2（GATEメッセージで指示された送信許可時刻にランダム時間足した時刻）となるまでランダム時間待機する（ステップS3）。この待機の後、ONU 2-1は自装置の識別情報等OLT 1との通信に必要な情報（必要な場合においては保持している機能情報）を格納したREGISTER_REQメッセージに格納して送信する（ステップS4）。

[0060] OLT 1は、REGISTER_REQメッセージ情報を基にONU 2-1を通信端末として登録し、ONU 2-1との間のRTT (Round Trip Time) を計算する（ステップS5）。OLT 1はONU 2-1を登録した場合に、登録を知らせる制御メッセージ（REGISTERメッセージ）をONU 2-1へ送信する（ステップS6）。このREGISTERメッセージは通信リンクの設定情報を含んでおり、このREGISTERメッセージを受信した場合ONU 2-1は設定情報を記憶し、必要な通信設定を自装置に行うことによって通信可能状態となる。REGISTERメッセージ登録状態に遷移したONU 2-1は、以後記憶した設定情報を用いてOLT 1とデータの送受信を行う。なお、この設定情報に、スリープモードに関する情報を含んでいてもよい。

[0061] ONU 2-1は、GATEメッセージにより送信が許可されると（ステップS7）、時刻を、受信したメッセージに含まれるOLT 1の時刻T3に自装置の時刻を同期させ（ステップS8）、ランダム時間待機（ステップS9）の後、通信設定を完了したことを通知するREGISTER_ACKメッセージ送信する（ステップS10）。以上により、OLT 1とONU 2-1との間のディスカバリ処理が完了し、以降OLT 1とONU 2-1の通信が可能となる（ステップS11）。

[0062] 図6は、現用系幹線光ファイバ7-1に障害が発生した場合のシーケンスの一例を示す図である。図5で説明したディスカバリ処理完了（ステップS11）の後、OLT 1は、一定のGATE周期Tsごとに、接続するONU

2-1 に対して帯域割当てを行いGATEメッセージにより帯域割当て結果を通知する（ステップS12、S16、S20）。図6では、ONU2-1のみがOLT1に接続されているとしている。ONU2-1は、GATEメッセージに含まれるOLT1の時刻に自装置の時刻を同期させる（ステップS13、S17、S21）。そして、GATEメッセージで通知された送信許可時刻まで待機し（ステップS14、S18）、待機後にREPORTメッセージを送信する（ステップS15、S19）。

[0063] OLT1は、REPORTメッセージを光信号として受信するたびに、タイムカウンタ34を用いて障害監視時間を計測するためのタイマ（障害監視タイマ）のカウントを開始し、次のREPORTメッセージを受信すると、カウントリセットを実施するとともに次の計測のカウントを開始することを繰り返している。

[0064] ここで、図6に示したように、ディスカバリ処理完了後の3回目のGATEフレームをONU2-1が受信し（ステップS20）、時刻同期を行った（ステップS21）後に現用系幹線光ファイバ7-1に障害が発生したとする（ステップS22）。すると、OLT1からGATEフレームが送信されても（ステップS23）、OLT1はONU2-1からのREPORTメッセージを受信できず、障害監視タイマはタイムアウトとなり、光LOS警報が生成される（ステップS24）。

[0065] 図7は、現用系幹線光ファイバ7-1に障害が発生した場合の幹線光ファイバ切替えシーケンスの一例を示す図である。図7の例では、はじめは、現用系幹線光ファイバ7-1に障害は発生しておらず、OLT1では、wOLT1-1が稼動しているとする。まず、OLT1にONU2-1～ONU2-4が接続され、ONU2-1～ONU2-4についてディスカバリ処理を完了する（ステップS11）。OLT1は、接続するONU2-1～2-4に対してそれぞれ帯域割当てを行いGATEメッセージにより帯域割当て結果を通知する（ステップS31）。ONU2-1～2-4は、それぞれGATEメッセージで通知された送信許可時刻でREPORTメッセージを送信

する（ステップS32）。

[0066] OLT1は、図6の例で説明したように、光信号の受信ごとに障害監視タイマのカウントを開始している（ステップS34）。現用系幹線光ファイバ7-1に障害が発生する（ステップS35）と、OLT1がGATEメッセージを送信しても、全てのONU2-1～2-4からREPORTメッセージが返信されなくなり、障害監視タイマがタイムアウトとなり、wOLT1-1内のPON制御部10により光LOS警報が生成される（ステップS36）。

[0067] 光LOS警報を受信した制御部9は、稼働させるOLTをwOLT1-1からsOLT1-2へ切替、L2SW8との主信号の経路をこれに応じて変更する。これにより、現用系幹線光ファイバ7-1から予備系幹線光ファイバ7-2への切替処理が実施される。これらの切替処理を実施する切替時間（ステップS37）の後、sOLT1-2は、接続されているONU2-1～ONU2-4へそれぞれGATEメッセージを送信する（ステップS38）。ONU2-1～ONU2-4は、それぞれ受信したGATEメッセージに対して、REPORTメッセージを返信する（ステップS39）。sOLT1-2は、ONU2-1～ONU2-4との間のうちいずれかのONUについてRTTを更新する（ステップS40）。このようにして、予備系幹線光ファイバ7-2を用いて再び通信回線を維持する。

[0068] なお、図7の例では、sOLT1-2、予備系幹線光ファイバ7-2、光スプリッタ3、支線光ファイバ6-1～6-4を介して接続された通信経路に切替わる際、sOLT1-2は、wOLT1-1がディスカバリ処理時に取得したONU2-1～ONU2-4の設定情報を元に通信を開始している。これらの設定情報は、OLT1内の共通の記憶部に保持しておき、wOLT1-1、sOLT1-2の両方が参照できるようにしてもよいし、切替時に、wOLT1-1から制御部9を介してsOLT1-2へ送信してもよい。また、RTTについては、通信経路の切替により変わる可能性があるため、予備系sOLT1-2側のPON制御部10は、切替後に、ONU2-1

～ONU 2-4のうちいずれかのONUとのRTTの計算を再度行う。この再計算した値と再計算前の値との差分に基づいて他のONUとのRTTを更新する。このように、wOLT 1-1が取得した設定情報をsOLT 1-2へ反映させることにより、現用系から予備系へと通信経路を切り替えた際のディスカバリ処理を省略することができる。

[0069] 以上、図5、6、7で述べた、ディスカバリ処理、幹線障害検出処理、通信経路の切替処理については、通常のPONシステムと同様である。なお、図6、7の例では、幹線障害検出信号として光LOS警報を用いる例を示したが、切替条件となる幹線障害検出信号はこれに限ったものではなく、MAC LOS警報を用いてもよいし、LOBi警報、LOS警報等であってもよい。ただし、ONUごとに警報の送出されるLOBi警報等の場合は、全てのONUについてLOBi警報が送出された場合に、通信経路の切替が実施されることになる。

[0070] 次に、ONU 2-1～2-4の省電力制御と障害検出の両方を実施する場合の課題を説明する。図8は、従来の通信経路切替方法により、通常運用に支障が生じる場合の通信動作シーケンスの一例を示す図である。主に夜間など比較的ユーザが通信サービスを利用しない時間帯において、OLT 1に接続された全ONU 2-1～2-4が一時的にスリープ（省電力）モードに移行してしまう場合がある。図8では、OLT 1が、従来と同様の通信経路切替方法に従って動作した例を示している。

[0071] 図7の例と同様に、ディスカバリ処理（ステップS11）の後、OLT 1は、接続するONU 2-1～2-4に対してそれぞれ帯域割当てを行いGATEメッセージにより帯域割当て結果を通知する（ステップS31）。ONU 2-1～2-4は、それぞれGATEメッセージで通知された送信許可時刻でREPORTメッセージを送信する（ステップS32）。

[0072] OLT 1は、ONU 2-1～2-4との間に送受信データが無くONU 2-1～2-4をスリープモードへ遷移させると決定すると、スリープ（省電力状態）移行許可（Sleep-Allow）をONU 2-1～2-4へそれぞれ送信

する（ステップS42）。ONU2-1～2-4は、Sleep_Alowに対して、それぞれスリープモードへ移行することを示す応答信号（Sleep_Ack）を返信し（ステップS43）、スリープモードへ遷移する。

[0073] この場合、OLT1側からみると、一時的に全てのONU2-1～2-4からの光信号、および制御信号応答を受信しない状態となる。最後のREPORTメッセージ受信によりカウントを開始した（ステップS41）障害監視タイマは、タイムアウトとなり、光LOS警報が生成される（ステップS44）。そして、図7と同様に、通信経路の切替が実施される（ステップS45）。

[0074] このように、従来の通信路切替方法では、全てのONU2-1～2-4がスリープモードに移行すると、光伝送路の障害発生でない場合であっても、現用系幹線光ファイバ7-1に障害が発生したと誤判断してしまい、現用系幹線光ファイバ7-1から予備系幹線光ファイバ7-2へ切替してしまう。

[0075] また、OLT1は、幹線障害の場合には、上述のように通信路の切替を実施する必要があるが、支線障害の場合は通信路の切替を実施しなくてよい。接続するONU2-1～ONU2-4が複数であれば、1つのONUだけから応答がない、全てのONUから応答がない（光信号を受信しない）、のどちらであるかにより、幹線障害か否かを判断することができる。しかし、スリープモードでない通常状態のONU2-1～2-4が1台しかない場合、当該ONUまたは当該ONUに接続する支線に障害が発生した場合、OLT1では、全てのONU2-1～2-4から光信号を受信しないことになる。OLT1では、この場合、幹線障害と支線障害の区別がつかず、本来、通信路の切替の必要のない支線障害の場合にも通信路の切替を実施してしまい、不要な通信中断が生じるという問題もある。

[0076] そこで、本実施の形態では、以下に述べるように、OLT1では、状態管理テーブル33を用いて各ONU2-1～2-4の状態（スリープモードであるか否か）を管理し、ONU2-1～2-4の全てがスリープモードである場合には、通信路切替の条件となるLOS警報等を送出しないようにする

、またはL o S警報が発せられても通信路切替を実施しないようにする。また、スリープモードでないONU 2-1~2-4の台数が1台以上となるようスリープモードの時間を制御すると、幹線障害の誤検出を防ぐことができる。さらに、スリープモードでないONU 2-1~2-4の台数を2台以上となるようスリープモードの時間を制御することにより、幹線障害と支線障害の区別ができるようにする。なお、以下では、ONU 2-1~2-4の全てがスリープモードである場合には、通信路切替が行われないようにする制御と、同時にスリープモードとなるONU 2-1~2-4の台数を2台以上（または1台以上）とする制御と、の両方を実施する例について説明するが、いずれか一方のみを実施してもよい。

[0077] なお、幹線障害と支線障害の区別をするためには、同時にスリープモードとなるONU 2-1~2-4の台数を2台以上とする必要があるが、幹線障害の誤検出を防ぐには、同時にスリープモードとなるONU 2-1~2-4の台数は1台以上であればよい。したがって、幹線障害の誤検出を防ぐことを目的とする場合は、同時にスリープモードとなるONU 2-1~2-4を1台以上とすればよい。

[0078] 以下、状態管理テーブル33を用いたOLT 1の動作について詳細に説明する。図9は、OLT 1の基本制御の一例を示すフローチャートであり、図10は、OLT 1の省電力制御の一例を示すフローチャートである。

[0079] 図9に示すように、OLT 1では、信号処理部30が、初期設定としてディスカバリ処理を実施し（ステップS51）、ディスカバリ処理が完了すると、ディスカバリ処理が完了しているONU 2-1~2-4に対して帯域割当てを実施し、GATEメッセージ（Gate Frame）によりONU 2-1~2-4に通知する（ステップS52）。また、信号処理部30は、ONU 2-1~2-4から信号を受信すると受信信号処理に対するデータ処理を実施する（ステップS53）。また、OLT 1のスリープ制御信号処理部32は、ONU 2-1~2-4に対して省電力制御を実施する（ステップS54）。さらに、OLT 1のPON制御部10は、上述の光L o S検出等、障害監視

を実施する（ステップS55）。そして、ステップS52～S55を繰り返す。なお、ステップS52～S55内の順は、これに限定されず、処理の順序が異なってもよいし、これらのうちの2つ以上の処理が同時に実施されてもよい。

[0080] 図10は、上記のステップS52の帯域割当てとステップS54の省電力制御の詳細を示しており、初期設定（ステップS61）の後、OLT1は、帯域割当てを実施し、GATEメッセージによりONU2-1～2-4に通知する（ステップS62）。OLT1は、ONU2-1～2-4からREPORTメッセージ（Report Frame）を受信し（ステップS63）、REPORTメッセージに格納されたONU2-1～2-4における送信バッファ量（送信バッファ23の蓄積量）があるか（一定量以上であるか）否かを判断する（ステップS64）。送信バッファ量がある場合（ステップS64 Yes）、ステップS62へ戻る。

[0081] OLT1は、送信バッファ量がない場合（ステップS64 No）、状態管理テーブル33を参照する（ステップS65）。図11は、状態管理テーブル33の一例を示す図である。図11に示すように、状態管理テーブル33は、ONU2-1～2-4ごとに、ONU2-1～2-4の識別番号（ここでは、ONU2-i（i=1, 2, 3, 4）の識別番号をONU#iとする）と、ONU2-1～2-4がスリープモードであるか通常状態（アクティブ：Active）であるかを示す情報である状態（State）と、ONUごとの警報をマスクするか否かを示す情報である警報（Alarm）と、切替トリガと、開始時刻（スリープモードである場合のスリープモードの開始時刻）と、復帰時刻（スリープモードである場合のスリープモードからの復帰時刻）とが格納される。切替トリガは、警報がマスクされていない場合に、通信経路を切替えるためのトリガを示しており、図11の例の監視は、警報の監視を意味しており、警報が生成された場合、ただちに切替処理を実施することを意味している。

[0082] ディスカバリ処理の直後は、接続される各ONU2-1～2-4の状態は

、全て通常状態であり、警報はマスクされない。そして、OLT 1は、ONU 2-1~2-4ごとに、ONU 2-1~2-4からスリープモードへ移行することを示す応答であるSleep_Ackを受信した場合に、Sleep_Ackを受信したONU 2-1~2-4について、状態管理テーブル33を、状態をスリープモード (Sleep) へ更新し、開始時刻と復帰時刻を更新する。なお、開始時刻と復帰時刻については、OLT 1がONU 2-1~2-4に対して、Sleep_Requestメッセージを把握しているため、この情報に基づいて更新する。また、OLT 1が、スリープモードから復帰させることをOLT 2-1~2-4へ指示し、その応答を受信した場合には、状態管理テーブル33をディスカバリ処理の直後と同様の状態となるよう更新する。スリープモード中のONU 2-1~2-4から、送信データが発生したことにより通常状態への復帰要求が送信された場合も、当該復帰要求を受信した場合には、状態管理テーブル33をディスカバリ処理の直後と同様の状態となるよう更新する。なお、図11は状態管理テーブル33の一例を示しており、状態管理テーブル33の項目はこれらに限定されない。最低限ONU 2-1~2-4がスリープモードであるか否かの情報が含まれていればよい。

[0083] 図10の説明に戻る。OLT 1は、状態管理テーブル33に基づいて、アクティブ状態のONU 2-1~2-4が3台以上であるか否かを判断し (ステップS66)、3台以上でない場合 (ステップS66 No)、ステップS62へ戻る。アクティブ状態のONU 2-1~2-4が2台以下である場合は、ステップS64で送信バッファ量が無いと判断されたONU 2-1~2-4をスリープモードへ移行させてしまうとアクティブなONU 2-1~2-4が1台以下になってしまう。このため、アクティブ状態のONU 2-1~2-4が2台以下である場合は、送信バッファ量がないONU 2-1~2-4をスリープモードへ遷移させない。

[0084] アクティブ状態のONU 2-1~2-4が3台以上の場合 (ステップS66 Yes)、OLT 1は、送信バッファ量がないONU 2-1~2-4をスリープモードへ移行させる省電力制御を実施して当該ONUに対するスリ

ープモードの開始および終了時刻を決定し（ステップS67）、当該ONUへSleep_Allowを送信する（ステップS68）。その後、当該ONUからSleep_Ackを受信したか否かを判断し（ステップS69）、受信した場合（ステップS69 Yes）は、状態管理テーブル33を更新し（ステップS70）、ステップS62へ戻る。Sleep_Ackを受信しない場合（ステップS69 No）は、そのままステップS62へ戻る。

[0085] なお、ほぼ同時に、複数のONU2-1~2-4について送信バッファ量がないと判断した場合は、当該ONU（休止候補ONU）を全てスリープモードへ移行させないのではなく、休止候補ONUと既にスリープモードとなっているONU2-1~2-4とでスリープモードとなる時間をずらすことにより、常に2台以上がアクティブになるような制御を行ってもよい。

[0086] また、本実施の形態では、スリープモードであるか否かをONUの状態として管理し、全てのONUが同時にスリープモードにならないように制御したが、スリープモード内の周期的な省電力状態と一時起動状態も考慮し、省電力状態であるか一時起動状態であるかについても管理し、省電力状態が全てのONUで重ならないように制御するようにしてもよい。

[0087] 次に、本実施の形態のOLT1における通信経路切替処理について詳細に説明する。なお、本実施の形態では、幹線障害の誤検出を防ぐため、全てのONUがスリープモードである場合に通信経路切替を実施しない制御を実施するが、この制御方法には様々なバリエーションが考えられる。例えば、全てのONUがスリープモードである場合には、障害監視時間以上の間ONU2-1~2-4から信号を受信しなくても、光LOS警報等の幹線障害検出信号を発生させない方法もある。また、光LOS警報等の幹線障害検出信号を発生させない代わりに、全てのONUがスリープモードである場合には、障害監視タイマのカウントを定期的（満了する前に）リセットする等して、障害監視タイマを満了させない方法もある。さらに、光LOS警報等の幹線障害検出信号を発生しても、全てのONUがスリープモードである場合には、通信経路切替処理を実施しないようにするという方法もある。これらの方

法やこれら以外の方法のうち、どの方法を実施してもよいが、ここでは、光LOS警報等の幹線障害検出信号を発生しても、全てのONUがスリープモードである場合には、通信経路切替処理を実施しないようにする方法を採用する例を説明する。すなわち、本実施の形態では、制御部9は、光LOS警報を受信してもすぐには通信路切替（冗長切替）を実施せず、切替を指示するHoldover信号を受信してから通信路切替を実施する。

[0088] 図12は、本実施の形態の通信経路切替手順の一例を示すフローチャートである。OLT1のPON制御部10は、帯域割当てを実施し、GATEメッセージによりONU2-1~2-4に通知する（ステップS71）。そして、障害監視タイマのカウントを開始する（ステップS72）。そして、GATEメッセージに対する応答としてREPORTメッセージを受信したか否かを判断し（ステップS73）、受信した場合（ステップS73 Yes）、ステップS71へ戻り、GATEメッセージを送信した後再度障害監視タイマのカウントを開始する。

[0089] なお、ここでは、GATEメッセージを送信した際に障害監視タイマのカウントを開始する例を説明している。障害監視タイマによる障害時間の監視は、本来受信すべき応答信号が一定時間内に受信できたか否かを監視できればよいため、図12の例のように応答信号を要求する信号（この場合GATEメッセージ）の送信をカウントの開始としてもよいし、図6等では示したように、一定周期内に受信することが予定されている応答信号を受信した時点で、カウントを開始してもよい。応答信号を受信した時点で、カウントを開始する場合は、ステップS72をREPORTメッセージを受信した場合（ステップS73 Yes）の後に移動させ、ステップS72を経由してステップS71へ戻る処理となる。

[0090] REPORTメッセージを受信しない場合（ステップS73 No）、PON制御部10は、障害監視タイマのカウントが満了したか否かを判断し（ステップS74）、満了していない場合は、ステップS73へ戻る（ステップS74 No）。なお、ここでは、幹線障害検出としてMAC LOSを

検出する例を説明するが、光LOSを検出する場合は、REPORTメッセージを受信したか否かではなく有効な光信号を受信したか否かの判断となる。

- [0091] 障害監視タイマのカウントが満了した場合（ステップS74 Yes）、PON制御部10は、光LOS等の幹線障害を検出したことを示す警報（Report Alarm）を発行し（ステップS75）、状態管理テーブル33を更新する（ステップS76）。具体的には、状態管理テーブル33の警報の欄に警報が発生していることを示す情報に更新する。そして、PON制御部10は、状態管理テーブル33を参照し（ステップS77）、1台以上のONUがアクティブであるか否かを判断し（ステップS78）、1台以上のONUがアクティブである場合（ステップS78 Yes）、Holdover信号を制御部9へ送信する（ステップS79）。なお、制御部9を備えない構成の場合は、Holdover信号をsOLT1-2のPON制御部10へ送信する。
- [0092] Holdover信号を受信した制御部9は、通信路切替を予備系に切替えることを指示する冗長切替通知をsOLT1-2へ送信する（ステップS80）。これによりOLT1は、冗長切替が実施し、sOLT1-2によりRTTの再計算が実施され（ステップS81）、ステップS71へ戻る。
- [0093] ステップS78で、全てのONUがアクティブでないと判断した場合（ステップS78 No）、スリープモードのONU2-1~2-4についてONU毎の警報（LOBi等）をマスクすると決定し（ステップS82）、スリープモードのONU2-1~2-4の警報をMaskとするよう状態管理テーブル33を更新し（ステップS83）、ステップS71へ戻る。ONU毎の警報をマスクするとは、例えば、ONU毎に障害検出されても、当該検出結果に対応した処理を実施しないことを意味する。なお、この状態管理テーブル33においてONU毎の警報をMaskとする処理は、各ONUをスリープモードへ移行させたときに行ってもよい。
- [0094] なお、LOBiやLOS等、予想される受信フレームが未受信となった回数を計数して障害検出する方法の場合は、上記の障害監視タイマにより障害

監視時間が経過したか否かの判断の代わりに、予想される受信フレームが未受信となった回数が一定数となったか否かの判断を用いれば、同様の通信経路切替処理を実施できる。

- [0095] また、図 1 1 を用いて説明したように、本実施の形態では、2 台以上の ONU 2-1~2-4 がアクティブになるよう制御しているため、支線（または ONU）障害が誤って幹線障害として検出される可能性を大幅に低減させることができる。
- [0096] 図 1 3 は、本発明にかかる OLT 1 における通信路切替方法を実施した場合のシーケンスの一例を示す図である。図 1 3 の例では、同時にアクティブとなる ONU 2-1~2-4 を 2 台以上となる制御は行わず、省電力制御については従来と同様の制御を行った例を示している。OLT 1 の wOLT 1-1 と ONU 2-1~2-4 は、図 8 の例と同様に、GATE メッセージ送信（ステップ S 3 1）、REPORT メッセージ送信（ステップ S 3 2）、Sleep_Allow 送信（ステップ S 4 2）、Sleep_Ack 送信（ステップ S 4 3）を実施する。そして、wOLT 1-1 の PON 制御部 1 0 は、Sleep_Ack を受信すると上述のように、状態管理テーブル 3 3 を更新する（ステップ S 8 5）。
- [0097] wOLT 1-1 の PON 制御部 1 0 は、REPORT フレームを受信すると障害監視タイマのカウントを開始し（ステップ S 4 1）、ONU 2-1~2-4 が全てスリープモードへ移行したため、障害監視タイマが満了し、幹線障害検出の警報が生成される（ステップ S 4 4）。本実施の形態では、図 1 2 で説明した通り、幹線障害検出の警報が生成されても、wOLT 1-1 の PON 制御部 1 0 は、状態管理テーブル 3 3 を参照して、全ての ONU 2-1~2-4 がスリープモードであることがわかるため、冗長切替は実施されない。この結果、スリープモードから復帰した ONU 2-1~2-4 には、警報の発生前と同じく、wOLT 1-1 から GATE フレームが送信される（ステップ S 3 1 a）。このように、本実施の形態では、幹線障害の誤検出による不要な冗長切替を防ぐことができる。

[0098] 図14は、本実施の形態のOLT1における省電力制御を実施した場合のシーケンスの一例を示す図である。図14は、ONU2-1~2-4の全てについて送信バッファ量がなく、ONU2-1~2-4の全てをスリープモードに移行させることが可能な例を示している。このような例の場合、従来では、ほぼ同時にONU2-1~2-4をスリープモードへ移行させるため、ONU2-1~2-4の全てがスリープモードとなる時間帯があったが、本実施の形態では、同時にアクティブとなるONU2-1~2-4を2台以上とするSleep_Allow送信（ステップS42）を送信している。そして、OLT1は、Sleep_Ackを受信（ステップS43）すると、状態管理テーブル33を更新する（ステップS85）。具体的には、図14の例では、省電力効果の公平性を考慮してラウンドロビン方式により、スリープモードへ移行させる時刻をONU2-1~2-4によりずらすことにより、同時にアクティブとなるONU2-1~2-4を2台以上とするよう制御している。なお、同時にアクティブとなるONU2-1~2-4を2台以上とする、具体的な各ONU2-1~2-4のスリープモードの開始時間の決定方法は、図14の例に限定されない。

[0099] また、図10の例では、アクティブなONU2-1~2-4が3台以下の場合、新たなONU2-1~2-4をスリープモードへ移行させないようにしていたが、新たなONU2-1~2-4をスリープモードへ移行させる場合に、スリープモードへ移行中のONU2-1~2-4を一旦通常状態に復帰させるまたはスリープモードの終了時間をずらして、図14のような制御を行ってもよい。すなわち、既にスリープモードとなっているONU2-1~2-4と新たにスリープモードへ移行させるONU2-1~2-4とに対して図14のようなスリープ時間をずらして2台以上をアクティブとする制御を行ってもよい。

[0100] 次に、ONU2-1~2-4における省電力制御について説明する。図15-1, 15-2は、ONU2-1~2-4における省電力制御手順の一例を示す図である。ONU2-1~2-4のPON制御部20は、まず、初期

設定（ディスカバリ）処理を実施する（ステップS91）。OLT1からフレームを受信すると（ステップS92）、受信したフレームがGATEメッセージ（Gate Frame）であるか否かを判断し（ステップS93）、GATEメッセージでない（すなわち、データフレーム（Data Frame）である）場合（ステップS93 No）、データフレームを受信し（ステップS94）、データの種別を判別する（ステップS95）。

[0101] そして、受信したフレームがSleep_Alowであるか否かを判断し（ステップS96）、Sleep_Alowである場合（ステップS96 Yes）、PON制御部20は、送信バッファ量（送信バッファ23の蓄積量）を参照し（ステップS97）、送信バッファ量があるか否かを判断する（ステップS98）。送信バッファ量がない場合（ステップS98 No）、Sleep_Ackを返信する（ステップS99）。そして、PON制御部20は、スリープモードにおける1回の省電力状態の継続時間であるスリープ時間を計測するためのタイマ（Sleep_Timer）のカウントを開始し（ステップS100）、光送信器27（または光送信器27および光受信器26）を省電力状態（Sleep_Duration）へ移行させる（ステップS101）。PON制御部20は、Sleep_Timerのカウントが満了したか否かを判断し（ステップS102）、満了した場合（ステップS102 Yes）、光送信器27（または光送信器27および光受信器26）を一時起動状態へ移行させる（ステップS103）。

[0102] そして、PON制御部20は、GATEメッセージを受信し（ステップS104）、送信バッファ量を参照して（ステップS105）、送信バッファ量があるか否かを判断する（ステップS106）。送信バッファ量がない場合（ステップS106 No）、送信バッファ量（この場合は送信バッファ量がないことを示す値）をREPORTメッセージに入力し（ステップS107）、REPORTメッセージを送信し（ステップS108）、ステップS101へ戻る。

[0103] ステップS96で、Sleep_Alowでないと判断した場合（ステップS96 No）、受信データに対して所定のデータ処理を実施し（ステップS10

9)、ステップS92へ戻る。ステップS98で、送信バッファ量があると判断した場合(ステップS98 Yes)、Sleep_Ack(Wakeup)を返信する(ステップS110)。Sleep_Ack(Wakeup)は、スリープモードへの移行を承諾する上述のSleep_Ackとは異なり、通常状態への復帰を要求するフレームである。そして、REPORTメッセージ、データフレームを送信し(ステップS111)、ステップS92へ戻る。

[0104] ステップS93でGATEメッセージであった場合(ステップS93 Yes)、GATEメッセージを受信し(ステップS112)、送信バッファ量を参照し(ステップS113)、送信バッファ量をREPORTメッセージに入力する(ステップS114)。そして、送信許可時刻まで待機した後(ステップS115)、REPORTメッセージを送信し(ステップS116)、ステップS92へ戻る。

[0105] また、ステップS106で送信バッファ量がある場合(ステップS106 Yes)、PON制御部20は、Sleep_Ack(Wakeup)を返信し(ステップS117)、REPORTメッセージ、データフレームを送信し(ステップS118)、ステップS92へ戻る。

[0106] また、以上の説明では、光スプリッタが1台であり、支線が一段階であったが、光スプリッタが多段階に設定され、支線が多段階となるような構成も考えられる。図16は、支線が多段階となる構成例を示す図である。OLT1および現用系幹線光ファイバ7-1、予備系幹線光ファイバ7-2は、図2の例と同様であるが、図16の例では、1段目の光スプリッタ3-1と2段目の光スプリッタ3-2、3-3の2段階の構成となっている。光スプリッタ3-1は、現用系幹線光ファイバ7-1、予備系幹線光ファイバ7-2と接続されるとともに、光スプリッタ3-2、3-3に支線光ファイバ6-1、6-2でそれぞれ接続される。光スプリッタ3-2は、支線光ファイバ6-1により光スプリッタ3-1と接続されるとともに、各支線によりONU2-1~2-4と接続され、光スプリッタ3-3は、支線光ファイバ6-2により光スプリッタ3-1と接続されるとともに、各支線によりONU2

ー5～2ー8と接続される。ここで、1段階目の支線である支線光ファイバ6ー1, 6ー2を支線#1とし、光スプリッタ3ー2, 3ー3とONU2ー1～2ー8を接続する支線を支線#2とする。

[0107] 図16に示すような、多段階の構成の場合、同時にアクティブとする2台以上のONUが同一の支線#1に接続するONUであった場合（例えば、ONU2ー1とONU2ー2がアクティブの場合）、支線#1の障害であるか、幹線障害であるかの区別ができない。従って、このような場合には、OLT1は、ONU毎に、どの支線#1に接続するONUであるかという情報を保持しておき、同時にアクティブとするONUを異なる支線#1に接続するONUとなるよう制御することが望ましい。例えば、図16のように、支線光ファイバ6ー1に接続するONU2ー1と支線光ファイバ6ー2に接続するONU2ー5とをアクティブとする。

[0108] 以上のように、本実施の形態では、OLT1が、ONU2ー1～2ー4の省電力の状態を状態管理テーブル33を用いて管理し、状態管理テーブル33を用いて冗長切替を実施するか否かを判断するようにした。このため、幹線障害の誤検出による不要な冗長切替を防ぐことができる。また、同時にアクティブとするONU2ー1～2ー4の台数を2台以上とするよう省電力制御を実施することで、支線障害と幹線障害の判別を実施することができる。

[0109] 実施の形態2.

図17は、本発明にかかるPONシステムの実施の形態2の構成例を示す図である。本実施の形態のPONシステムは、図17に示すように、多段構成であり、OLT1と幹線ファイバ7により接続される光スプリッタ3は、支線光ファイバ50ー1～50ー4（1段階目の支線光ファイバ）に接続される。実施の形態1と同様の機能を有する構成要素は、実施の形態1と同一の符号を付して重複する説明を省略する。支線光ファイバ50ー1, 50ー2, 50ー3, 50ー4は、それぞれ支線スプリッタ51ー1, 51ー2, 51ー3, 51ー4に接続される。支線スプリッタ51ー1は、支線光ファイバ61ー1～61ー8（2段階目の支線光ファイバ）を介してONU71ー1

～71-8に接続される。同様に、支線スプリッタ51-2, 51-3, 51-4は支線光ファイバ52-2, 52-3, 52-4にそれぞれ接続されるとともに支線光ファイバ62-1～62-8, 63-1～63-8, 64-1～64-8にそれぞれ接続される。ONU71-1～71-8, 72-1～72-8, 73-1～73-8, 74-1～74-8の構成は、実施の形態1で説明したONU2-1と同様である。なお、図17では、図の簡略化のため、支線光ファイバ50-2, 50-3に接続される支線光ファイバ62-1～62-8, 63-1～63-8およびONU72-1～72-8, 73-1～73-8の図示を省略している。また、支線スプリッタの数および各支線スプリッタに2段目の支線光ファイバを介して接続されるONUの数は、図17の例に限定されない。

[0110] OLT1は、管理者装置(EMS(Element Management System))80およびデータセンター90に接続される。なお、図17では、OLT1が管理者装置80とデータセンター90の両方に接続される例を示しているがいずれか一方のみと接続されていてもよい。管理者装置80、データセンター90の少なくともいずれか一方は、図17に示した接続関係を把握しているとする。そして、各ONUが、どのスプリッタの配下に位置するか、またONUの接続するスプリッタが何段目のスプリッタであるか等のONU位置情報をデータベースとして保持しているとする。

[0111] 本実施の形態では、多段構成の場合に、OLT1が、管理者装置80またはデータセンター90が有するデータベースからONUの位置情報を取得し、PON制御部10は、自身が管理する各ONUの個体識別情報に基づいて、実施の形態1で述べた状態管理テーブル33に位置情報を追加する。図18は、本実施の形態の状態管理テーブル33の構成例を示す図である。図18の状態情報の欄には、実施の形態1の状態管理テーブル33と同様の情報が格納され、本実施の形態ではさらにONUごとの位置情報が格納される。OLT1は、状態管理テーブル33の状態情報については、実施の形態1と同様の手順で更新する。

[0112] 図17に示す多段構成において、実施の形態1で述べたようにONUの省電力制御を実施する際、1段目の支線光ファイバ（支線光ファイバ50-1～50-4）の障害と幹線ファイバ7の障害とを区別するには、異なる支線スプリッタ51-1～51-4に接続するONUが同時に複数アクティブとなるようにONUの省電力制御を実施すればよい。

[0113] 図19は、本実施の形態の省電力制御方法の一例を示す図である。図19では、スリープモードの期間を点線で示し、アクティブの期間を実線で示している。図19に示すように、異なる支線スプリッタ51-1～51-4の配下の（異なる支線スプリッタ51-1～51-4に接続する）ONUが、2つ以上同時にアクティブとなるように、ONUの省電力制御を実施する。異なる支線スプリッタ51-1～51-4に接続するONUが、2つ以上同時にアクティブとなるようにしておけば、支線光ファイバ50-1～50-4（または支線スプリッタ51-1～51-4）に障害が発生した場合、OLT1は、障害が発生していない支線光ファイバ50-1～50-4に接続するONUから応答を受信することができる。なお、図19では、図の簡略化のため、各支線スプリッタの配下のONUを1つずつ示しているが、支線スプリッタの配下に2つ以上のONUが存在する場合も同様で、異なる支線スプリッタ51-1～51-4の配下のONUが、2つ以上同時にアクティブとなっていればよい。

[0114] OLT1は、図18に例示した位置情報を含む状態管理テーブル33を用いて、実施の形態1と同様のONUの省電力制御を実施する。省電力制御の方法は、上記のように異なる支線スプリッタ51-1～51-4に接続するONUが、2つ以上同時にアクティブとなるようにする以外は、実施の形態1と同様である。

[0115] なお、以上説明した例では、支線が2段となった例を示したが、支線の段数は3段以上であってもよい。3段以上の場合、幹線障害と区別したい支線の直下に接続する支線スプリッタについて、異なる光スプリッタの配下のONUが、2つ以上同時にアクティブとなるように制御する。

- [0116] また、本実施の形態においても、現用系OLTが管理している状態管理テーブル33の各種情報は、制御部9を介して予備系OLTに転送され、幹線切り替え後に、予備系OLTはこれらの情報を用いてONUの省電力制御を実施する。
- [0117] また、本実施の形態では、管理者装置80、データセンター90からONUの位置情報を取得するようにしたが、ONUごとのサービス利用状況等についても管理者装置80、データセンター90から取得するようにしてもよい。
- [0118] 以上のように、本実施の形態では、多段の構成を有する場合に、OLT1は、管理者装置80、データセンター90のうち少なくとも一方から各ONUの位置情報を取得し、状態管理テーブル33に位置情報も格納して管理する。そして、OLT1は、状態管理テーブル33に基づいて、異なる支線スプリッタ51-1~51-4に接続するONUが、2つ以上同時にアクティブとなるようにONUの省電力制御を実施するようにした。このため、幹線障害の誤検出による不要な冗長切替を防ぐことができる。

産業上の利用可能性

- [0119] 以上のように、本発明にかかる光伝送システム、局側光終端装置および通信回線切替方法は、OLTを冗長化したPONシステムに有用であり、特に、省電力制御を行うPONシステムに適している。

符号の説明

- [0120] 1 OLT、1-1 wOLT、1-2 sOLT、2-1~2-N、7
1-1~71-8、74-1~74-8 ONU、3 光スプリッタ、4
上位ネットワーク、5-1、5-2 ユーザ端末、6-1~6-N、50-
1~50-4、61-1~61-8、64-1~64-8 支線光ファイバ
、7 幹線光ファイバ、7-1 現用系幹線光ファイバ、7-2 予備系幹
線光ファイバ、8 L2SW、9 制御部、10、20 PON制御部、1
1、21 物理層処理部、12、22 WDMカプラ、13、23 送信バ
ッファ、14、24 受信バッファ、15、25 光送受信器、16、26

光受信器、17, 27 光送信器、18, 28 受信部、19, 29 送信部、30, 35 信号処理部、31, 36 バッファ監視部、32 スリープ制御信号処理部、33 状態管理テーブル、34, 40 タイムカウンタ、37 リンク監視部、38 状態テーブル、39 スリープ制御部、51-1~51-4 支線スプリッタ。

請求の範囲

[請求項1] 省電力モードに遷移可能な加入者側光終端装置と、局側光終端装置と、前記局側光終端装置と冗長化された幹線により接続されるとともに前記加入者側光終端装置とそれぞれ支線により接続される光スプリッタとを備える光伝送システムであって、

前記局側光終端装置は、前記加入者側光終端装置の省電力モードに関する情報である省電力情報を管理し、前記省電力情報に基づいて、前記幹線の冗長切替を制御することを特徴とする光伝送システム。

[請求項2] 前記局側光終端装置は、
前記省電力情報として、前記加入者側光終端装置ごとに前記加入者側光終端装置が省電力モードであるか否かを示す状態情報を含み、

前記状態情報に基づいて前記加入者側光終端装置が省電力モードであるか否かを判断し、省電力モードでない前記加入者側光終端装置からの応答信号に基づいて前記幹線の冗長切替を実施するか否かを判断し、省電力モードの前記加入者側光終端装置からの応答信号を前記幹線の冗長切替の実施の判断に用いないことを特徴とする請求項1に記載の光伝送システム。

[請求項3] 前記局側光終端装置は、
前記加入者側光終端装置から当該加入者側光終端装置が省電力モードへの移行をすることを示す通知を受信した場合に当該通知に基づいて前記状態情報を更新し、

前記加入者側光終端装置から、当該加入者側光終端装置が省電力モードから通常モードに復帰することを示す通知を受信した場合に当該通知に基づいて前記状態情報を更新する、ことを特徴とする請求項2に記載の光伝送システム。

[請求項4] 前記局側光終端装置は、
前記加入者側光終端装置から電源断通知を受信した場合、前記電源断通知の送信元の前記加入者側光終端装置に対応する前記状態情報を

省電力モードであることを示す値に更新することを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の光伝送システム。

[請求項5] 前記局側光終端装置は、前記加入者側光終端装置ごとに前記応答信号を所定の障害検出時間内に受信しなかった場合に障害として検出する障害検出処理を行うとし、省電力モードの前記加入者側光終端装置については前記応答信号を前記所定の障害検出時間内に受信しなかった場合に前記障害として検出しないことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 つに記載の光伝送システム。

[請求項6] 前記局側光終端装置は、いずれの前記加入者側光終端装置からも前記応答信号を所定の障害検出時間内に受信しなかった場合に幹線障害として検出する幹線障害検出処理を行うとし、全ての前記加入者側光終端装置が省電力モードであった場合は前記応答信号を前記所定の障害検出時間内に受信しなかった場合に前記幹線障害として検出しないことを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 つに記載の光伝送システム。

[請求項7] 前記局側光終端装置は、いずれの前記加入者側光終端装置からも前記応答信号を所定の障害検出時間内に受信しなかった場合に幹線障害として検出する幹線障害検出処理を行うとし、全ての前記加入者側光終端装置が省電力モードであった場合は前記幹線障害を検出しても前記幹線の冗長切替を実施しないことを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 つに記載の光伝送システム。

[請求項8] 前記局側光終端装置は、
前記加入者側光終端装置ごとに前記加入者側光終端装置における省電力モードの開始および終了時間を制御し、前記開始および終了時間を前記省電力情報として管理し、省電力モードでない前記加入者側光終端装置が 1 台以上存在するよう前記加入者側光終端装置ごとの前記開始および終了時間を決定し、省電力モードでない前記加入者側光終端装置からの応答信号に基づいて前記幹線の冗長切替を実施するか否

かの判断を行うことを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の光伝送システム。

[請求項9] 省電力モードでない前記加入者側光終端装置が2台以上存在するよう前記加入者側光終端装置ごとの前記開始および終了時間を決定することを特徴とする請求項8に記載の光伝送システム。

[請求項10] 前記応答信号を帯域割当通知に対する応答信号とすることを特徴とする請求項2～9のいずれか1つに記載の光伝送システム。

[請求項11] 省電力モードに遷移可能な加入者側光終端装置と光スプリッタ経由で接続される局側光終端装置であって、

前記光スプリッタとの間の幹線が冗長化され、前記光スプリッタとそれぞれ支線により接続され、

前記加入者側光終端装置の省電力モードに関する情報である省電力情報を管理し、前記省電力情報に基づいて、前記幹線の冗長切替を制御するPON制御部、

を備えることを特徴とする局側光終端装置。

[請求項12] 省電力モードに遷移可能な加入者側光終端装置と、局側光終端装置と、前記局側光終端装置と冗長化された幹線により接続されるとともに前記加入者側光終端装置とそれぞれ支線により接続される光スプリッタとを備える光伝送システムにおける通信回線切替方法であって、前記局側光終端装置が、

前記加入者側光終端装置の省電力モードに関する省電力情報を管理する管理ステップと、

前記省電力情報に基づいて、前記幹線の冗長切替を制御する切替ステップと、

を含むことを特徴とする通信回線切替方法。

[請求項13] 前記支線および前記光スプリッタが多段に接続され、

前記局側光終端装置は、前記加入者側光終端装置ごとに当該加入者側光終端装置が接続する前記光スプリッタを示す情報を含む位置情報

を保持し、前記位置情報と前記省電力情報とに基づいて、前記加入者側光終端装置ごとの前記開始および終了時間を決定することを特徴とする請求項 8 に記載の光伝送システム。

[請求項14] 前記局側光終端装置は、前記位置情報と前記省電力情報とに基づいて、同一段の異なる前記光スプリッタに接続する前記加入者側光終端装置が 2 台以上省電力モードでない状態となるよう前記加入者側光終端装置ごとの前記開始および終了時間を決定することを特徴とする請求項 1 3 に記載の光伝送システム。

[請求項15] 前記局側光終端装置は、前記位置情報を管理者装置またはデータセンターから取得することを特徴とする請求項 1 3 または 1 4 に記載の光伝送システム。

[請求項16] 前記支線および前記光スプリッタが多段に接続され、
前記 P O N 制御部は、前記加入者側光終端装置ごとに当該加入者側光終端装置が接続する前記光スプリッタを示す情報を含む位置情報を保持し、前記加入者側光終端装置ごとに前記加入者側光終端装置における省電力モードの開始および終了時間を制御し、前記開始および終了時間を前記省電力情報として管理し、前記位置情報と前記省電力情報とに基づいて、前記加入者側光終端装置ごとの前記開始および終了時間を決定し、省電力モードでない前記加入者側光終端装置からの応答信号に基づいて前記幹線の冗長切替を実施するか否かの判断を行うことを特徴とする請求項 1 1 に記載の局側光終端装置。

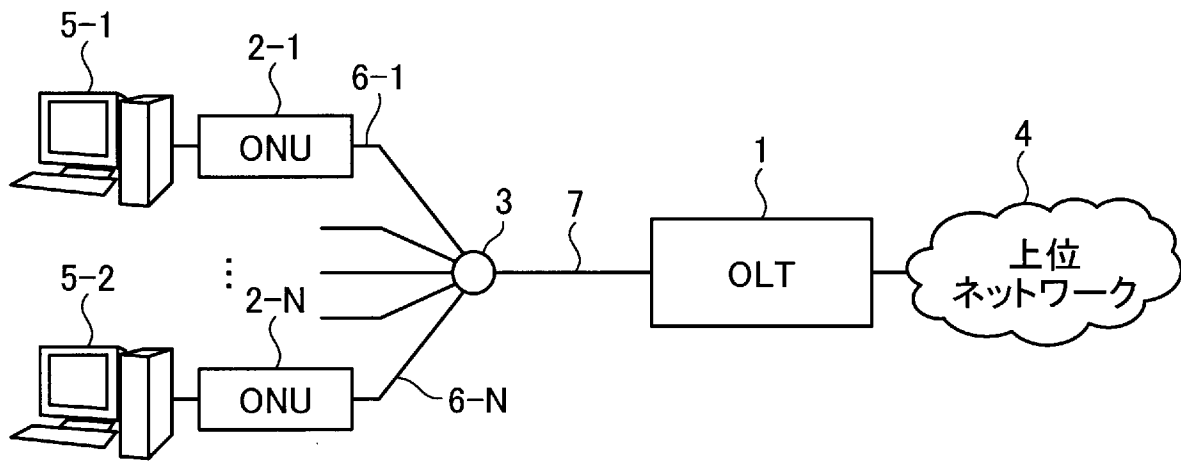
[請求項17] 前記支線および前記光スプリッタが多段に接続され、
前記局側光終端装置が、前記加入者側光終端装置ごとに当該加入者側光終端装置が接続する前記光スプリッタを示す情報を含む位置情報を保持し、前記加入者側光終端装置ごとに前記加入者側光終端装置における省電力モードの開始および終了時間を制御し、前記開始および終了時間を前記省電力情報として管理し、前記位置情報と前記省電力情報とに基づいて、前記加入者側光終端装置ごとの前記開始および終

了時間を決定する省電力制御ステップ、

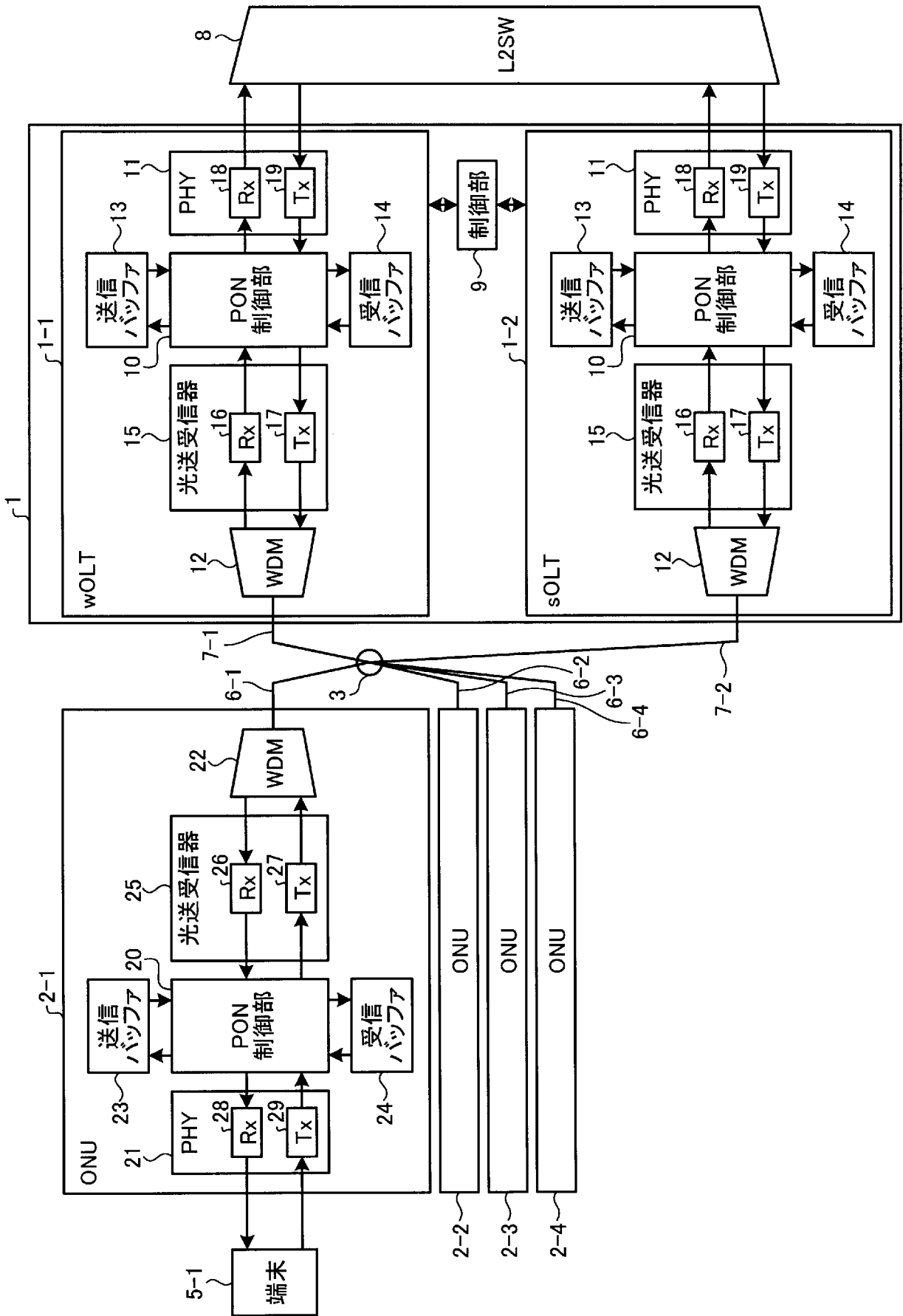
をさらに含み、

前記切替ステップでは、省電力モードでない前記加入者側光終端装置からの応答信号に基づいて前記幹線の冗長切替を実施するか否かの判断を行うことを特徴とする請求項 1 2 に記載の通信回線切替方法。

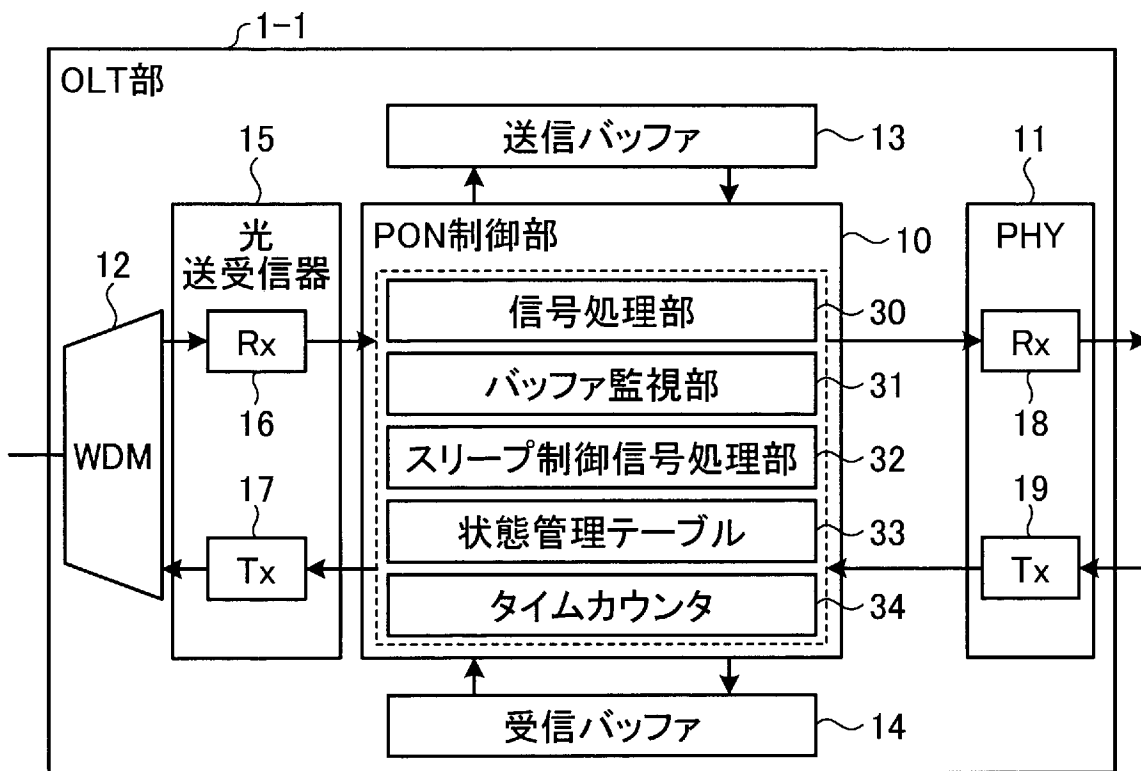
[図1]



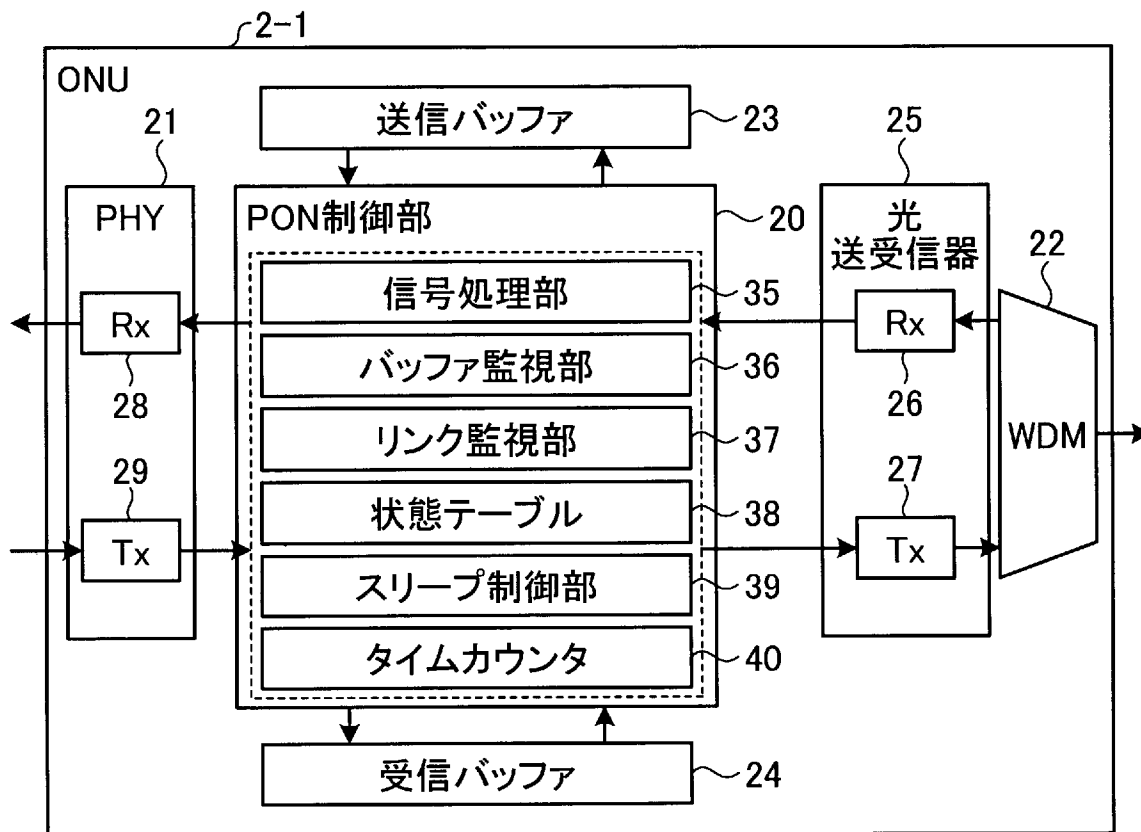
[図2]



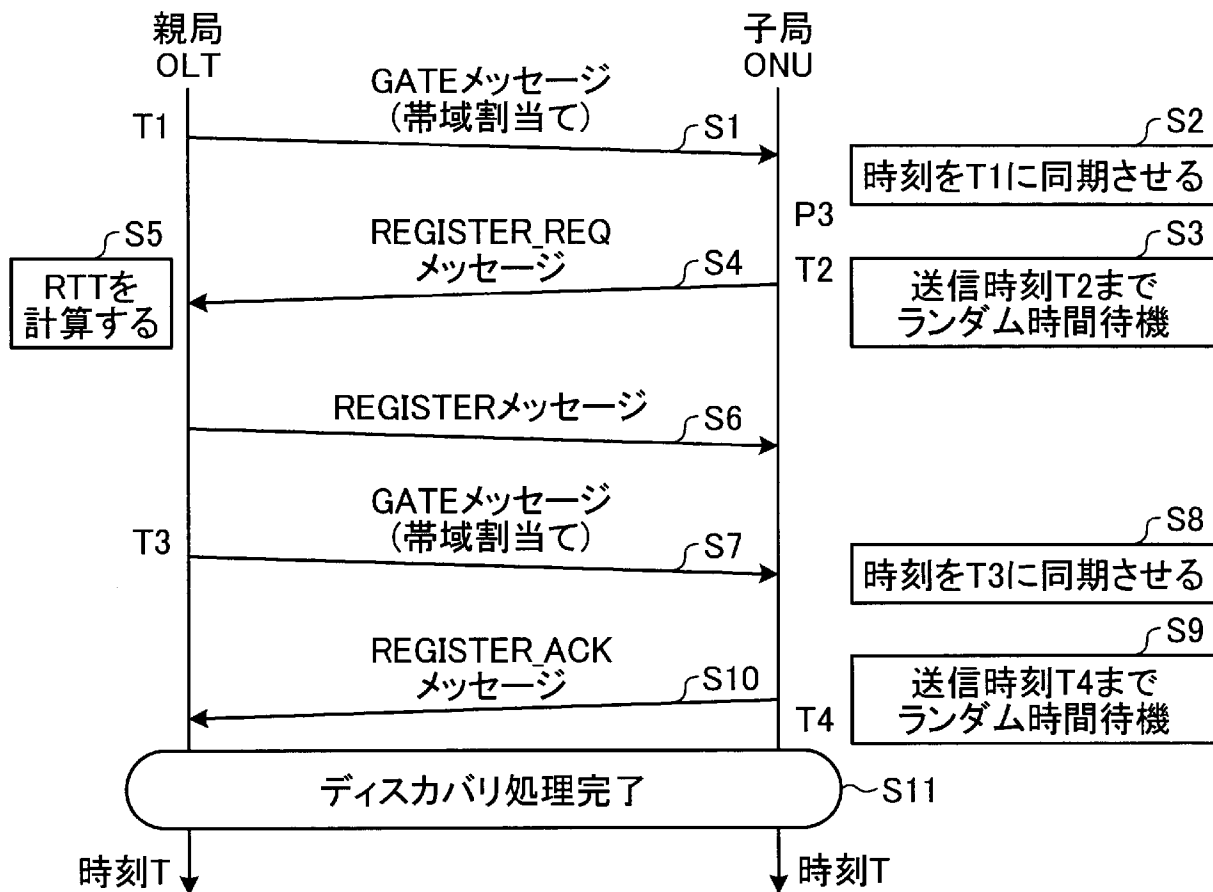
[図3]



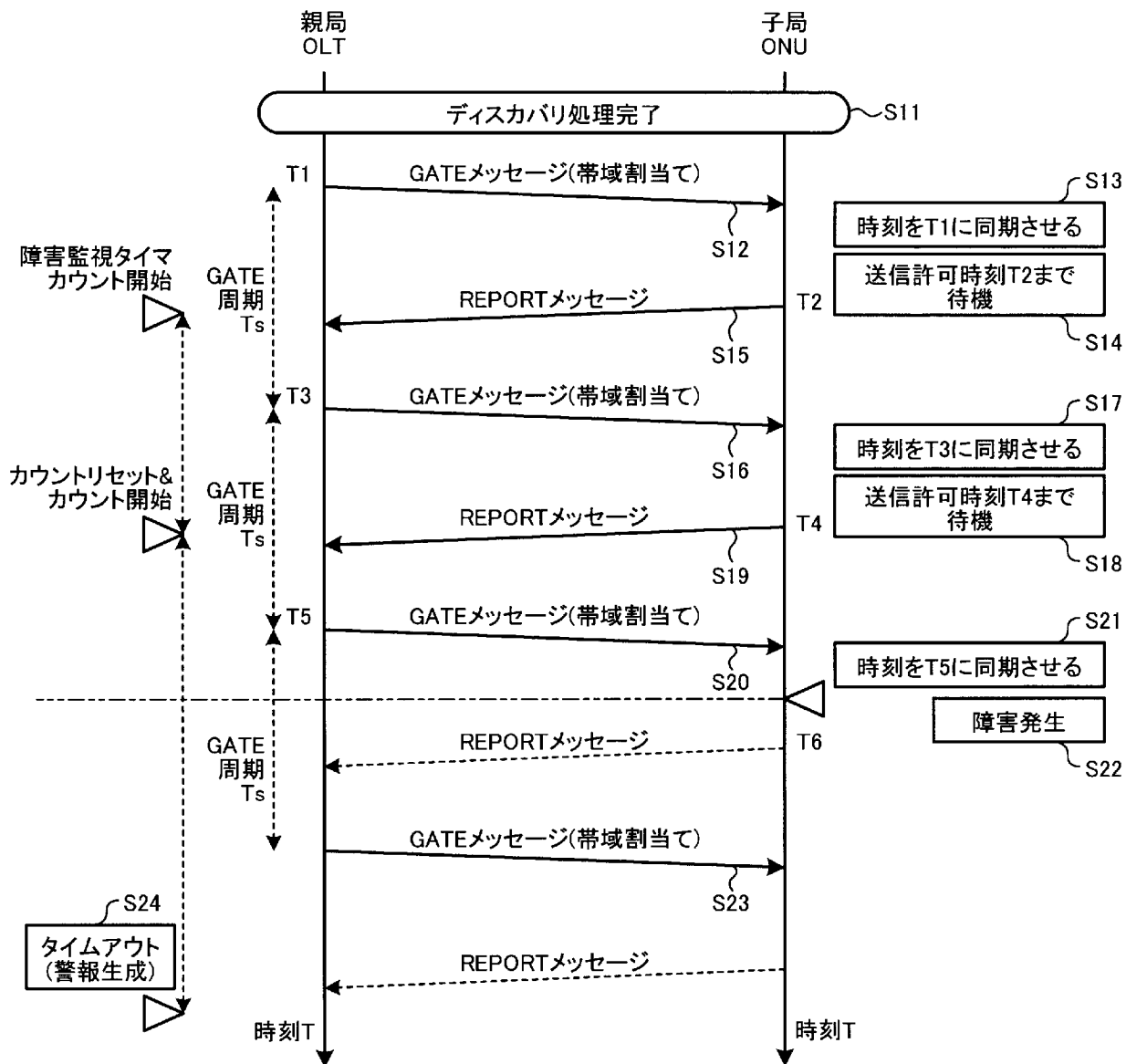
[図4]



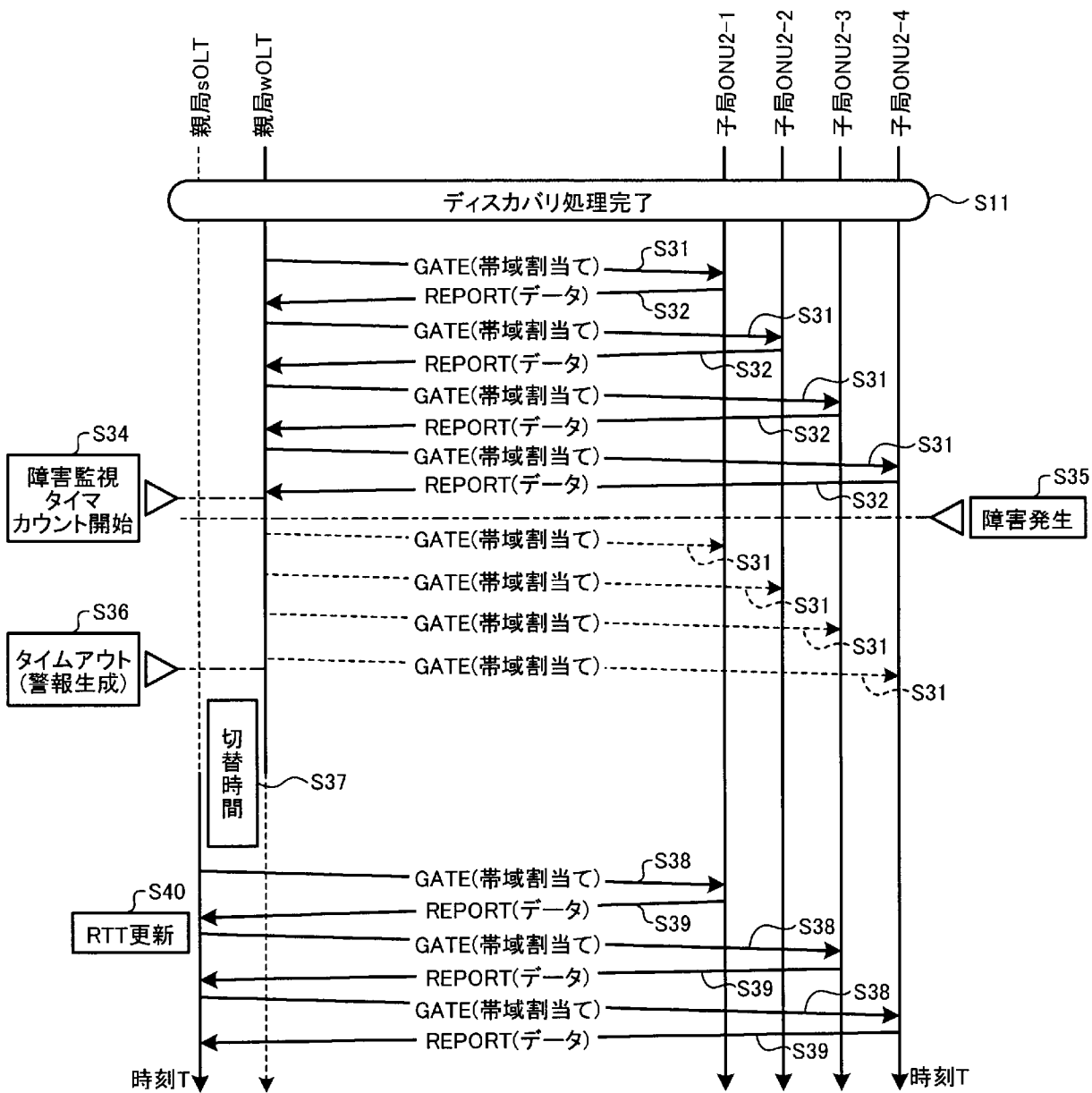
[図5]



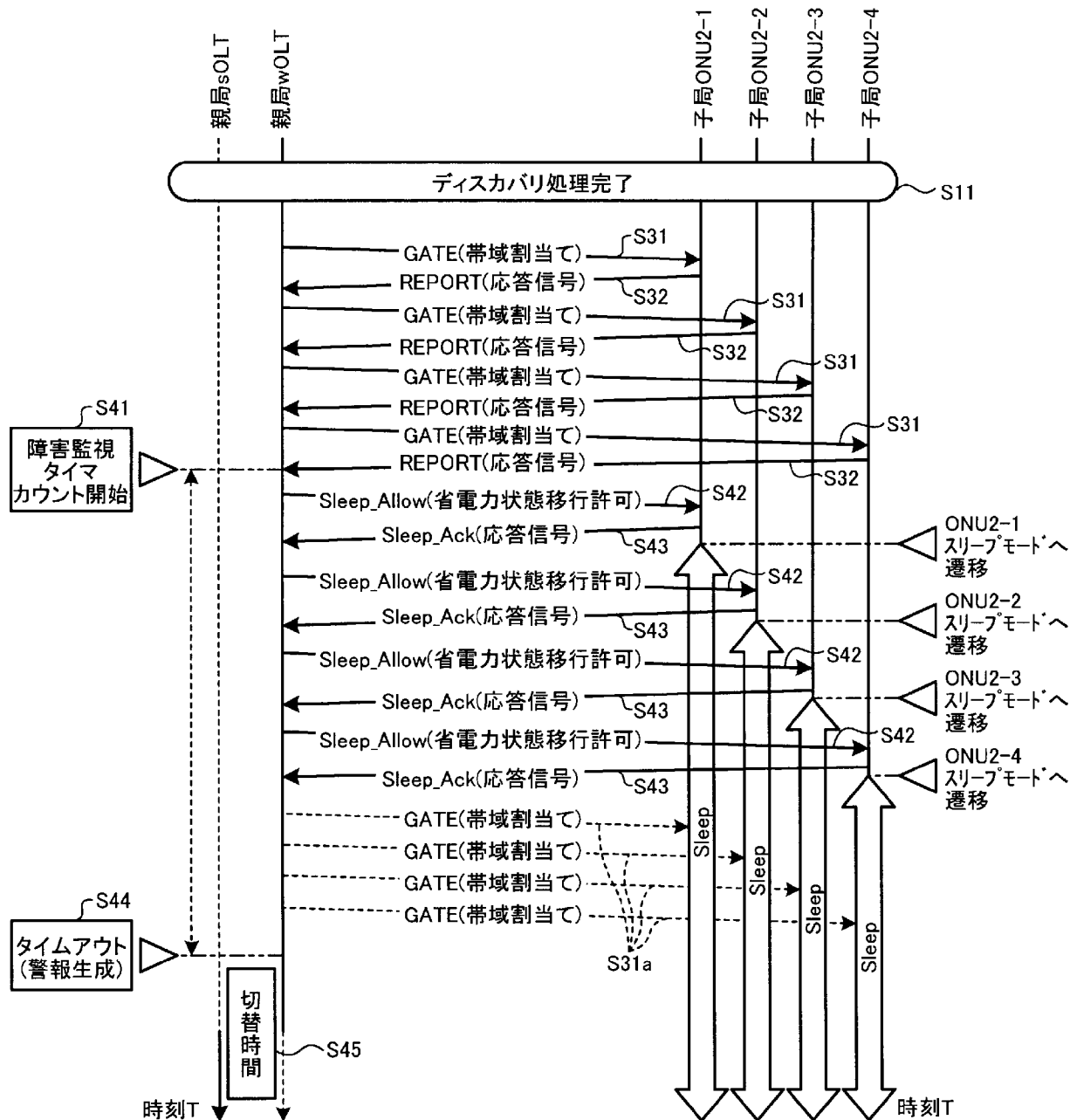
[図6]



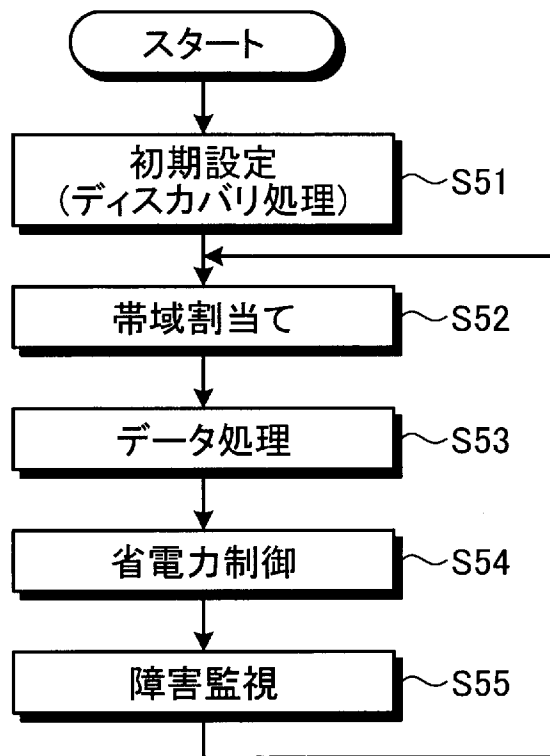
[図7]



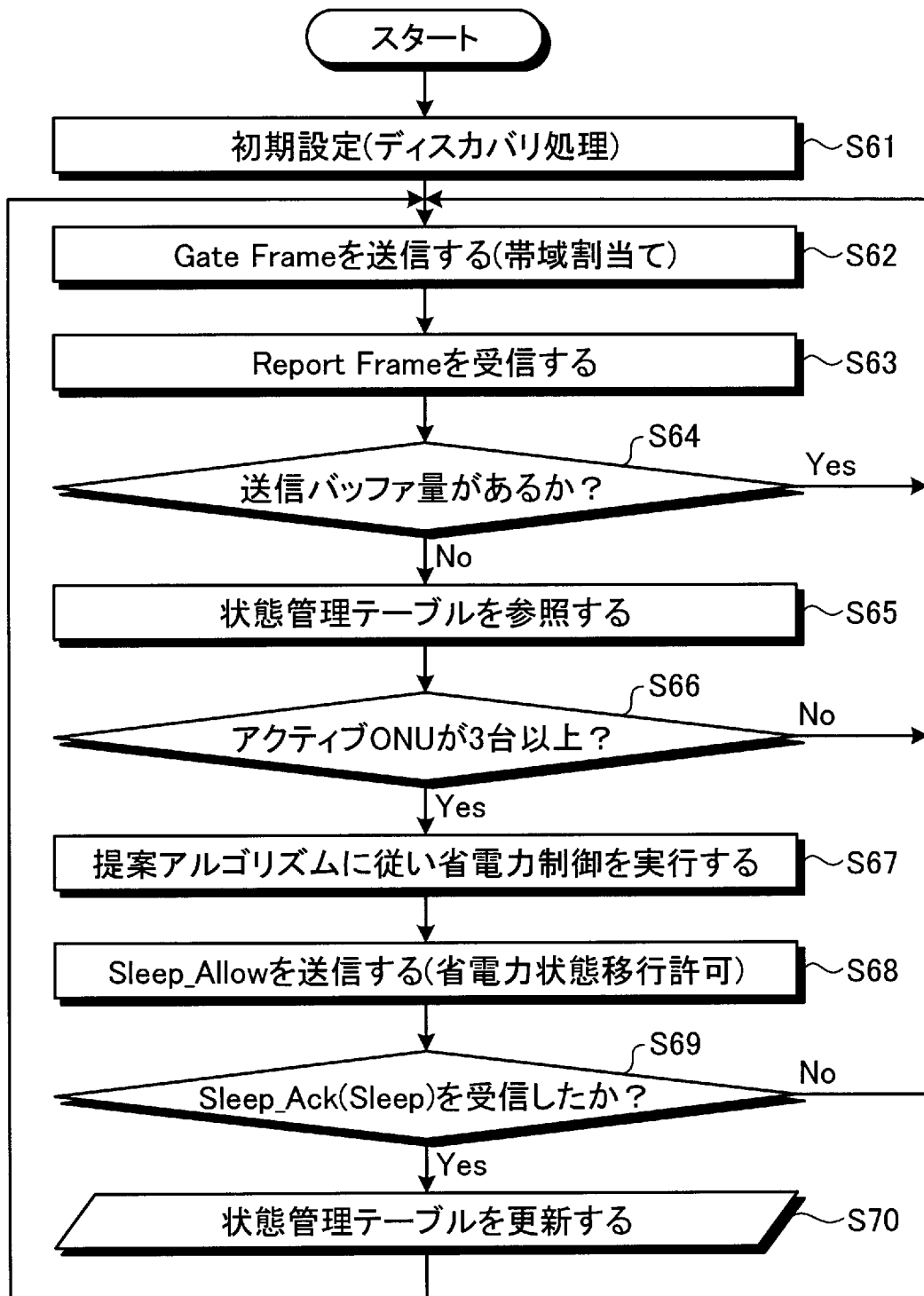
[図8]



[図9]



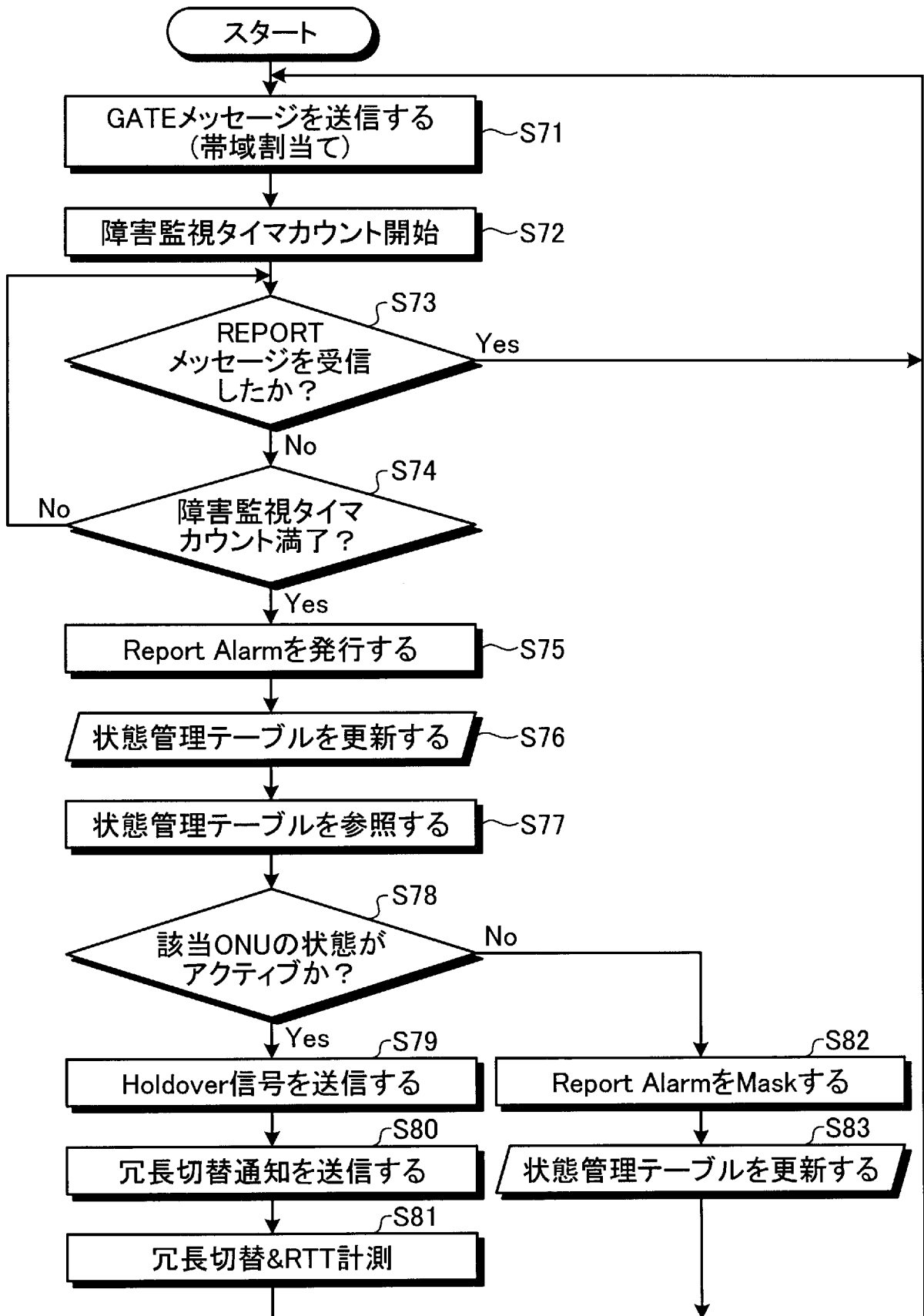
[図10]



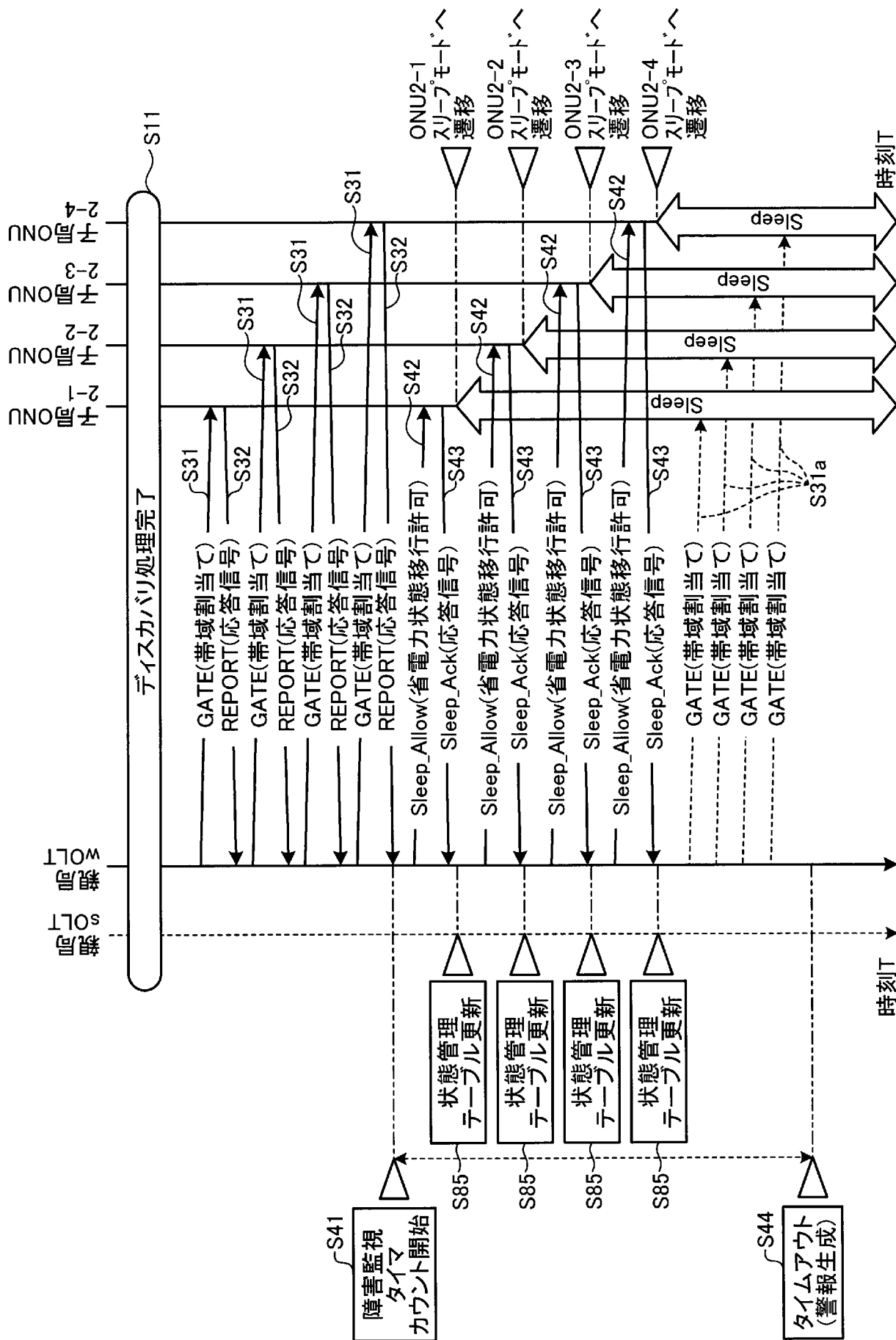
[図11]

ONU NO	State	Alarm	切替トリガ	開始時刻	復帰時刻
ONU2-1	Active	-	監視	-	-
ONU2-2	Sleep	Mask	-	T1	T3
ONU2-3	Active	-	監視	-	-
ONU2-4	Sleep	Mask	-	T2	T4

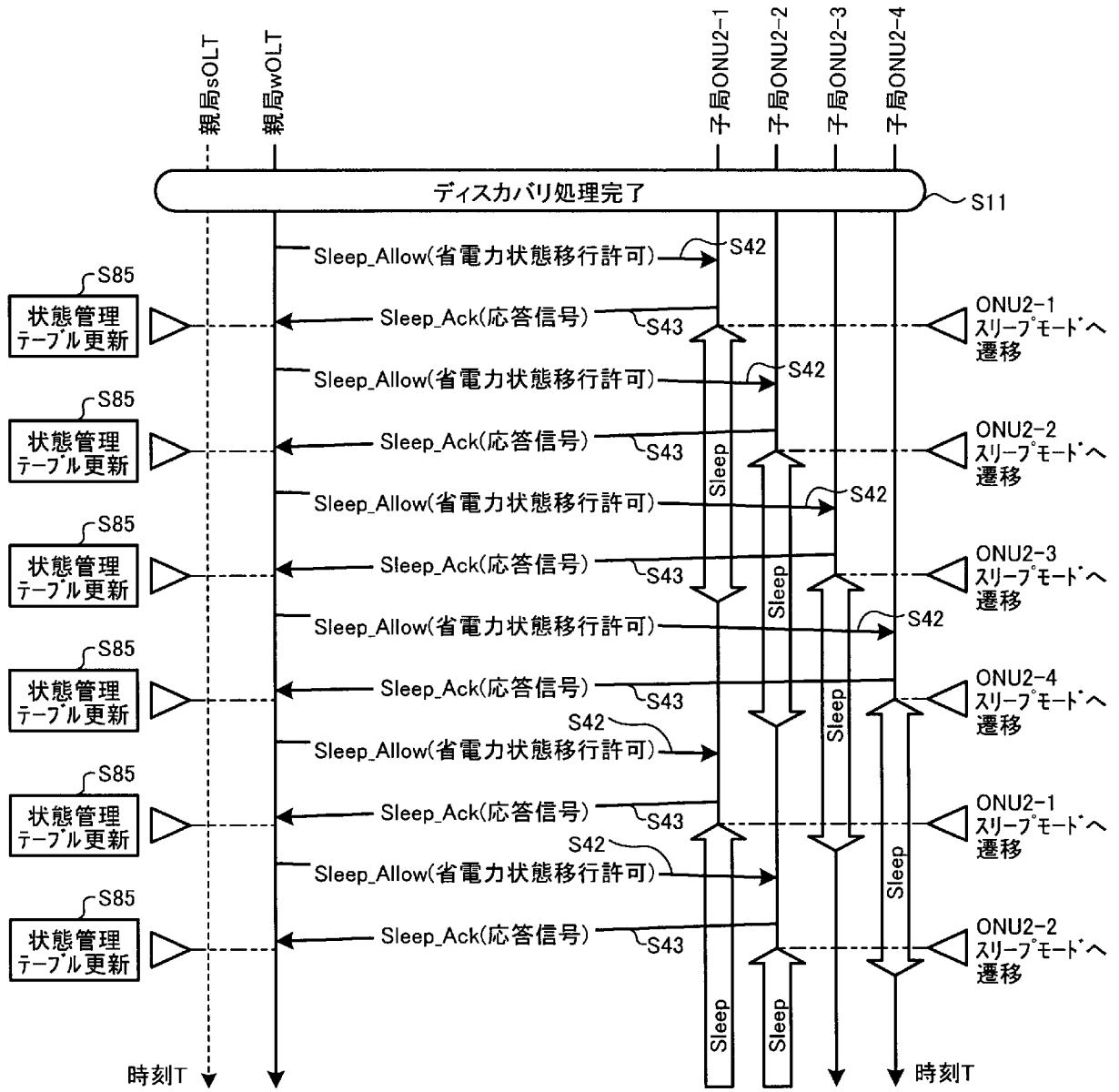
[図12]



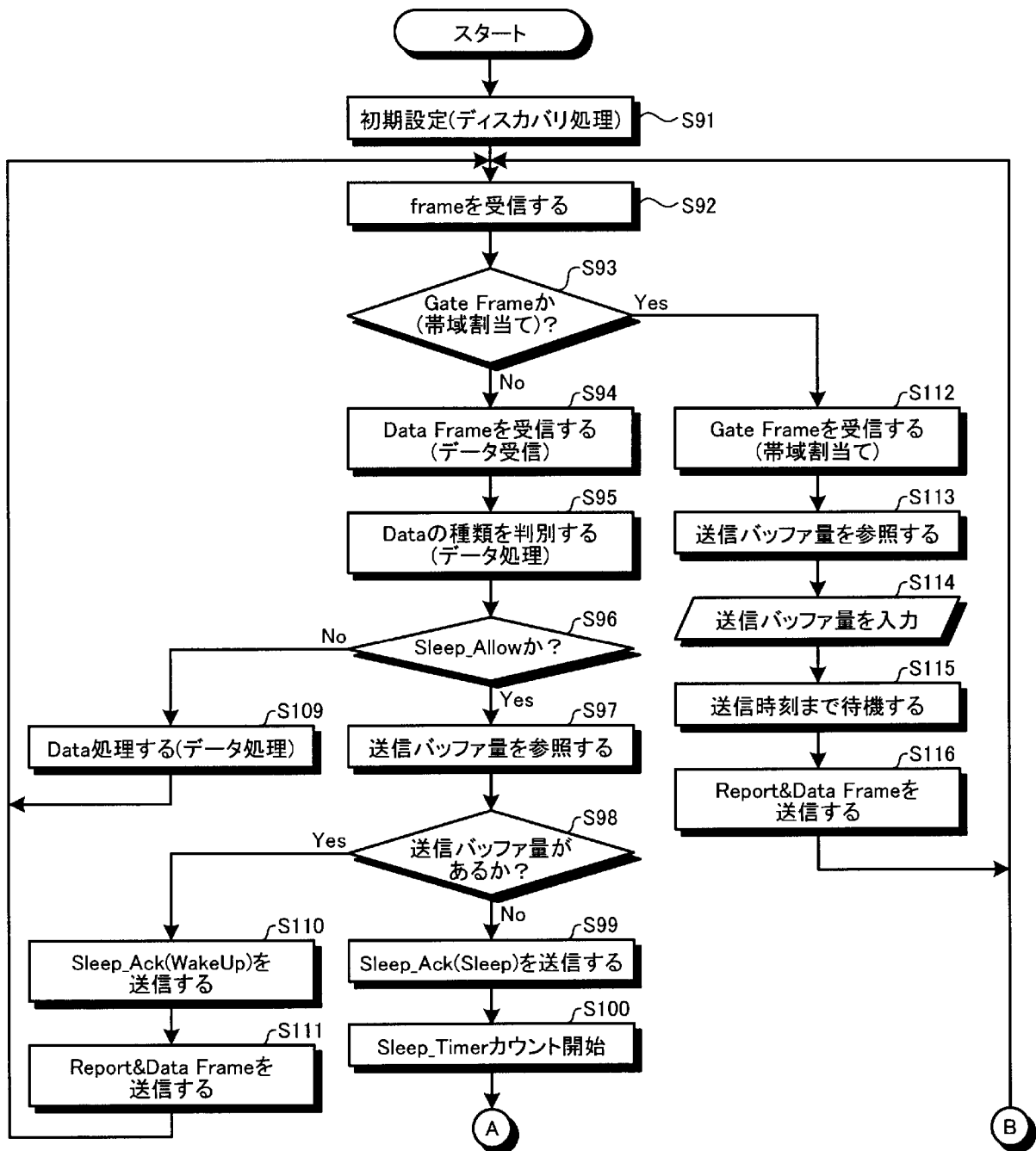
[図13]



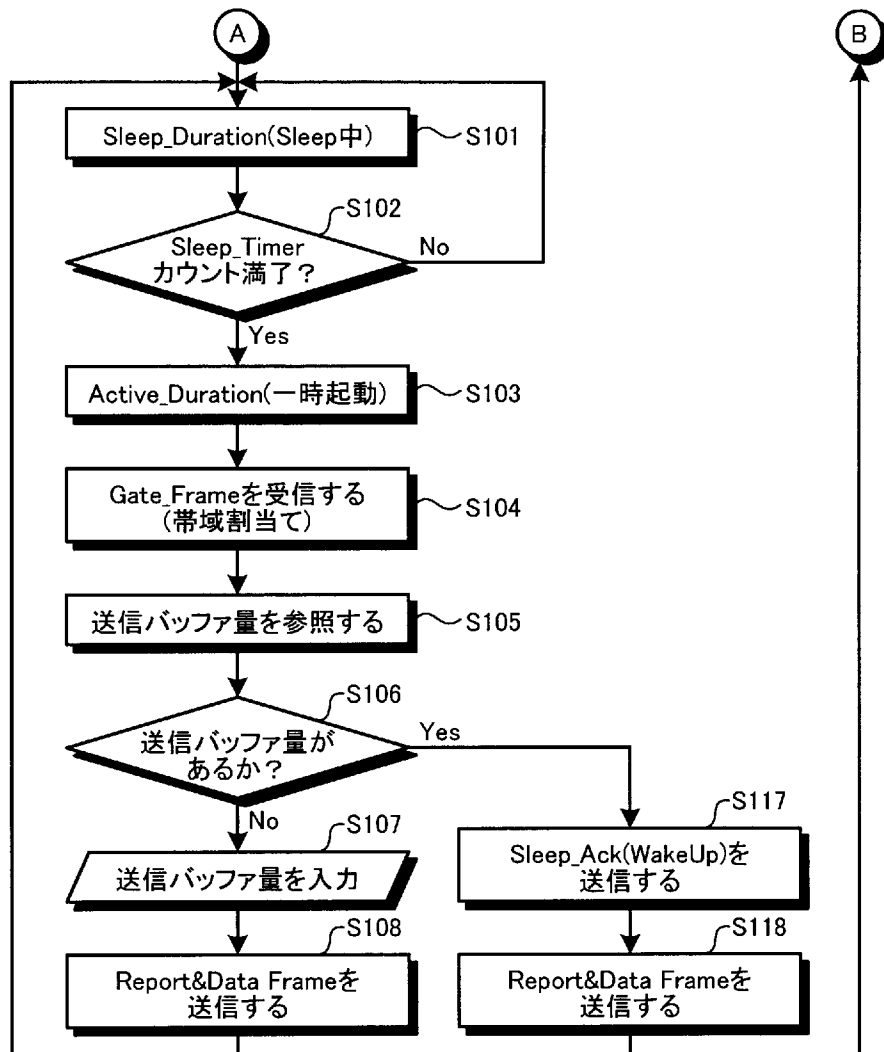
[図14]



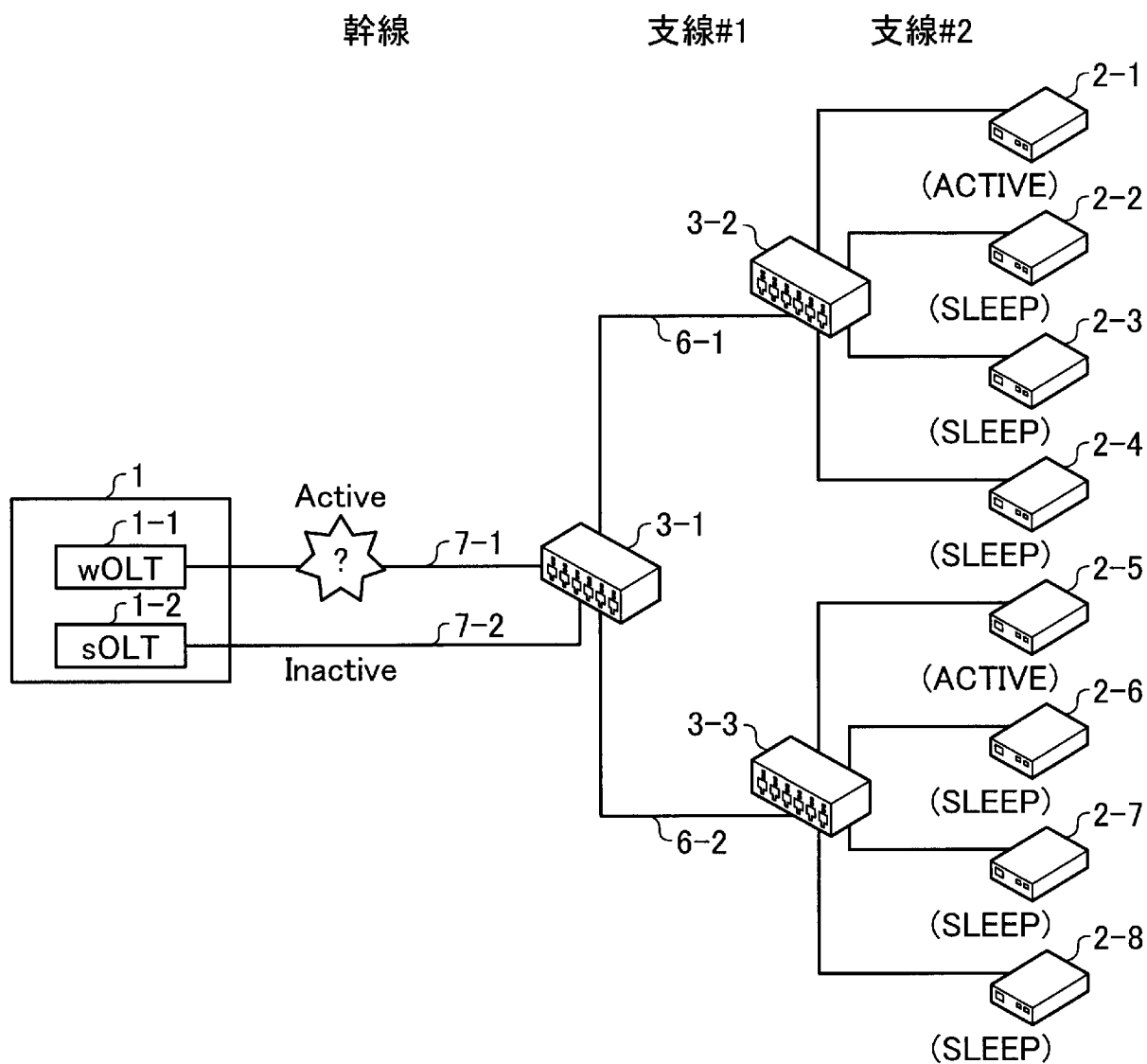
[図15-1]



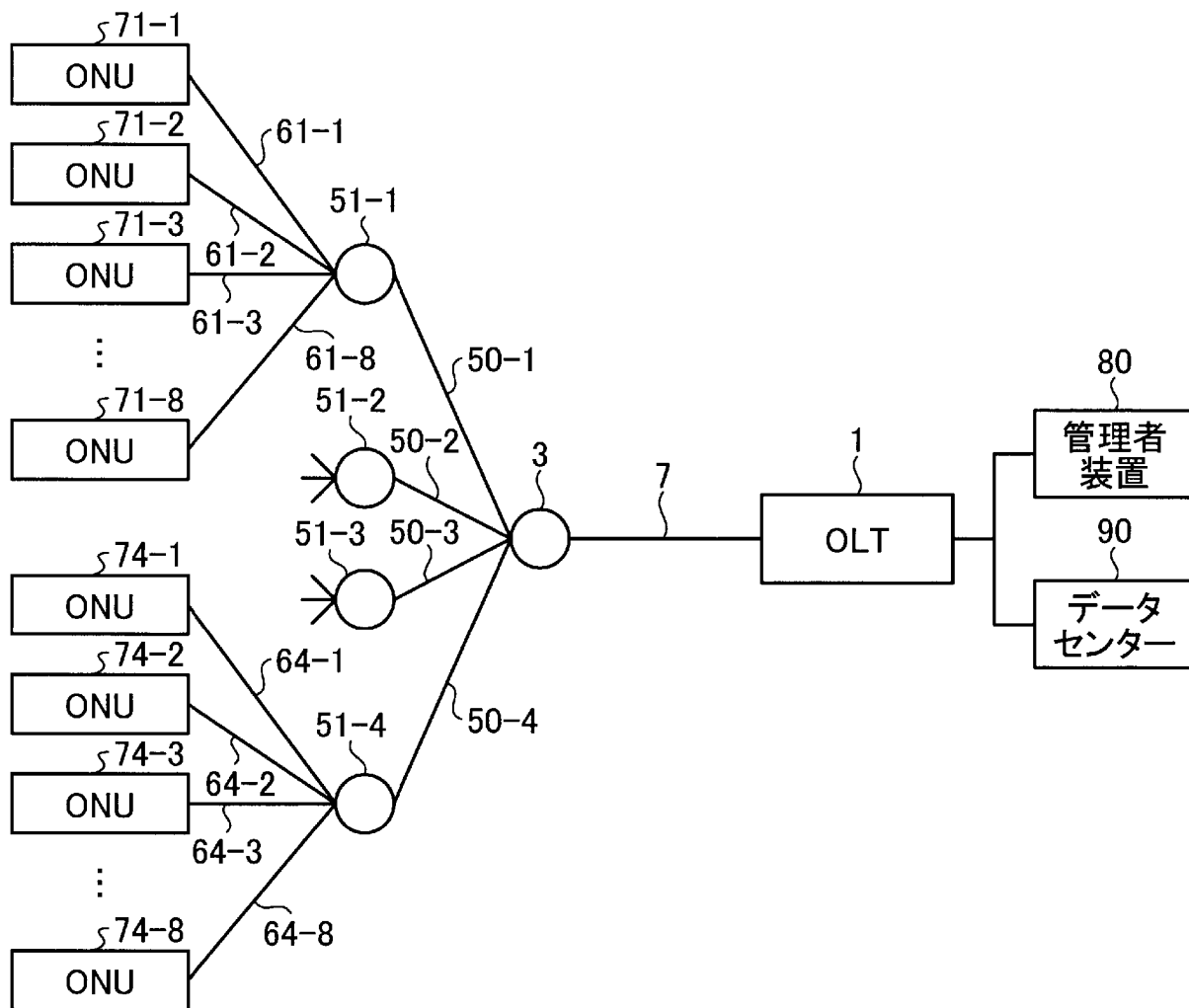
[図15-2]



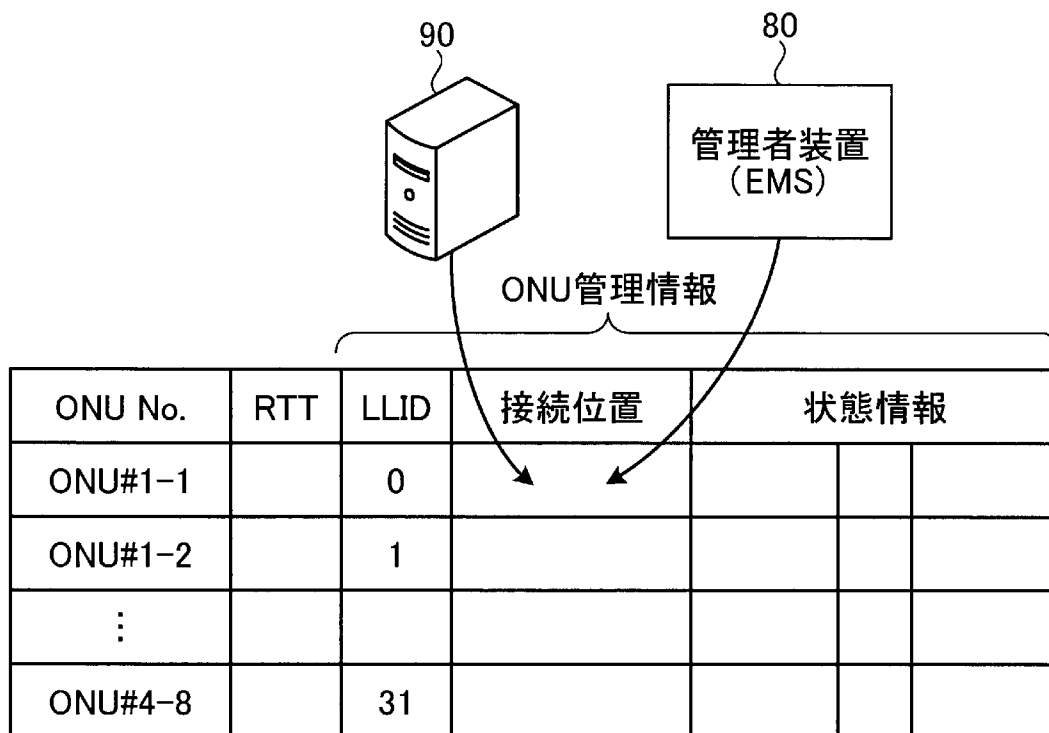
[図16]



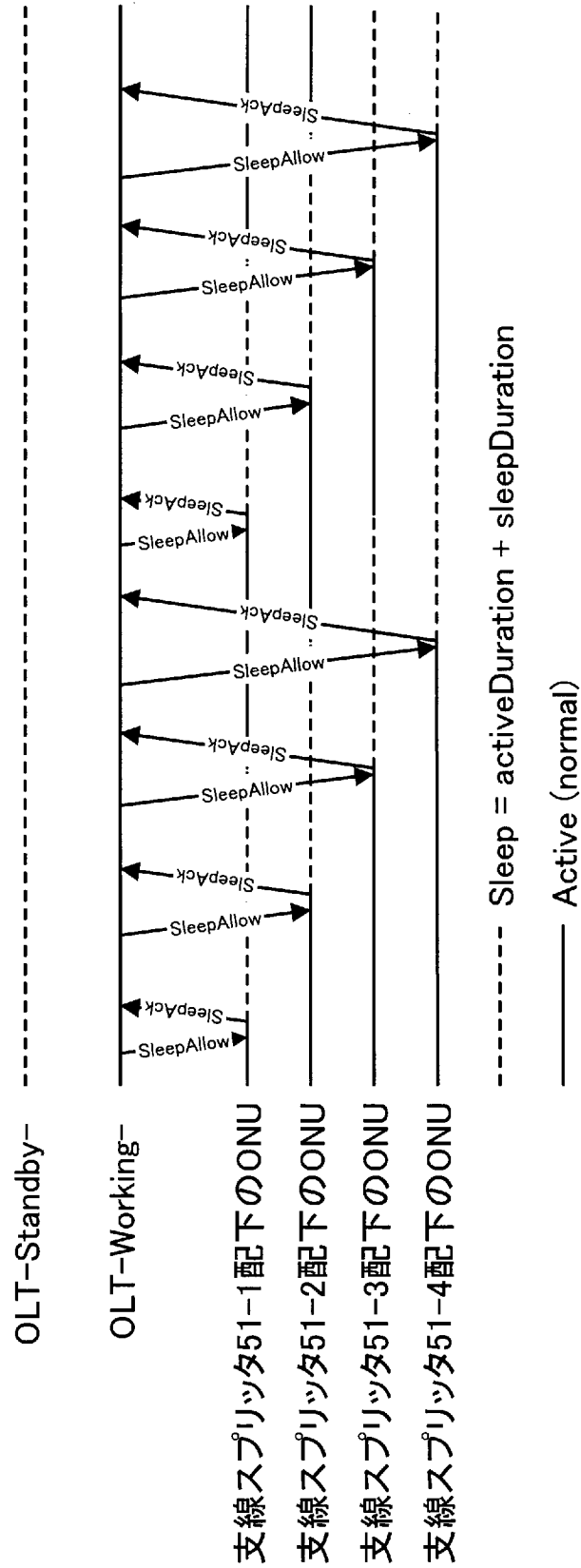
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/057091

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L12/44 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L12/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X	Kenji MINEFUJI et al., "Jochoka PON System ni Okeru Shogai Kenshutsu ni Kansuru Kento", 2012	1, 2, 5-7, 10-12
Y	Nen The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Sogo Taikai, 06 March 2012 (06.03.2012), page 287(B-8-33), paragraph of '2. PON Protection ni Okeru Kadai', paragraph of '3. ONU Sleep Kanri o Mochiita Shogai Kenshutsu Hoshiki'	3, 4
A		8, 9, 13-17
Y	JP 2012-95089 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 17 May 2012 (17.05.2012), paragraphs [0010] to [0019], [0073] to [0077], [0094] to [0126]; fig. 1 to 14 (Family: none)	3, 4

 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
02 April, 2013 (02.04.13)Date of mailing of the international search report
09 April, 2013 (09.04.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/057091

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	WO 2012/176531 A1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 27 December 2012 (27.12.2012), paragraphs [0172] to [0176]; fig. 1 (Family: none)	1-17

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04L12/44(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04L12/44		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2013年 日本国実用新案登録公報 1996-2013年 日本国登録実用新案公報 1994-2013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
X Y A	峯藤 健司 他、「冗長化 PON システムにおける障害検出に関する 検討」、2012年電子情報通信学会総合大会、2012年3月6日、 p. 287(B-8-33) 「2. PON プロテクションにおける課題」の項、「3. ONU スリープ管理 を用いた障害検出方式」の項	1, 2, 5-7, 10-12 3, 4 8, 9, 13-17
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 0 2 . 0 4 . 2 0 1 3	国際調査報告の発送日 0 9 . 0 4 . 2 0 1 3	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 玉木 宏治 電話番号 03-3581-1101 内線 3596	5 X 3 0 4 7

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2012-95089 A(住友電気工業株式会社) 2012. 05. 17 第 0010 段落から第 0019 段落、第 0073 段落から第 0077 段落、 第 0094 段落から第 0126 段落、第 1 図から第 14 図 (ファミリーなし)	3, 4
P, A	WO 2012/176531 A1(住友電気工業株式会社) 2012. 12. 27 第 0172 段落から第 0176 段落、第 1 図 (ファミリーなし)	1-17