

(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  
2012 年 12 月 27 日(27.12.2012)



(10) 国際公開番号  
**WO 2012/176894 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H04M 11/00* (2006.01) *H04L 12/44* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/066046
- (22) 国際出願日: 2012 年 6 月 22 日(22.06.2012)
- (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 2011-140291 2011 年 6 月 24 日(24.06.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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二丁目 3 番 1 号 Tokyo  
(JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 三浦 直樹  
(MIURA, Naoki) [JP/JP]; 〒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). 田中 伸幸 (TANAKA, Nobuyuki)  
[JP/JP]; 〒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).  
坂本 健 (SAKAMOTO, Takeshi) [JP/JP]; 〒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). 浦野 正美 (UR-  
ANO, Masami) [JP/JP]; 〒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). 中西 衛 (NAKANISHI, Mamoru)  
[JP/JP]; 〒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: 山川 政樹, 外 (YAMAKAWA, Masaki et  
al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町 2 丁目 1 1  
番 1 号 山王パークタワー 4 階 山川国際特許  
事務所内 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, 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, 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.

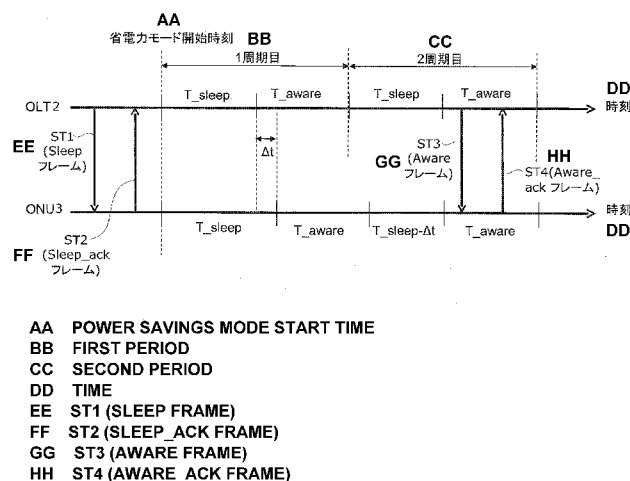
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保  
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,  
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATION SYSTEM, COMMUNICATION METHOD AND CHILD STATION OF COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 通信システム、通信方法及び通信システムの子局

[図5]



(57) Abstract: A child station (3) of a communication system performs communication while synchronizing the reference time of a parent station (2) with the local time (RT) of a child station (3). When the child station (3) switches from normal mode to power savings mode in response to a command for a mode-change from the parent station (2), the error ( $\Delta t$ ) between the reference time of the parent station (2) and the local time (RT) of the child station (3) that occurs in the interim is used to correct a suspension period during which the child station (3) device is inactive, a non-suspension period, or both of the periods in the power savings mode, whereby the parent station (2) and the child station (3) are synchronized so that it is possible to reliably and efficiently pass control frames (CF) from the parent station (2) to the child station (3).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/176894 A1



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))

通信システムの子局(3)は、親局(2)の基準時刻と子局(3)のローカル時刻(RT)とを同期させながら通信を行い、親局(2)からのモード変更の指示に応じて子局(3)が通常モードから省電力モードへ切り換えたとき、その間に発生する親局(2)の基準時刻と子局(3)のローカル時刻 RT との誤差( $\Delta t$ )を用いて、省電力モードで子局(3)の装置を停止している停止期間または非停止期間あるいはその両期間に対して補正を行うことにより、親局(2)と子局(3)との同期を取り、親局(2)からの制御フレーム(CF)を子局(3)へ確実かつ効率的に受け渡すことができる。

## 明 細 書

### 発明の名称：通信システム、通信方法及び通信システムの子局 技術分野

[0001] 本発明は、通信システム、通信方法及び通信システムの子局に関し、例えば、親局と子局で構成される通信システムにおいて、通常モードから、機能の一部または全てが停止した省電力モードへ子局を移行させる際の通信方法に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、親局と子局との間で構成される通信システムの1つにP O N (Passive Optical Network) システムがある。このP O Nシステムは、局舎に設置されるO L T (Optical Line Terminal) を親局、各ユーザ宅に設置されるO N U (Optical Network Unit) を子局として、ポイント・ツー・マルチポイントにより通信を行うようになされたものである。

[0003] 図1は、P O Nシステム1の構成を示す。図1において、P O Nシステム1は、局舎に設置されるO L T 2と、各ユーザ宅にそれぞれ設置される複数m個のO N U 3<sub>-1</sub>、3<sub>-2</sub>、……、3<sub>-m</sub>と、これら複数m個のO N U 3 (3<sub>-1</sub>、3<sub>-2</sub>、……、3<sub>-m</sub>) を1 : mに接続する光ファイバ4および光スプリッタ5とによって構成される。なおO L T 2には、外部ネットワーク6が接続されている。因みに、各O N U 3とO L T 2との間を光ファイバ4および光スプリッタ5により結ぶ区間をP O N区間7と呼ぶ。

[0004] P O Nシステム1では、複数のO N U 3から送信される信号が、光スプリッタ5により束ねられた状態でO L T 2へ届く。そのためP O Nシステム1では、各O N U 3からの信号が衝突しないように、各O N U 3が信号を送信するタイミングを規定している（例えば、非特許文献1および非特許文献2を参照）。

[0005] O L T 2は本規定に従って基準時刻を定期的に各O N U 3へ送信するとともに、各O N U 3が信号を送信してよい時刻を各O N U 3へ通知する。各O

ONU 3は、OLT 2から受信した基準時刻に自身のローカル時刻をセットし、当該ローカル時刻が指定時刻になると、信号を送信してOLT 2との通信を行うようになされている。

[0006] ところでPONシステム1では、各ユーザ宅それぞれにONU 3が設置される。そのため、全てのONU 3の消費電力量は、ネットワーク全体の消費電力量の中でも割合が大きく、ONU 3には省電力化が求められている。

[0007] ONU 3の省電力方式としては、例えば、Cyclic Sleep方式がある（例えば、非特許文献3を参照）。このCyclic Sleep方式において、ONU 3は省電力モードと通常モードの2つのモードを有する。省電力モードはONU 3がCyclic Sleepを行っているモードであり、通常モードはCyclic Sleepを行っていないモードである。

[0008] このCyclic Sleep方式において、省電力モードのONU 3は、Sleep状態とAware状態とを周期的に繰り返すようになされている。ここで、Sleep状態とは、装置の一部または全体を停止して電力の使用を抑制している状態を意味し、Aware状態とは装置を起動して電力の使用を抑制していない状態を意味する。以下では、ONU 3がSleep状態にある期間をSleep期間と呼び、Aware状態にある期間をAware期間と呼ぶ。さらに、Sleep期間の始まりからAware期間の終了までを1周期と呼ぶ。また、OLT 2と各ONU 3との間で送受信する信号を、装置内部の信号と区別するためフレームと呼ぶ。ここでフレームには、ユーザフレームと制御フレームとがあり、ユーザフレームは外部ネットワーク6と宅内ネットワークとの間でやり取りされるフレームの総称であり、制御フレームはユーザフレーム以外のフレーム（後述のSleepフレーム、Sleep\_Ackフレーム、Awareフレーム、Aware\_Ackフレーム等を含む）。

[0009] このCyclic Sleep方式の通信プロセスを次の図2に示す。Cyclic Sleep方式では、OLT 2がONU 3に対して、通常モードから省電力モードへの移行または省電力モードから通常モードへの復帰を指示するようになされている。

[0010] 實際上、図2において、まず、OLT 2が通信量等に基づいて特定のON

Ｕ３を省電力モードとすることを決定し、それを指示するための制御フレーム（この場合、Sleepフレーム）をステップＳＴ１の時点で該当ＯＮＵ３へ送信する。このSleepフレームを受信したＯＮＵ３は、省電力モードへの移行を了解したことを知らせる制御フレーム（この場合、Sleep\_Ackフレーム）をステップＳＴ２の時点でＯＬＴ２へ返信する。

[0011] そして、ＯＮＵ３はSleep\_AckフレームをＯＬＴ２へ送信してから、予め事前に設定しておいたSleep期間（以下、「 $T_{sleep}$ 」と呼ぶ）だけSleep状態となる。このSleep期間が終了すると、ＯＮＵ３は予め事前に設定しておいたAwake期間（以下、「 $T_{aware}$ 」と呼ぶ）だけAwake状態となる。このAwake期間が終了するまでにＯＬＴ２から何も指示されないと、ＯＮＵ３は再び $T_{sleep}$ だけSleep状態となり、以後これを周期的に繰り返すようになされている。

[0012] Cyclic Sleep方式において、ＯＮＵ３をこの省電力モードから通常モードへ復帰させるには、ＯＬＴ２が省電力モードからの復帰を指示するための制御フレーム（この場合、Awakeフレーム）をステップＳＴ３の時点でＯＮＵ３へ送出する。ＯＮＵ３は、このAwakeフレームを受信すると、省電力モードから通常モードへ復帰し、それを知らせるための制御フレーム（この場合、Awake\_Ackフレーム）をステップＳＴ４の時点でＯＬＴ２へ送信する。以後、ＯＮＵ３はＯＬＴ２から再び制御フレーム（Sleepフレーム）を受信するまで通常モードとなる。

[0013] なお、Cyclic Sleep方式においては、１周期目にSleep期間が開始される時刻を省電力モード開始時刻と呼び、この省電力モード開始時刻はＯＬＴ２及びＯＮＵ３間で同期がとれることとする。

[0014] 以上のCyclic Sleep方式を実装したＯＬＴ２及びＯＮＵ３の具体的な構成例を図３に示す。ＯＬＴ２は、親局通信部２１と、当該ＯＬＴ２と接続されるＯＮＵ数分（ $m$ 個）の親局電力制御部２２<sub>-1</sub>～２２<sub>- $m$</sub> とによって構成されている。

[0015] ＯＬＴ２は、親局通信部２１に対して非特許文献１または非特許文献２により規定されたプロトコルが実装されている。ＯＬＴ２は、定期的に基準時

刻を通知するための制御フレームを親局通信部 2 1 から P O N 区間 7 を介して O N U 3 へ送信しながら、当該 O N U 3 との接続を維持し、外部ネットワーク 6 から入力されるユーザフレームを親局通信部 2 1 および P O N 区間 7 を経由して O N U 3 へと送信する。また O L T 2 は、宅内ネットワーク 8 から O N U 3 に入力され、その O N U 3 から P O N 区間 7 を介して送信されてくるユーザフレームを、親局通信部 2 1 を経由して外部ネットワーク 6 へと送信する。

[0016] O L T 2 における  $m$  個の親局電力制御部 2 2 ( $2 2_{-1} \sim 2 2_{-m}$ ) は、当該 O L T 2 と接続された各 O N U 3 に対応し、各 O N U 3 が省電力モードであるべきか通常モードであるべきかを制御する。O L T 2 では、各親局電力制御部 2 2 に対して、対応する O N U 3 の通信量  $Q 1$  が親局通信部 2 1 から入力され、親局電力制御部 2 2 はこの通信量  $Q 1$  に基づいて該当 O N U 3 を省電力モードにするか否かを決定する。そして、O L T 2 の各親局電力制御部 2 2 は、制御信号  $C 1$  により親局通信部 2 1 へ制御フレーム  $C F$  の送信指示を行い、親局通信部 2 1 が当該送信指示に従って前述の Sleep フレームや Aware フレーム等の制御フレーム  $C F$  を生成し、これを該当 O N U 3 へ送信する。

[0017] 一方、O N U 3 は、子局通信部 3 1 と、子局電力制御部 3 2 と、子局期間計測部 3 3 とにより構成されている。O N U 3 は、子局通信部 3 1 に対して、O L T 2 と同様の通信プロトコルが実装され、O L T 2 から送信されてくる基準時刻により当該 O N U 3 のローカル時刻と O L T 2 の基準時刻との時刻同期を行いながら、O L T 2 との接続を維持する。

[0018] また O N U 3 は、宅内ネットワーク 8 から入力されるユーザフレーム  $U F$  を子局通信部 3 1 から P O N 区間 7 を介して O L T 2 へ送信する一方、当該 O L T 2 から P O N 区間 7 を介して入力されるユーザフレーム  $U F$  を子局通信部 3 1 により宅内ネットワーク 8 へ送信する。さらに O N U 3 の子局通信部 3 1 は、当該 O N U 3 が Sleep 状態または Aware 状態となったときに、子局電力制御部 3 2 から入力される停止／起動信号  $S P S T$  により、通信機能の停止または起動の制御を行う。

[0019] ONU 3の子局電力制御部32は、子局通信部31経由でOLT 2から制御フレームCFを受信して当該ONU 3が省電力モードであるべきか通常モードであるべきかを管理する。すなわちONU 3の子局通信部31は、OLT 2からの制御フレーム（Sleepフレーム）CFを受信すると、その制御フレーム（Sleepフレーム）CFの内容を制御信号C2により子局電力制御部32へ通知する。その結果、ONU 3の子局電力制御部32は、その制御信号C2に基づいて通常モードから省電力モードへ移行すると、Sleep状態とAware状態とを一定期間ずつ繰り返し、子局期間計測部33によって、そのSleep期間およびAware期間の計測を行う。

[0020] またONU 3では、子局電力制御部32からセット信号SETとリセット信号RESETを子局期間計測部33へ出力し、子局期間計測部33からはSleep状態信号SLMおよびAware状態信号AWMを子局電力制御部32へ出力する。ここで、セット信号SETは、子局期間計測部33にSleep期間およびAware期間の計測をスタートさせる信号であり、リセット信号RESETはその計測を停止させる信号である。また、Sleep状態信号SLMは、Sleep期間時に出力される信号であり、Aware状態信号AWMは、Aware期間時に出力される信号である。

[0021] 実際上、ONU 3が通常モードから省電力モードへ移行すると、子局電力制御部32からセット信号SETを子局期間計測部33へ出力し、子局期間計測部33によってSleep期間およびAware期間の計測を開始する。そしてONU 3は、子局期間計測部33からのSleep状態信号SLMおよびAware状態信号AWMに基づいて、当該ONU 3がSleep状態であるかAware状態であるかを子局電力制御部32により判断し、子局通信部31に対して停止／起動信号SPSTを出力することにより通信機能の停止／起動を指示する。

[0022] ところで、上述したCyclic Sleep方式において、ONU 3はSleep状態のとき子局通信部31の受信機能を停止するので、OLT 2からの制御フレーム（SleepフレームやAwareフレーム）CFを受信することができない。そのため、ONU 3を省電力モードから通常モードへ復帰させるためには、当該O

ONU 3がAware状態のときにOLT 2から復帰指示の制御フレーム（Awareフレーム）CFを送信する必要がある。

[0023] これを実現するためには、OLT 2がSleep期間とAware期間とを計測し、ONU 3がSleep状態であるのか、或いはAware状態であるのかを把握する必要がある。しかしながら、OLT 2とONU 3との間にはクロック偏差があるため、クロック同期がとれないSleep状態では、Sleep期間およびAware期間の計測に誤差（ $\Delta t$ ）が生じる。なお、この誤差（ $\Delta t$ ）は、装置のクロック偏差を100ppmとした場合、Sleep期間が10msecで1 $\mu$ sec程度である。

[0024] この誤差（ $\Delta t$ ）は、Sleep期間やAware期間に比べて小さくても、周期を重ねるたびに蓄積され、 $x$ 回の周期で $x \times \Delta t$ と大きくなってしまう。このため、図4に示すように、周期を重ねると、OLT 2がAware期間であっても、ONU 3ではSleep期間となってしまう場合が生じ、このタイミングでOLT 2から制御フレーム（Awareフレーム）CFを送信してもONU 3では受信することができず、省電力モードから通常モードへ復帰することができなくなってしまう。

[0025] このような事態を回避するため、復帰指示の制御フレーム（Awareフレーム）CFをAware期間より十分短い間隔でOLT 2から送信し続ける方法がある。しかしながら、この方法は帯域の利用効率を低下させるだけでなく、OLT 2の負荷増大により消費電力が増加してしまう。こうしなければならない理由は、Sleep期間およびAware期間の計測において、OLT 2とONU 3との間の誤差（ $\Delta t$ ）を考慮していないことが要因である。

[0026] また、誤差（ $\Delta t$ ）がSleep期間やAware期間に比べて無視できないほど大きい場合、1回目の周期のOLT 2とONU 3との間でAware期間およびSleep期間に誤差（ $\Delta t$ ）が生じ、上記と同様の問題が発生する。これも、Sleep期間およびAware期間の計測において、誤差（ $\Delta t$ ）を考慮していないことが要因である。

先行技術文献

非特許文献

[0027] 非特許文献1 : IEEE Std 802.3-2005:Part 3:Carrier sense multiple access with Collision Detection(CSMA/CD)access method and physical layer specifications

非特許文献2 : IEEE Std 802.3avTM-2009:Part 3:Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection(CSMA/CD)access method and physical layer specifications

非特許文献3 : Ryogo Kubo, Jun-ichi kani, Yukihiro Fujimoto, Naoto Yoshimoto and Kiyomi Kumozaki, "Sleep and adaptive link rate control for power saving in 10G-EPON systems" Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference, GLOBECOM 2009, pp. 1-6, 2009.

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0028] 本発明は、上記の従来技術の問題点に鑑みて、Sleep期間およびAware期間の計測における誤差 ( $\Delta t$ ) を考慮しながら親局と子局との同期をとり、親局から復帰指示の制御フレームを送信する回数を減らすことにより、帯域の利用効率を向上させて親局の消費電力を削減し得る通信システム、通信システムの子局装置、通信方法及びプログラムを提案しようとするものである。

### 課題を解決するための手段

[0029] 上述した目的を達成するため、本発明の通信システムにおいては、親局と1つまたは複数の子局とによって構成され、前記親局は、基準時刻を有しており、前記複数の子局との通信を行う親局通信部と、前記子局が周期的に装置の一部または全体を停止する省電力モードであるべきか、または装置の一部または全体を停止しないで動作する通常モードであるべきかを判断し、前記子局にモード変更を指示する1つまたは複数の親局電力制御部と、前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を計測するための1つまたは複数の親局期間計測部とを具備し、前記子局は、前記親局の基準時刻と前記子局のローカル時刻とを同期させながら通信を行う子局通信部と、前記親局からの前記モード

変更の指示に応じて前記子局における前記省電力モードまたは前記通常モードの間でモード変更する子局電力制御部と、前記子局の前記停止期間および前記非停止期間を計測する子局期間計測部とを具備し、前記子局期間計測部は、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記子局の前記ローカル時刻との差分を算出することにより求めた誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行うことを特徴とする。

[0030] また本発明の通信方法においては、親局と、当該親局と通信する1つまたは複数の子局とから構成され、前記親局は、基準時刻を有した親局通信部により前記複数の子局との通信を行うことによって前記親局の基準時刻を前記子局へ送信する基準時刻通知ステップと、前記子局は、子局通信部により前記親局の基準時刻を受信し、当該親局の基準時刻と前記子局のローカル時刻とを同期させる時刻同期ステップと、前記親局は、前記子局が周期的に装置の一部または全体を停止する省電力モードであるべきか、または装置の一部または全体を停止しないで動作する通常モードであるべきかを1つまたは複数の親局電力制御部により判断し、前記子局にモード変更を指示するモード変更指示ステップと、前記子局は、前記親局からの前記モード変更の指示に応じて、子局電力制御部により前記子局における前記省電力モードまたは前記通常モードの間でモード変更を行うモード変更処理ステップと、前記親局は、1つまたは複数の親局期間計測部により、前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を計測する親局期間計測ステップと、前記子局は、子局期間計測部により、前記子局の前記停止期間および前記非停止期間を計測する子局期間計測ステップとを備え、前記子局期間計測ステップでは、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記子局の前記ローカル時刻との差分を算出することにより求めた誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行うことを特徴とする。

[0031] さらに本発明の通信システムにおいては、親局と1つまたは複数の子局とによって構成され、前記親局は、基準時刻を有しており、前記複数の子局との通信を行う親局通信部と、前記子局が周期的に装置の一部または全体を停止する省電力モードであるべきか、または装置の一部または全体を停止しないで動作する通常モードであるべきかを判断し、前記子局にモード変更を指示する1つまたは複数の親局電力制御部と、前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を計測するための1つまたは複数の親局期間計測部とを具備し、前記子局は、前記親局の基準時刻と前記子局のローカル時刻とを同期させながら通信を行う子局通信部と、前記親局からの前記モード変更の指示に応じて前記子局における前記省電力モードまたは前記通常モードの間でモード変更する子局電力制御部と、前記子局の前記停止期間および前記非停止期間を計測する子局期間計測部とを具備し、前記子局期間計測部は、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記子局の前記ローカル時刻との差分を算出することにより誤差を求め、当該誤差を子局通信部により前記親局へ送信し、前記親局期間計測部は、親局通信部により前記子局から受信した前記誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行うことを特徴とする。

[0032] さらに本発明の通信方法においては、親局と、当該親局と通信する1つまたは複数の子局とから構成され、前記親局は、基準時刻を有した親局通信部により前記複数の子局との通信を行うことによって前記親局の基準時刻を前記子局へ送信する基準時刻通知ステップと、前記子局は、子局通信部により前記親局の基準時刻を受信し、当該親局の基準時刻と前記子局のローカル時刻とを同期させる時刻同期ステップと、前記親局は、前記子局が周期的に装置の一部または全体を停止する省電力モードであるべきか、または装置の一部または全体を停止しないで動作する通常モードであるべきかを1つまたは複数の親局電力制御部により判断し、前記子局にモード変更を指示するモード変更指示ステップと、前記子局は、前記親局からの前記モード変更の指示

に応じて、子局電力制御部により前記子局における前記省電力モードまたは前記通常モードの間でモード変更を行うモード変更処理ステップと、前記親局は、1つまたは複数の親局期間計測部により、前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を計測する親局期間計測ステップと、前記子局は、子局期間計測部により、前記子局の前記停止期間および前記非停止期間を計測する子局期間計測ステップとを備え、前記子局期間計測ステップでは、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記子局の前記ローカル時刻との差分を算出することにより誤差を求め、当該誤差を子局通信部により前記親局へ送信し、前記親局期間計測ステップでは、前記親局通信部により前記子局から受信した前記誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行うことを特徴とする。

[0033] さらに、本発明の通信システムの子局においては、通信システムの親局の基準時刻と自身のローカル時刻とを同期させながら通信を行う子局通信部と、前記親局からのモード変更の指示に応じて、周期的に装置の一部または全体を停止する省電力モードと、装置の一部または全体を停止しないで動作する通常モードとの間でモード変更する子局電力制御部と、前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を計測する子局期間計測部とを具備し、前記子局期間計測部は、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記自身の前記ローカル時刻との差分を算出することにより求めた誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行うことを特徴とする。

[0034] さらに、本発明の通信方法においては、通信システムを構成する親局の基準時刻と前記通信システムを構成すると共に前記親局と接続された子局のローカル時刻とを同期させながら前記子局の子局通信部により通信を行う通信ステップと、前記親局からの前記モード変更の指示に応じて前記子局における前記省電力モードまたは前記通常モードの間で前記子局のモード変更を前

記子局の子局電力制御部により行うモード変更ステップと、前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を前記子局の子局期間計測部により計測する計測ステップとを具備し、前記計測ステップでは、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記子局の前記ローカル時刻との差分を算出することにより求めた誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行うことを特徴とする。

### 発明の効果

[0035] 本発明によれば、省電力モードの間に発生する親局の基準時刻と子局のローカル時刻との誤差を用いて、省電力モードで停止期間または非停止期間あるいはその両期間に対して補正を行うことにより、親局と子局との同期を取って、親局からの制御フレームを子局へ確実に受け渡すことができるので、かくして親局から復帰指示の制御フレームを送信する回数を低減させるとともに、帯域の利用効率を向上させて親局の消費電力を削減することができる。

### 図面の簡単な説明

[0036] [図1]図1は、PONシステムの全体構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、従来のPONシステムにおける通信プロセスの説明に供する図である。

[図3]図3は、OLT及びONUの回路構成を示すブロック図である。

[図4]図4は、従来のPONシステムにおける通信プロセスにおいて省電力モードから通常モードへ復帰できない場合の説明に供する図である。

[図5]図5は、第1の実施の形態の通信プロセスにおいて省電力モードから通常モードへ復帰する際に誤差を考慮して補正する場合の説明に供する図である。

[図6]図6は、第1の実施の形態に対応したOLT及びONUの回路構成を示すブロック図である。

[図7]図7は、第1の実施の形態に対応したOLT及びONUの動作例を示す

タイミングチャートである。

[図8]図8は、第1の実施の形態における親局電力制御部の処理フローの説明に供する状態遷移図である。

[図9]図9は、第1の実施の形態における親局期間計測部の構成を示すブロック図である。

[図10]図10は、第1の実施の形態における子局電力制御部の処理フローの説明に供する状態遷移図である。

[図11]図11は、第1の実施の形態における子局期間計測部の構成を示すブロック図である。

[図12]図12は、第2の実施の形態の通信プロセスにおいて省電力モードから通常モードへ復帰する際に誤差を考慮して補正する場合の説明に供する図である。

[図13]図13は、第2の実施の形態に対応したOLT及びONUの回路構成を示すブロック図である。

[図14]図14は、第2の実施の形態における子局期間計測部の構成を示すブロック図である。

[図15]図15は、第3の実施の形態の通信プロセスにおいて省電力モードから通常モードへ復帰する際に誤差を考慮して補正する場合の説明に供する図である。

[図16]図16は、第3の実施の形態に対応したOLT及びONUの回路構成を示すブロック図である。

[図17]図17は、第3の実施の形態における子局期間計測部の構成を示すブロック図である。

[図18]図18は、第4の実施の形態の通信プロセスにおいて省電力モードから通常モードへ復帰できない場合の説明に供する図である。

[図19]図19は、第4の実施の形態の通信プロセスにおいて省電力モードから通常モードへ復帰する際に誤差を考慮して補正する場合の説明に供する図である。

[図20]図20は、第4の実施の形態に対応したOLT及びONUの回路構成を示すブロック図である。

[図21]図21は、第4の実施の形態における子局期間計測部の構成を示すブロック図である。

[図22]図22は、第5の実施の形態の通信プロセスにおいて省電力モードから通常モードへ復帰する際に誤差を考慮して補正する場合の説明に供する図である。

[図23]図23は、第5の実施の形態に対応したOLT及びONUの回路構成を示すブロック図である。

[図24]図24は、第6の実施の形態の通信プロセスにおいて省電力モードから通常モードへ復帰する際に誤差をOLT側で補正する場合の説明に供する図である。

[図25]図25は、第6の実施の形態に対応したOLT及びONUの回路構成を示すブロック図である。

### 発明を実施するための形態

#### [0037] (1) 第1の実施の形態

第1の実施の形態においては、例えば、OLTおよびONUがそれぞれ1台ずつの場合を一例として説明する。

[0038] 図2との対応部分に同一符号を付した図5に示すように、第1の実施の形態のPONシステム1における通信プロセスでは、ONU3のSleep期間に発生したONU3のローカル時刻とOLT2の基準時刻との時刻の誤差( $\Delta t$ )を、OLT2とONU3との間で制御フレームの送受信が可能となり、OLT2と時刻同期が取れるONU3のAware期間に検出する。

[0039] そして、この第1の実施の形態における通信プロセスでは、OLT2と時刻同期を取った後のONU3における次の周期のSleep期間を「 $T_{\text{sleep}} - \Delta t$ 」とすることにより、誤差( $\Delta t$ )を補正する。

[0040] なお、図5においては、誤差( $\Delta t$ )が正の場合を記載しているが、誤差( $\Delta t$ )は負であってもよい。また、誤差( $\Delta t$ )はSleep期間やAware期間に比

べて十分に小さく、第1の実施の形態では誤差 ( $\Delta t$ ) が時間の経過とともに蓄積されて大きな値となることを解決する例である。

[0041] (1-1) 第1の実施の形態におけるOLTおよびONUの回路構成

図3との対応部分に同一符号を付した図6に示すように、OLT2は、親局通信部21に対して上述したような所定のプロトコルが実装されている。OLT2は、定期的に基準時刻を通知する制御フレームCFを親局通信部21からPON区間7を介してONU3へ送信しながら、当該ONU3との接続を維持し、外部ネットワーク6から入力されるユーザフレームUFを親局通信部21およびPON区間7を経由してONU3へと送信する。またOLT2は、宅内ネットワーク8からONU3に入力され、そのONU3からPON区間7を介して送信されてくるユーザフレームUFを、親局通信部21を経由して外部ネットワーク6へと送信する。

[0042] OLT2における親局電力制御部22は、当該OLT2と接続されたONU3に対応し、当該ONU3が省電力モードであるべきか通常モードであるべきかを制御する。OLT2では、親局電力制御部22に対して、対応するONU3の通信量Q1が親局通信部21から入力され、親局電力制御部22はこの通信量Q1に基づいて該当ONU3を省電力モードにするべきか否かを決定する。そして、OLT2の親局電力制御部22は、制御信号C1により親局通信部21へ制御フレームCFの送信指示を行い、親局通信部21が当該送信指示に従ってSleepフレームやAwareフレーム等の制御フレームCFを生成し、これをONU3へ送信する。

[0043] かかる構成に加えてOLT2は、親局電力制御部22に接続された親局期間計測部23が新たに設けられており、当該親局期間計測部23により、ONU3の子局期間計測部33と同様、ONU3のSleep期間およびAware期間を計測し、ONU3がSleep期間にある場合はSleep状態信号SLMを、ONU3がAware期間にある場合はAware状態信号AWMを親局電力制御部22へ出力する。

[0044] OLT2の親局電力制御部22は、親局期間計測部23から供給されたSle

ep状態信号 S L M および Aware 状態信号 A W M に基づいて O N U 3 の状態を判断し、当該 O N U 3 が Aware 期間にあるとき、通常モードへの復帰を指示する制御フレーム（Aware フレーム） C F を O N U 3 へ出力するよう親局通信部 2 1 へ指示する。

[0045] 一方、O N U 3 は、子局通信部 3 1 と、子局電力制御部 3 2 と、子局期間計測部 3 3 により構成されている。O N U 3 は、子局通信部 3 1 に対して、O L T 2 と同様に所定の通信プロトコルが実装されている。O N U 3 は、O L T 2 から送信されてくる基準時刻により当該 O L T 2 と時刻同期を行いながら、O L T 2 との接続を維持し、宅内ネットワーク 8 から入力されるユーザフレーム U F を子局通信部 3 1 から P O N 区間 7 を介して O L T 2 へ送信する一方、当該 O L T 2 から P O N 区間 7 を介して入力されるユーザフレーム U F を子局通信部 3 1 により宅内ネットワーク 8 へ送信する。さらに O N U 3 の子局通信部 3 1 は、当該 O N U 3 が Sleep 状態または Aware 状態となったときに、子局電力制御部 3 2 から入力される停止／起動信号 S P S T により、通信機能の停止または起動の制御を行う。

[0046] O N U 3 の子局電力制御部 3 2 は、子局通信部 3 1 経由で O L T 2 と制御フレーム C F を送受信して当該 O N U 3 が省電力モードであるべきか通常モードであるべきかを管理する。すなわち O N U 3 の子局通信部 3 1 は、O L T 2 からの制御フレーム（Sleep フレーム） C F を受信すると、その制御フレーム（Sleep フレーム） C F の内容を制御信号 C 2 により子局電力制御部 3 2 へ通知する。その結果、O N U 3 の子局電力制御部 3 2 は、その制御信号 C 2 に基づいて通常モードから省電力モードへ移行すると、Sleep 状態と Aware 状態とを一定期間ずつ繰り返し、子局期間計測部 3 3 によって、その Sleep 期間および Aware 期間の計測を行う。

[0047] また O N U 3 では、子局電力制御部 3 2 からセット信号 S E T とリセット信号 R S E T を子局期間計測部 3 3 へ出力し、子局期間計測部 3 3 からは Sleep 状態信号 S L M および Aware 状態信号 A W M を子局電力制御部 3 2 へ出力する。ここで、セット信号 S E T は、子局期間計測部 3 3 に Sleep 期間と Aware

期間の計測をスタートさせる信号であり、リセット信号 R S E T はその計測を停止させる信号である。また、Sleep状態信号 S L M は、Sleep期間時に出力される信号であり、Aware状態信号 A W M は、Aware期間時に出力される信号である。

[0048] 実際上、O N U 3 が通常モードから省電力モードへ移行すると、子局電力制御部 3 2 からセット信号 S E T を子局期間計測部 3 3 へ出力し、子局期間計測部 3 3 によってSleep期間およびAware期間の計測を開始する。そして O N U 3 は、子局期間計測部 3 3 からのSleep状態信号 S L M およびAware状態信号 A W M に基づいて、当該 O N U 3 がSleep状態であるかAware状態であるかを子局電力制御部 3 2 により判断し、子局通信部 3 1 に対して停止／起動信号 S P S T を出力することにより通信機能の停止／起動を指示する。

[0049] かかる構成に加えて O N U 3 は、子局通信部 3 1 から子局期間計測部 3 3 へローカル時刻 R T および同期完了信号 S Y E を出力する。ここで、Sleep期間中のローカル時刻 R T は、O N U 3 の内部クロックに従って独自に刻まれる時刻であり、O L T 2 からの基準時刻とローカル時刻 R T との間には僅かにクロック偏差が生じる。また、同期完了信号 S Y E は、O N U 3 がSleep状態からAware状態となり、ローカル時刻 R T と O L T 2 からの基準時刻との時刻同期が完了した時に、子局通信部 3 1 から子局期間計測部 3 3 へ出力されるものである。

[0050] O N U 3 の子局期間計測部 3 3 は、前周期のSleep期間中に発生したローカル時刻 R T と、O L T 2 からの基準時刻との誤差 ( $\Delta t$ ) を検出し、その次の周期で計測すべきSleep期間を、事前に予め設定した「T<sub>sleep</sub>」から「T<sub>sleep</sub> -  $\Delta t$ 」へ補正した後、次周期におけるSleep期間の計測を行う。

[0051] 実際上、O N U 3 は、まず、子局通信部 3 1 がローカル時刻 R T を常に子局期間計測部 3 3 へ出力する。O N U 3 がAware期間にある場合、このローカル時刻 R T は O L T 2 からの制御フレーム C F の受信により当該 O L T 2 と同期が取れた状態が維持される。しかしながら、O N U 3 がSleep期間にある間に、当該 O N U 3 のローカル時刻 R T と O L T 2 の基準時刻との間には誤

差 ( $\Delta t$ ) が生じてしまう。

[0052] ONU 3 がSleep期間からAware期間になったとき、OLT 2 から送られてくる制御フレームCFにより、ONU 3 のローカル時刻RTとOLT 2 の基準時刻との同期が取れるので、このとき、それまで遅れていたONU 3 のローカル時刻が誤差 ( $\Delta t$ ) 分だけ進むことになる。

[0053] このときONU 3 の子局通信部31は、OLT 2 と同期が取れたローカル時刻RTとともに、同期完了信号SYEを子局期間計測部33へ出力する。そしてONU 3 の子局期間計測部33は、同期完了信号SYEが入力された時のローカル時刻 (OLT 2 の基準時刻と同期した) RTと、その直前のローカル時刻RTとの差を計算することにより誤差 ( $\Delta t$ ) を求める。最後にONU 3 の子局期間計測部33は、先ほど求めた誤差 ( $\Delta t$ ) により、事前に予め設定したSleep期間「T\_sleep」を「T\_sleep- $\Delta t$ 」へ変更することにより、誤差 ( $\Delta t$ ) の補正を完了する。

[0054] (1-2) 第1の実施の形態におけるOLTおよびONUの動作例

図7に示すように、ONU 3 が通常モードから省電力モードへ移行すると、OLT 2 の親局電力制御部22はセット信号SETを親局期間計測部23に入力し、OLT 2 が一定の周期でSleep状態とAware状態とを切り替えながら省電力モードとなるので、Sleep期間およびAware期間の計測を開始する。逆に、OLT 2 の親局電力制御部22は、ONU 3 が省電力モードから通常モードへ復帰する場合、リセット信号RESETを親局期間計測部23に入力する。

[0055] 一方、ONU 3 は、セット信号SETにより省電力モードへ移行するまでは、OLT 2 と同様であるが、Sleep期間中にOLT 2 の基準時刻とONU 3 のローカル時刻RTとの誤差 ( $\Delta t$ ) が生じる。そしてONU 3 がSleep期間からAware期間となり、OLT 2 とONU 3 との時刻同期が完了すると、子局通信部31が同期完了信号SYEを子局期間計測部33へ出力する。

[0056] ONU 3 の子局期間計測部33は、この同期完了信号SYEに基づいて、当該同期完了信号SYEが入力された時のローカル時刻 (OLT 2 の基準時

刻と同期した)  $R T$ と、その直前のローカル時刻( $O L T 2$ の基準時刻と同期していない)  $R T$ との差分を計算することにより誤差( $\Delta t$ )を検出し、次のSleep期間を「 $T_{sleep}-\Delta t$ 」と変更することにより誤差( $\Delta t$ )分の補正を加える。このため $O N U 3$ では、次のSleep期間が $O L T 2$ のSleep期間よりも誤差( $\Delta t$ )分だけ短くなるので、その後に周期を重ねるたびに誤差( $\Delta t$ )が蓄積されていくことを防止できる。

[0057] (1-3)  $O L T$ の親局電力制御部における処理フロー

$O L T 2$ の親局電力制御部22は、図8に示すように、通常モード( $S0$ )、省電力モードのSleep状態( $S1$ )およびAware状態( $S2$ )の3ステートにより処理を行うように構成されている。

[0058] この場合、 $O L T 2$ の親局電力制御部22は、通常モード( $S0$ )からスタートし、この通常モード( $S0$ )において、通信量等に基づいてある $O N U 3$ を省電力モードへ移行することを決定すると、その該当 $O N U 3$ へSleepフレームを送信するためのSleepフレーム送信指示の制御信号 $C 1$ を親局通信部21へ出力する。そして親局電力制御部22は、その該当 $O N U 3$ からSleep\_Ackフレームを受信したことを意味するSleep\_Ackフレーム受信通知の制御信号 $C 1$ を親局通信部21から受け取ると、親局期間計測部23へセット信号 $S E T$ を出力し、 $O L T 2$ をSleep状態( $S1$ )に遷移させる。次に、 $O L T 2$ は、親局期間計測部23からAware状態信号 $A W M$ が入力されると、当該 $O L T 2$ をAware状態( $S2$ )へ遷移させる。

[0059]  $O L T 2$ の親局電力制御部22は、該当 $O N U 3$ を省電力モードから通常モードへ戻す場合、このAware状態( $S2$ )において、該当 $O N U 3$ に対してAwareフレームを送信するためのAwareフレーム送信指示の制御信号 $C 1$ を親局通信部21へ出力する。そして親局電力制御部22は、該当 $O N U 3$ からAware\_Ackフレームを受信したことを意味するAware\_Ackフレーム受信通知の制御信号 $C 1$ を親局通信部21から受け取ると、リセット信号 $R S E T$ を親局期間計測部23へ送信し、 $O L T 2$ を省電力モードのAware状態( $S2$ )から通常モード( $S0$ )へ遷移させる。

[0060] なお、OLT 2の親局電力制御部22は、Aware状態(S2)において、親局期間計測部23からSleep状態信号SLMが入力された場合、OLT 2はAware状態(S2)からSleep状態(S1)へと遷移する。この際、親局電力制御部22は、Aware状態(S2)において、通常モード(S0)への遷移と、Sleep状態(S1)への遷移とが同時に発生した場合、通常モード(S0)への遷移を優先する。

[0061] ここで、「優先する」とは、例えば、通常モード(S0)への遷移と、Sleep状態(S1)への遷移とが同時に発生した場合、例えば、OLT 2がAwareフレームをONU 3へ送信し、そのONU 3からAware\_Ackフレームが到着するのを所定の時間待ち、Aware\_Ackフレームが到着すれば通常モード(S0)へ遷移し、到着しなければSleep状態(S1)へ遷移することをいう。

[0062] (1-4) OLTの親局期間計測部の回路構成

このOLT 2の親局期間計測部23の構成を図9に示す。親局期間計測部23は、親局期間計測制御部23Aと、T\_sleep記憶部23Bと、親局Sleepカウンタ23Cと、T\_aware記憶部23Dと、親局Awareカウンタ23Eとから構成されている。

[0063] 親局期間計測部23のT\_sleep記憶部23Bは、「T\_sleep」の値を記憶し、その値を親局Sleepカウンタ23Cへ出力する。同様に、T\_aware記憶部23Dは、「T\_aware」の値を記憶し、その値を親局Awareカウンタ23Eへ出力する。

[0064] 親局Sleepカウンタ23Cおよび親局Awareカウンタ23Eは、Sleep期間およびAware期間を計測するカウンタである。親局Sleepカウンタ23Cがカウント中の場合はSleep期間であり、親局Sleepカウンタ23CはSleep状態信号SLMを出力する。同様に、親局Awareカウンタ23Eがカウント中の場合はAware期間であり、親局Awareカウンタ23EはAware状態信号AWMを出力する。

[0065] これらの親局Sleepカウンタ23Cおよび親局Awareカウンタ23Eは、親局期間計測制御部23AからのON/OFF信号ONFにより制御される。このON/OFF信号ONFがONになると、親局Sleepカウンタ23Cおよび親局Awareカウ

ンタ 2 3 E は入力されている値をロードしてカウントをスタートする。一方、ON/OFF 信号 O N F が OFF になると、親局 Sleep カウンタ 2 3 C および親局 Aware カウンタ 2 3 E はリセットする。

[0066] 親局期間計測制御部 2 3 A は、親局電力制御部 2 2（図 6）から入力されるセット信号 S E T と、リセット信号 R S E T と、親局 Sleep カウンタ 2 3 C からの Sleep 状態信号 S L M および親局 Aware カウンタ 2 3 E からの Aware 状態信号 A W M とにより、親局 Sleep カウンタ 2 3 C および親局 Aware カウンタ 2 3 E へそれぞれ出力する ON/OFF 信号 O N F を制御する。

[0067] 親局期間計測制御部 2 3 A は、親局電力制御部 2 2（図 6）から省電力モードの開始を示すセット信号 S E T が入力されると、親局 Sleep カウンタ 2 3 C への ON/OFF 信号 O N F を ON とし、Sleep 期間の計測を開始する。そして親局期間計測制御部 2 3 A は、Sleep 期間が終了して親局 Sleep カウンタ 2 3 C からの Sleep 状態信号 S L M の出力がなくなると、当該親局 Sleep カウンタ 2 3 C への ON/OFF 信号 O N F を OFF とした後、親局 Aware カウンタ 2 3 E へ出力する ON/OFF 信号 O N F を ON とし、Aware 期間の計測を開始する。以後、親局期間計測制御部 2 3 A は、親局電力制御部 2 2（図 6）からリセット信号 R S E T が入力されるまでこれを繰り返し、リセット信号 R S E T が入力されると、親局 Sleep カウンタ 2 3 C と親局 Aware カウンタ 2 3 E への ON/OFF 信号 O N F を OFF とし、Sleep 期間および Aware 期間の計測をそれぞれ終了する。

[0068]（1－5）O N U の子局電力制御部における処理フロー

O N U 3 の子局電力制御部 3 2 は、図 1 0 に示すように、通常モード (S3)、省電力モードの Sleep 状態 (S4) および Aware 状態 (S5) の 3 ステートにより処理を行うように構成されている。

[0069] この場合、O L T 2 の親局電力制御部 2 2 における処理フローと異なっている点は、通常モード (S3) から省電力モードの Sleep 状態 (S4) へ遷移する際に、O L T 2 から Sleep フレームを受信した後に Sleep\_Ack フレームを O L T 2 へ送信する点と、省電力モードの Aware 状態 (S5) から通常モード (S3) へ遷移する際に、O L T 2 から Aware フレームを受信した後に Aware\_Ack フレームを O

L T 2 へ送信する点である。

[0070] すなわち O N U 3 の子局電力制御部 3 2 は、O L T 2 から Sleep フレームを受信したことを子局通信部 3 1 から通知されると、Sleep フレームを受信したことを意味する Sleep\_Ack フレームを送信するよう子局通信部 3 1 に制御信号 C 2 で指示する。そして O N U 3 の子局電力制御部 3 2 は、子局期間計測部 3 3 へセット信号 S E T を出力し、当該 O N U 3 を通常モード (S3) から Sleep 状態 (S4) へ遷移させる。

[0071] O N U 3 の子局電力制御部 3 2 は、O L T 2 から Aware フレームを受信したことを子局通信部 3 1 から通知されると、Aware フレームを受信したことを意味する Aware\_Ack フレームを送信するよう子局通信部 3 1 に制御信号 C 2 で指示する。そして O N U 3 の子局電力制御部 3 2 は、リセット信号 R S E T を子局期間計測部 3 3 へ送信し、省電力モードの Aware 状態 (S5) から通常モード (S3) へ遷移させる。なお、O N U 3 の子局電力制御部 3 2 におけるその他の処理は、O L T 2 の親局電力制御部 2 2 と同様であるから、ここでは便宜上その説明を省略する。

[0072] (1-6) O N U の子局期間計測部の回路構成

この O N U 3 の子局期間計測部 3 3 の構成を図 1 1 に示す。子局期間計測部 3 3 は、子局期間計測制御部 3 3 A と、T\_sleep 記憶部 3 3 B と、子局 Sleep カウンタ 3 3 C と、T\_aware 記憶部 3 3 D と、子局 Aware カウンタ 3 3 E と、子局誤差検出部 3 3 F とから構成されている。O N U 3 の子局期間計測部 3 3 が、O L T 2 の親局期間計測部 2 3 と異なっている点は、子局誤差検出部 3 3 F が新たに設けられていることである。

[0073] 子局誤差検出部 3 3 F は、子局通信部 3 1 (図 6) から同期完了信号 S Y E が入力されたときのローカル時刻 (O L T 2 の基準時刻と同期した) R T と、その直前のローカル時刻 (O L T 2 の基準時刻と同期していない) R T との差分に基づいて O L T 2 と O N U 3 との誤差 ( $\Delta t$ ) を算出し、それを子局 Sleep カウンタ 3 3 C へ出力する。子局 Sleep カウンタ 3 3 C は、ON/OFF 信号 O N F が ON になったとき、T\_sleep 記憶部 3 3 B により入力される「T\_slee

p] の値から、子局誤差検出部 33F により入力される誤差 ( $\Delta t$ ) を減算し、その値をカウント数としてロードする。それ以外の構成および動作は、親局期間計測部 23 と同様であるから、ここでは便宜上その説明を省略する。

[0074] (1-7) 第 1 の実施の形態における作用および効果

以上の構成において、第 1 の実施の形態の PON システム 1 では、ONU 3 の Sleep 期間に発生した OLT 2 との時刻の誤差 ( $\Delta t$ ) を、OLT 2 と ONU 3 との間で制御フレーム CF の送受信が可能となった ONU 3 の Aware 期間に検出する。

[0075] そして PON システム 1 では、OLT 2 と時刻同期を取った後の ONU 3 における次の周期の Sleep 期間を「 $T_{\text{sleep}} - \Delta t$ 」とすることにより、OLT 2 の基準クロックと、ONU 3 のローカル時刻 RT との誤差 ( $\Delta t$ ) を補正する。

[0076] これにより ONU 3 では、次の Sleep 期間が OLT 2 の Sleep 期間よりも誤差 ( $\Delta t$ ) 分だけ短くなり、その後に周期を重ねても、OLT 2 の基準クロックと、ONU 3 のローカル時刻 RT との誤差 ( $\Delta t$ ) が既に補正されているため、時間の経過とともに誤差 ( $\Delta t$ ) が蓄積されていくことを防止することができる。かくして PON システム 1 では、従来のように誤差 ( $\Delta t$ ) を補正していない場合に比べて、OLT 2 から復帰指示の制御フレーム CF を送信する回数を減らすことができるので、帯域の利用効率を低下させることなく、OLT 2 の負荷を低減させて消費電力の増大を防止することができる。

[0077] 以上の構成によれば、PON システム 1 は、ONU 3 の Sleep 期間に発生した OLT 2 との時刻の誤差 ( $\Delta t$ ) を ONU 3 の最初の Aware 期間で検出し、その誤差 ( $\Delta t$ ) を考慮して、次の周期の Sleep 期間を「 $T_{\text{sleep}} - \Delta t$ 」とすることにより、OLT 2 の基準クロックと、ONU 3 のローカル時刻 RT との誤差 ( $\Delta t$ ) を補正して直ちに時刻同期を図ることができるので、OLT 2 の負荷を増大させることなく、ONU 3 を確実に省電力モードから通常モードへ復帰させることができる。

[0078] (1-8) 第 1 の実施の形態に対応した他の実施の形態

なお、上述した第1の実施の形態においては、ONU3におけるSleep期間を「 $T_{\text{sleep}} - \Delta t$ 」とすることにより誤差（ $\Delta t$ ）を補正するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限らず、1回の「 $T_{\text{sleep}}$ 」と「 $T_{\text{aware}}$ 」による周期で誤差（ $\Delta t$ ）を補正できれば良いので、例えば、「 $T_{\text{aware}} - \Delta t$ 」としたり、或いは、「 $T_{\text{sleep}} - \Delta t/2$ 」及び「 $T_{\text{aware}} - \Delta t/2$ 」とするようにしても良い。

[0079] また、上述した第1の実施の形態においては、OLT2と接続されるONU3の数を1つとした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、OLT2の親局電力制御部22及び親局期間計測部23を、接続すべきONU3の台数分だけ用意すれば、 $n$ 台（ $1 \leq n \leq m$ ）のONUを制御することが可能となる。

[0080] さらに、上述した第1の実施の形態においては、省電力モードにおける「 $T_{\text{sleep}}$ 」および「 $T_{\text{aware}}$ 」の値を事前に予め設定しておき、その値を子局期間計測部33の $T_{\text{sleep}}$ 記憶部33Bや $T_{\text{aware}}$ 記憶部33Dで記憶するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限らず、各周期でSleep期間に入る前に「 $T_{\text{sleep}}$ 」および「 $T_{\text{aware}}$ 」の値が決まっているような構成であってもよい。

[0081] 例えば、各周期のaware期間においてOLT2から制御フレームCFで次の周期の「 $T_{\text{sleep}}$ 」および「 $T_{\text{aware}}$ 」の値をONU3へ通知し、その値をONU3がセットしてからSleep期間に入るようにすることができる。この場合、子局期間計測部33は、 $T_{\text{sleep}}$ 記憶部33Bや $T_{\text{aware}}$ 記憶部33Dを有していなくてもよい。

[0082] （2）第2の実施の形態

第2の実施の形態においても、例えば、OLTおよびONUがそれぞれ1台ずつの場合を一例として説明する。

[0083] 第1の実施の形態では、ONU3によってOLT2との時刻の誤差（ $\Delta t$ ）を検出し、予め事前に決められたSleep期間およびAware期間のカウント数に誤差（ $\Delta t$ ）の補正を加える構成であった。

[0084] これに対して、第2の実施の形態のPONシステム1における通信プロセスでは、OLT2がONU3へ制御フレームCFによりSleep期間およびAware期間の終了時刻（以下、これらをSleep期間終了時刻およびAware期間終了時刻と呼ぶ）を通知し、ONU3のローカル時刻RTがOLT2から通知されたSleep期間終了時刻およびAware期間終了時刻を過ぎると、ONU3はSleep期間およびAware期間を終了する構成となっている。なお、第2の実施の形態においては、OLT2はy周期目のAware期間に、y+1周期目のSleep期間終了時刻およびAware期間終了時刻を制御フレーム（以下、これを終了時刻通知フレームと呼ぶ）CFによりONU3へ通知する。

[0085] 図5との対応部分に同一符号を付した図12に示すように、この通信プロセスでは、OLT2がSleepフレームをONU3へ送信するまでの流れは第1の実施の形態の通信プロセス（図5）と同様である。ここで、OLT2は更に、1周期目のSleep期間終了時刻およびAware期間終了時刻をステップST5、ST6の時点で終了時刻通知フレームにより該当ONU3へ通知する。

[0086] これらの制御フレーム（Sleepフレームおよび終了時刻通知フレーム）CFを受信したONU3は、Sleep\_AckフレームをOLT2へ送信し、Sleep期間終了時刻およびAware期間終了時刻をセットした後にSleep期間に入る。そしてONU3は、ローカル時刻RTがSleep期間終了時刻を過ぎるとAware期間へと入るが、Sleep期間中はクロック偏差によりOLT2の基準時刻とローカル時刻RTとの進み方が異なるため、Aware期間に入るのがOLT2の基準時刻から誤差（ $\Delta t$ ）だけ遅れてしまう。

[0087] つまり、ONU3のローカル時刻はOLT2の基準時刻から誤差（ $\Delta t$ ）だけ遅れてしまう。しかしながらONU3は、Aware期間に入ると、OLT2から時刻同期のための制御フレームCFを受信することにより、当該OLT2の基準時刻と同期を取ることができる。すなわち、このときONU3のローカル時刻RTが誤差（ $\Delta t$ ）分だけ進むことになる。

[0088] これによりONU3のAware期間は、OLT2のAware期間に比べ誤差（ $\Delta t$ ）分だけ短くなる（ $T_{\text{aware}} - \Delta t$ ）。第2の実施の形態の通信プロセスでは、

以後この流れを周期ごとに繰り返す。この通信プロセスでは、OLT 2とONU 3との時刻同期が取れたときに、誤差 ( $\Delta t$ ) の補正がONU 3のローカル時刻RTに対して自動的に加えられることになるため、実効的に第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。なお第2の実施の形態の通信プロセスにおいても、省電力モードから通常モードへの復帰方法は、第1の実施の形態の通信プロセス (図5) と同様であるので、ここでは便宜上その説明を省略する。

[0089] なお、図12においては、誤差 ( $\Delta t$ ) が正の場合を記載しているが、誤差 ( $\Delta t$ ) は負であってもよい。また、誤差 ( $\Delta t$ ) はSleep期間やAware期間に比べて十分に小さく、第2の実施の形態においても、誤差 ( $\Delta t$ ) が時間の経過とともに蓄積されて大きな値となることを解決する例である。

[0090] (2-1) 第2の実施の形態におけるOLTおよびONUの回路構成

図6との対応部分に同一符号を付した図13に示すように、OLT 2は、第1の実施の形態と同様の構成を有しているものの、親局電力制御部22が、Sleep期間終了時刻およびAware期間終了時刻を制御フレーム (終了時刻通知フレーム) CFによりONU 3へ通知する点が第1の実施の形態とは異なっている。なお、それ以外のOLT 2の構成は、第1の実施の形態と同様であるため、ここでは便宜上その説明を省略する。

[0091] またONU 3についても、第1の実施の形態と同様の構成を有しているものの、子局通信部31が子局期間計測部43へSleep期間終了時刻およびAware期間終了時刻を出力する点が第1の実施の形態とは異なっている。なお、それ以外のONU 3の構成は、第1の実施の形態と同様であるため、ここでは便宜上その説明を省略する。

[0092] このような構成のONU 3において、子局期間計測部43は、ONU 3のローカル時刻RTと、子局通信部31から供給されたSleep期間終了時刻およびAware期間終了時刻とを比較し、Sleep期間およびAware期間の終了を判定する。

[0093] (2-2) ONUの子局期間計測部の回路構成

このONU 3の子局期間計測部43の構成を図14に示す。第2の実施の形態におけるONU 3の子局期間計測部43は、子局期間計測制御部43Aと、Sleep期間終了時刻記憶部43Bと、Sleep比較部43Cと、Aware期間終了時刻記憶部43Dと、Aware比較部43Eとから構成されている。

[0094] 子局期間計測部43は、子局通信部31（図13）から入力されるSleep期間終了時刻SLE Tをsleep期間終了時刻記憶部43Bに記憶するとともに、Aware期間終了時刻AWE Tをaware期間終了時刻記憶部43Dに記憶する。

[0095] そして子局期間計測部43は、Sleep比較部43CにおいてONU 3のローカル時刻RTとSleep期間終了時刻SLE Tとを比較し、ローカル時刻RTがSleep期間終了時刻SLE Tを過ぎたときに子局期間計測制御部43AへSleep期間終了信号SLESを出力する。同様に、子局期間計測部43は、Aware比較部43EにおいてONU 3のローカル時刻RTとAware期間終了時刻AWE Tとを比較し、ローカル時刻RTがAware期間終了時刻AWE Tを過ぎたときに子局期間計測制御部43AへAware期間終了信号AWESを出力する。

[0096] 子局期間計測制御部43Aは、子局電力制御部32（図13）から入力されるセット信号SET、リセット信号RESET、およびSleep比較部43C、Aware比較部43Eから入力されるSleep期間終了信号SLES、Aware期間終了信号AWESに応じて、ONU 3がSleep状態にあることを示すSleep状態信号SLMおよびONU 3がAware状態にあることを示すAware状態信号AWMを子局電力制御部32へ出力する。

[0097] （2-3）第2の実施の形態における作用および効果

以上の構成において、第2の実施の形態のPONシステム1では、ONU 3のSleep期間に発生したOLT 2との時刻の誤差（ $\Delta t$ ）を解消するため、OLT 2とONU 3との間で制御フレームCFの送受信が可能となった次のAware期間で、OLT 2から時刻同期のための制御フレームCFを受信し、当該OLT 2の基準時刻とONU 3のローカル時刻RTとの同期を取ることで、ONU 3のローカル時刻を誤差（ $\Delta t$ ）分だけ進ませる。

[0098] その結果、OLT 2のAware期間に比べてONU 3のAware期間が誤差（ $\Delta t$

）分だけ短くなるので（「 $T_{\text{aware}} - \Delta t$ 」）、 $OLT2$ の基準クロックと、 $ONU3$ のローカル時刻 $RT$ とが一致して、誤差（ $\Delta t$ ）の補正が完了する。

[0099] これにより $ONU3$ では、毎周期、 $OLT2$ から時刻同期のための制御フレーム $CF$ を受信することにより、 $OLT2$ の基準クロックと、 $ONU3$ のローカル時刻 $RT$ とが一致して誤差（ $\Delta t$ ）が補正されることになるため、時間の経過とともに誤差（ $\Delta t$ ）が蓄積されていくことを防止することができる。かくして $PON$ システム1では、従来のように誤差（ $\Delta t$ ）を補正していない場合に比べて、 $OLT2$ から復帰指示の制御フレーム $CF$ を送信する回数を減らすことができるので、帯域の利用効率を低下させることなく、 $OLT2$ の負荷を低減させて消費電力の増大を防止することができる。

[0100] 以上の構成によれば、 $PON$ システム1は、最初の周期のSleep期間に続くAware期間、すなわち $OLT2$ と $ONU3$ との間で制御フレームの送受信が可能となった次のAware期間で、 $OLT2$ から時刻同期のための制御フレーム $CF$ を受信し、当該 $OLT2$ の基準時刻と $ONU3$ のローカル時刻 $RT$ との同期を取る。これにより $PON$ システム1は、当該ローカル時刻 $RT$ を誤差（ $\Delta t$ ）分だけ進ませて、 $OLT2$ の基準クロックと、 $ONU3$ のローカル時刻 $RT$ との誤差（ $\Delta t$ ）を無くすることができるので、 $OLT2$ の負荷を増大させることなく、 $ONU3$ を確実に省電力モードから通常モードへ復帰させることができる。

[0101] （2－4）第2の実施の形態に対応した他の実施の形態

なお、上述した第2の実施の形態においては、 $ONU3$ におけるAware期間を「 $T_{\text{aware}} - \Delta t$ 」とすることにより誤差（ $\Delta t$ ）を補正するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、「 $T_{\text{sleep}} - \Delta t$ 」とするようにしても良い。

[0102] 例えば、「 $T_{\text{sleep}} - \Delta t$ 」とする場合、Aware期間の計測だけを第1の実施の形態と同様に、子局Awareカウンタ33Eで計測するような構成とすることにより、Aware期間の終了時のタイミングで $OLT2$ から時刻同期のための制御フレーム $CF$ を受信し、当該 $OLT2$ の基準時刻と $ONU3$ のローカル時

刻  $R_T$  との同期を取る。その結果、 $ONU_3$  はローカル時刻  $R_T$  を誤差 ( $\Delta t$ ) 分だけ進ませることができ、 $ONU_3$  の Sleep 期間が  $OLT_2$  の Sleep 期間に比べ誤差 ( $\Delta t$ ) 分だけ短くなるので ( $T_{sleep} - \Delta t$ )、 $OLT_2$  の基準クロックと、 $ONU_3$  のローカル時刻  $R_T$  とを一致させることができる。

[0103] また、上述した第 2 の実施の形態においては、 $OLT_2$  と接続される  $ONU_3$  の数を 1 つとした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、 $OLT_2$  の親局電力制御部 22 及び親局期間計測部 23 を、接続すべき  $ONU_3$  の台数分だけ用意すれば、 $n$  台 ( $1 \leq n \leq m$ ) の  $ONU$  を制御することが可能となる。

[0104] さらに、上述した第 2 の実施の形態においては、子局通信部 31 から入力される Sleep 期間終了時刻  $SLE T$  を sleep 期間終了時刻記憶部 43B に記憶するとともに、Aware 期間終了時刻  $AWE T$  を aware 期間終了時刻記憶部 43D に記憶するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限らず、Sleep 期間終了時刻  $SLE T$  および Aware 期間終了時刻  $AWE T$  が予め決まっている構成であってもよい。この場合  $ONU_3$  は、Sleep 期間終了時刻記憶部 43B および Aware 期間終了時刻記憶部 43D を有さなくても良い。

[0105] さらに、上述した第 2 の実施の形態においては、子局通信部 31 が終了時刻通知フレームから Sleep 期間終了時刻および Aware 期間終了時刻を読み取って子局期間計測部 43 へ出力するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、子局電力制御部 21 が制御フレーム (終了時刻通知フレーム)  $CF$  から Sleep 期間終了時刻  $SLE T$  および Aware 期間終了時刻  $AWE T$  を読み取って子局期間計測部 43 へ出力するようにしても良い。

[0106] (3) 第 3 の実施の形態

第 3 の実施の形態においても、例えば、 $OLT$  および  $ONU$  がそれぞれ 1 台づつの場合を一例として説明する。

[0107] 第 3 の実施の形態の  $PON$  システム 1 における通信プロセスにおいても、第 2 の実施の形態と同様、 $ONU_3$  が Sleep 期間終了時刻  $SLE T$  および Aware 期間終了時刻  $AWE T$  を有している状態で、 $ONU_3$  のローカル時刻が Sleep

p期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E Tを過ぎると、O N U 3はSleep期間およびAware期間を終了する構成となっている。

[0108] 但し、第2の実施の形態では、O L T 2から制御フレームC FによりSleep期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E TをO N U 3へ通知する構成であったが、第3の実施の形態では、O N U 3がSleep期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E Tを計算により算出する構成を有している点で相違する。

[0109] 図12との対応部分に同一符号を付した図15に示すように、第3の実施の形態のP O Nシステムにおける通信プロセスでは、1周期目でO N U 3がO L T 2から誤差( $\Delta t$ )だけ遅れてSleep期間を終了し、Aware期間でO L T 2の基準時刻とO N U 3のローカル時刻R Tとの同期を取って、当該Aware期間を「 $T_{\text{aware}} - \Delta t$ 」と補正する点は第2の実施の形態の場合と同様である。第3の実施の形態では、Sleep期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E TをO N U 3へ通知するための制御フレームC FをO L T 2が送信しない点において、第2の実施の形態とは相違する。

[0110] 第3の実施の形態における通信プロセスでは、各周期におけるSleep期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E TをO N U 3が計算により算出する。Sleep期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E Tを計算する方法は以下の通りである。

[0111] まず、省電力モード開始時刻をローカル時刻R Tで( $T_{\text{stat}}$ )とし、y周期目のSleep期間終了時刻を( $T_{\text{sleep\_end\_y}}$ )とすると共に、Aware期間終了時刻を( $T_{\text{aware\_end\_y}}$ )とする。そして、1周期目のSleep期間終了時刻( $T_{\text{sleep\_end\_1}}$ )を「 $T_{\text{stat}} + T_{\text{sleep}}$ 」とし、Aware期間終了時刻( $T_{\text{aware\_end\_1}}$ )を「 $T_{\text{stat}} + T_{\text{sleep}} + T_{\text{aware}}$ 」として算出する。

[0112] 以後、y周期目のSleep期間終了時刻( $T_{\text{sleep\_end\_y}}$ )を「 $T_{\text{sleep\_end\_}(y-1)} + T_{\text{aware}} + T_{\text{sleep}}$ 」とし、Aware期間終了時刻( $T_{\text{aware\_end\_y}}$ )を「 $T_{\text{aware\_end\_}(y-1)} + T_{\text{sleep}} + T_{\text{aware}}$ 」として算出する。以上がSleep期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E Tを計算する方法である。なお、

省電力モード開始時刻 ( $T_{stat}$ ) は、ONU 3 がOLT 2 にSleep\_Ackフレームを送信してから一定時間後の時刻とすることで計算可能であるが、省電力モード開始時刻 ( $T_{stat}$ ) の決定方法はこれのみに限るわけではない。

[0113] 第3の実施の形態においても、第2の実施の形態と同様に、Sleep期間にOLT 2の基準時刻とONU 3のローカル時刻RTとの間には誤差 ( $\Delta t$ ) が発生する。しかしながら、Aware期間において、OLT 2の基準時刻とONU 3のローカル時刻RTとの間で同期が取れるため、Aware期間に「 $T_{aware} - \Delta t$ 」の補正が入り、誤差 ( $\Delta t$ ) が周期を重ねるごとに蓄積されることは解消される。

[0114] なお、図15においても、誤差 ( $\Delta t$ ) が正の場合を記載しているが、誤差 ( $\Delta t$ ) は負であってもよい。また、誤差 ( $\Delta t$ ) はSleep期間やAware期間に比べて十分に小さく、第3の実施の形態においても、誤差 ( $\Delta t$ ) が時間の経過とともに蓄積されて大きな値となることを解決する例である。

[0115] (3-1) 第3の実施の形態におけるOLTおよびONUの回路構成

図13との対応部分に同一符号を付した図16に示すように、OLT 2は、第1の実施の形態と同様の構成を有しているので、ここでは説明を省略する。

[0116] ONU 3については、基本的に第2の実施の形態と同様であるものの、第2の実施の形態と異なっている点として、子局通信部31がSleep期間終了時刻SLETおよびAware期間終了時刻AWETを子局期間計測部53へ出力しない点と、子局通信部31が子局電力制御部32へローカル時刻RTを出力する点と、子局電力制御部32が省電力モード開始時刻EMSTを子局期間計測部53へ出力する点である。なお、ONU 3の構成として、第2の実施の形態と同様である部分についての説明は省略する。

[0117] このような構成のONU 3における子局電力制御部32は、セット信号SETと同時にその時のローカル時刻RTを省電力モード開始時刻EMST ( $T_{stat}$ ) として子局期間計測部53へ出力する。ONU 3の子局期間計測部53は、子局電力制御部32からのセット信号SETが入力されると、同時に

入力される省電力モード開始時刻  $EMST$  ( $T_{stat}$ ) と、事前に設定された「 $T_{sleep}$ 」および「 $T_{aware}$ 」に基づいて各周期のSleep期間終了時刻  $SLE T$  およびaware期間終了時刻  $AWE T$  を周期的に計算する。なお子局期間計測部 53 は、子局電力制御部 32 からリセット信号  $RSET$  が入力されると、それまでに計算したSleep期間終了時刻  $SLE T$  およびaware期間終了時刻  $AWE T$  を消去する。

[0118] (3-2) ONUの子局期間計測部の回路構成

このONU3の子局期間計測部53の構成を図17に示す。第3の実施の形態におけるONU3の子局期間計測部53は、子局期間計測制御部53Aと、 $T_{Sleep}$ 記憶部53Bと、Sleep期間終了時刻計算部53Cと、Sleep比較部53Dと、 $T_{Aware}$ 記憶部53Eと、Aware期間終了時刻計算部53Fと、Aware比較部53Gとから構成されている。

[0119] 子局期間計測部53は、Sleep期間の値「 $T_{sleep}$ 」(時間)を $T_{Sleep}$ 記憶部53Bに予め設定すると共に、Aware期間の値「 $T_{aware}$ 」(時間)を $T_{Aware}$ 記憶部53Eに予め設定しておき、当該 $T_{Sleep}$ 記憶部53Bおよび当該 $T_{Aware}$ 記憶部53EからSleep期間の値「 $T_{sleep}$ 」およびAware期間の値「 $T_{aware}$ 」をSleep期間終了時刻計算部53CおよびAware期間終了時刻計算部53Fへ出力する。

[0120] Sleep期間終了時刻計算部53CおよびAware期間終了時刻計算部53Fでは、子局期間計測制御部53Aから計算開始信号  $CST$  および開始時刻 ( $T_{stat}$ ) が入力されると、まず1周期目のSleep期間終了時刻を ( $T_{stat}+T_{sleep}$ ) とし、Aware期間終了時刻を ( $T_{stat}+T_{sleep}+T_{aware}$ ) として計算する。

[0121] そして、Sleep期間終了時刻計算部53CおよびAware期間終了時刻計算部53Fは、次に子局期間計測制御部53Aから計算更新信号  $CUS$  が入力されると、2周期目のSleep期間終了時刻を ( $T_{sleep\_end\_1}+T_{aware}+T_{sleep}$ ) とし、Aware期間終了時刻を ( $T_{aware\_end\_1}+T_{sleep}+T_{aware}$ ) として計算する。

- [0122] 以後、Sleep期間終了時刻計算部53CおよびAware期間終了時刻計算部53Fは、この計算を繰り返すことになるが、子局期間計測制御部53Aからリセット信号RESETが入力されると、次に計算開始信号CSTが入力されたときには1周期目の計算から改めてスタートする。
- [0123] Sleep期間終了時刻計算部53CおよびAware期間終了時刻計算部53Fは、Sleep期間終了時刻SLETおよびAware期間終了時刻AWETをSleep比較部53DおよびAware比較部53Gへそれぞれ出力する。Sleep比較部53DおよびAware比較部53Gは、ONU3のローカル時刻RTと、Sleep期間終了時刻SLETおよびAware期間終了時刻AWETとをそれぞれ比較し、ローカル時刻RTがSleep期間終了時刻SLETおよびAware期間終了時刻AWETを過ぎると、Sleep期間終了信号SLESおよびAware期間終了信号AWESを子局期間計測制御部53Aへ出力する。
- [0124] 子局期間計測部53は、第2の実施の形態と同様に、子局電力制御部32から入力されるセット信号SET、リセット信号RESETと、Sleep比較部53DおよびAware比較部53Gから入力されるSleep期間終了信号SLESおよびAware期間終了信号AWESとに基づいて、Sleep状態信号SLMまたはAware状態信号AWMを子局電力制御部32へ出力する。
- [0125] さらに子局期間計測部53は、子局電力制御部32からセット信号SETおよび省電力モード開始時刻(T<sub>stat</sub>)が入力されると、子局期間計測制御部53AはSleep期間終了時刻計算部53CとAware期間終了時刻計算部53Fに計算開始信号CSTおよび省電力モード開始時刻(T<sub>stat</sub>)を出力する。
- [0126] そして子局期間計測部53は、各周期が終了すると計算更新信号CUSをSleep期間終了時刻計算部53CおよびAware期間終了時刻計算部53Fへ出力する。Sleep期間終了時刻計算部53CおよびAware期間終了時刻計算部53Fは、該当周期のSleep期間終了時刻SLETおよびAware期間終了時刻AWETに「T<sub>sleep</sub>」の値および「T<sub>aware</sub>」の値を加算することにより次の周期のSleep期間終了時刻SLETおよびAware期間終了時刻AWETを算出す

る。以後、子局期間計測部 53 はこれを繰り返すようになされている。なお子局期間計測部 53 は、子局電力制御部 32 からリセット信号 R S E T が入力された場合、Sleep 期間終了時刻計算部 53 C および Aware 期間終了時刻計算部 53 F へリセット信号 R S E T を出力し、Sleep 期間終了時刻 S L E T および Aware 期間終了時刻 A W E T の計算を終了する。

[0127] (3-3) 第 3 の実施の形態における作用および効果

以上の構成において、第 3 の実施の形態の P O N システム 1 では、O N U 3 の Sleep 期間に発生した O L T 2 との時刻の誤差 ( $\Delta t$ ) を解消するに際し、第 2 の実施の形態とは異なり、O L T 2 からの制御フレーム C F により Sleep 期間終了時刻 S L E T および Aware 期間終了時刻 A W E T を O N U 3 が認識するのではなく、O N U 3 自身で Sleep 期間終了時刻 S L E T および Aware 期間終了時刻 A W E T を計算により算出することを特徴としている。

[0128] すなわち P O N システム 1 では、1 周期目で O N U 3 が O L T 2 から誤差 ( $\Delta t$ ) だけ遅れて Sleep 期間を終了し、次の Aware 期間で O L T 2 の基準時刻と O N U 3 のローカル時刻 R T との同期を取ることににより当該 Aware 期間を「T\_Aware- $\Delta t$ 」と補正することができるので、時間の経過とともに誤差 ( $\Delta t$ ) が蓄積されていくことを防止することができる。かくして P O N システムでは、従来のように誤差 ( $\Delta t$ ) を補正していない場合に比べて、O L T 2 から復帰指示の制御フレーム C F を送信する回数を減らすことができるので、帯域の利用効率を低下させることなく、O L T 2 の負荷を低減させて消費電力の増大を防止することができる。

[0129] その際 O N U 3 は、子局期間計測部 53 により、周期ごとに Sleep 期間終了時刻 S L E T および Aware 期間終了時刻 A W E T を計算により求めることができるので、O L T 2 から Sleep 期間終了時刻 S L E T および Aware 期間終了時刻 A W E T の通知を受ける必要が無くなり、その分だけ更に O L T 2 の処理負荷を軽減させることができる。

[0130] 以上の構成によれば、P O N システム 1 は、第 2 の実施の形態と同様に、当該 O L T 2 の基準時刻と O N U 3 のローカル時刻 R T との同期を取ること

により、当該ローカル時刻  $R_T$  を誤差 ( $\Delta t$ ) 分だけ進ませて、 $OLT_2$  の基準クロックと、 $ONU_3$  のローカル時刻  $R_T$  との誤差 ( $\Delta t$ ) を無くすることができる。そのうえ  $PON$  システム 1 では、 $ONU_3$  が周期ごとに Sleep 期間終了時刻  $SLE_T$  および Aware 期間終了時刻  $AWE_T$  を計算により求めることができるので、 $OLT_2$  に対して Sleep 期間終了時刻  $SLE_T$  および Aware 期間終了時刻  $AWE_T$  を送信させるという負荷を軽減させながら、 $ONU_3$  を確実に省電力モードから通常モードへ復帰させることができる。

[0131] (3-4) 第3の実施の形態に対応した他の実施の形態

なお、上述した第3の実施の形態においては、 $ONU_3$  における Aware 期間を「 $T_{\text{aware}} - \Delta t$ 」とすることにより誤差 ( $\Delta t$ ) を補正するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、「 $T_{\text{sleep}} - \Delta t$ 」とするようにしても良い。

[0132] 例えば、「 $T_{\text{sleep}} - \Delta t$ 」とする場合、Aware 期間の計測だけを第1の実施の形態と同様に、子局 Aware カウンタ 33E で計測するような構成とすることにより、Aware 期間の終了時のタイミングで  $OLT_2$  から時刻同期のための制御フレーム  $CF$  を受信し、当該  $OLT_2$  の基準時刻と  $ONU_3$  のローカル時刻  $R_T$  との同期を取る。その結果、 $ONU_3$  はローカル時刻  $R_T$  を誤差 ( $\Delta t$ ) 分だけ進ませることができ、 $ONU_3$  の Sleep 期間が  $OLT_2$  の Sleep 期間に比べ誤差 ( $\Delta t$ ) 分だけ短くなるので（「 $T_{\text{sleep}} - \Delta t$ 」）、 $OLT_2$  の基準クロックと、 $ONU_3$  のローカル時刻  $R_T$  とを一致させることができる。

[0133] また、上述した第3の実施の形態においては、 $ONU_3$  の子局通信部 31 が子局電力制御部 32 へローカル時刻  $R_T$  を出力し、子局電力制御部 32 が省電力モード開始時刻 ( $T_{\text{stat}}$ ) を決定するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限るものではなく、 $ONU_3$  の子局期間計測部 53 が省電力モード開始時刻 ( $T_{\text{stat}}$ ) を知ることができればよく、例えば、子局通信部 31 が子局期間計測部 53 へローカル時刻  $R_T$  を出力し、子局期間計測部 53 が省電力モード開始時刻 ( $T_{\text{stat}}$ ) を直接決定するようにしても良い。

[0134] さらに、上述した第3の実施の形態においては、Sleep期間とAware期間とが一定である条件で、Sleep期間およびAware期間のSleep期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E Tを計算するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限らず、Sleep期間やAware期間が周期毎に異なった条件でSleep期間およびAware期間のSleep期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E Tを計算するようにしてもよい。その場合でも、Sleep期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E Tを計算することは可能であり、例えば、 $n$ 周期目のSleep期間を「T\_sleep\_n」とし、Aware期間を「T\_aware\_n」としたとき、 $n$ 周期目のSleep期間終了時刻S L E TおよびAware期間終了時刻A W E Tは、「T\_sleep\_end\_n=T\_sleep\_end\_(n-1)+T\_aware+T\_sleep、T\_aware\_end\_n=T\_aware\_end\_(n-1)+T\_sleep+T\_Aware」となる。また、計算方法はこれだけに留まらず様々である。

[0135] さらに、上述した第3の実施の形態においては、子局期間計測部53がSleep期間終了時刻およびaware期間終了時刻を計算するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、子局期間計測部53以外の例えば子局電力制御部21等のその他によって計算するようにしても良い。

[0136] さらに、上述した第3の実施の形態においては、O L T 2と接続されるO N U 3の数を1つとした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、O L T 2の親局電力制御部22及び親局期間計測部23を、接続すべきO N U 3の台数分だけ用意すれば、 $n$ 台 ( $1 \leq n \leq m$ ) のO N U を制御することが可能となる。

[0137] (4) 第4の実施の形態

第4の実施の形態においても、例えば、O L T およびO N U がそれぞれ1台づつの場合を一例として説明する。

[0138] 上述した第1の実施の形態～第3の実施の形態では、O L T 2とO N U 3との時刻の誤差 ( $\Delta t$ ) がSleep期間やAware期間に比べて小さい場合の例であった。これに対して、第4の実施の形態では、O L T 2とO N U 3との時刻の誤差 ( $\Delta t$ ) がSleep期間やAware期間に比べて無視できない程大きい場合の

例である。なお、 $n$  周期目のSleep期間を「 $T_{\text{sleep}_n}$ 」と表記するとともに、 $n$  周期目のAware期間を「 $T_{\text{aware}_n}$ 」と表記する。また、 $n$  周期目のSleep期間「 $T_{\text{sleep}_n}$ 」に発生したOLT2とONU3との時刻の誤差を誤差（ $\Delta t_n$ ）と表記する。

[0139] 誤差（ $\Delta t$ ）が小さい場合、 $n$  周期目のSleep期間で誤差（ $\Delta t_n$ ）が発生しても、 $n$  周期目のAware期間にOLT2が省電力モードからの復帰を指示するAwareフレームをONU3へ送信すると、ONU3はそのAwareフレームをOLT2から受信して省電力モードに復帰することができる。

[0140] 逆に、誤差（ $\Delta t$ ）が大きい場合、図18に示すように、第4の実施の形態のPONシステムにおける通信プロセスでは、 $n$  周期目のSleep期間で誤差（ $\Delta t_n$ ）が発生したとき、Aware期間にOLT2がAwareフレームを送信しても、ONU3はSleep期間であるために、そのAwareフレームを受信することができず、省電力モードから通常モードへ復帰することができない。

[0141] つまり、OLT2においてSleep期間が終了してからAware期間に入ってAwareフレームをONU3へ送信するまでの期間を「 $T_{\text{olt\_aware}}$ 」とし、OLT2から送信されたAwareフレームがONU3に到着するまでの期間を「 $T_{\text{olt\_onu}}$ 」とすると、「 $\Delta t < T_{\text{olt\_aware}} + T_{\text{olt\_onu}}$ 」が誤差（ $\Delta t$ ）の小さい場合であり、「 $\Delta t \geq T_{\text{olt\_aware}} + T_{\text{olt\_onu}}$ 」が誤差（ $\Delta t$ ）の大きい場合である。

[0142] 第1の実施の形態～第3の実施の形態では、 $n$  周期目のSleep期間で発生した誤差（ $\Delta t_n$ ）を $n$  周期目のAware期間から $n+1$  周期目のSleep期間で補正し、誤差（ $\Delta t_n$ ）が蓄積されて大きな値となることを防止するようになされていた。これに対して第4の実施の形態では、 $n$  周期目のSleep期間で発生する誤差（ $\Delta t_n$ ）をONU3が事前に推定し、ONU3のSleep期間を誤差（ $\Delta t_n$ ）だけ予め補正してSleep状態に入るように構成されている。

[0143] 例えば、図19に示すように、第4の実施の形態のPONシステムにおける通信プロセスでは、ONU3はOLT2から「 $T_{\text{sleep}}$ 」だけSleep期間となることをステップST1のSleepフレームで指示されても、「 $T_{\text{sleep}}$ 」期

間に発生する誤差 ( $\Delta t$ ) を予め推定し、 $n$  周期目のSleep期間を「 $T_{\text{sleep}_n} - \Delta t$ 」と設定してからSleep状態へ入る。

[0144] 続いて、この第4の実施の形態において、ONU3で発生する誤差 ( $\Delta t$ ) を事前に推定する方法を説明する。なお、第4の実施の形態は、周期毎にSleep期間「 $T_{\text{sleep}}$ 」とAware期間「 $T_{\text{aware}}$ 」とが異なるものとする。

[0145] OLT2とONU3との誤差 ( $\Delta t$ ) はSleep期間の長さに比例する。この第4の実施の形態では、まず、あるSleep期間 ( $T_{\text{sleep}_x}$ ) に発生した誤差 ( $\Delta t_x$ ) を記憶しておく。そして、 $n$  周期目のSleep期間 ( $T_{\text{sleep}_n}$ ) の長さに応じて発生する誤差 ( $\Delta t_n$ ) を、 $(\Delta t_n) = (\Delta t_x) \times (T_{\text{sleep}_n}) / (T_{\text{sleep}_x})$  として算出する。なお、この場合も、誤差 ( $\Delta t$ ) が正の場合を記載しているが、誤差 ( $\Delta t$ ) は負であってもよい。

[0146] 第4の実施の形態では、第1の実施の形態と同様の方法により、ONU3が1周期目の期間で得られた誤差 ( $\Delta t_1$ ) に基づいて、それ以降の周期で発生する誤差を推定する。つまり、 $n$  周期目で発生する誤差を、 $(\Delta t_n) = (\Delta t_1) \times (T_{\text{sleep}_n}) / (T_{\text{sleep}_1})$  として算出する。

[0147] (4-1) 第4の実施の形態におけるOLTおよびONUの回路構成

図6との対応部分に同一符号を付した図20に示すように、OLT2は、第1の実施の形態と同様の構成を有しているので、ここでは説明を省略する。但し、OLT2は制御フレームCFにより各周期におけるSleep期間「 $T_{\text{sleep}_n}$ 」およびAware期間「 $T_{\text{aware}_n}$ 」をONU3へ送信する。

[0148] ONU3については、基本的に第1の実施の形態と同様であるものの、第1の実施の形態と異なっている点として、子局電力制御部32から子局期間計測部63へ $n$ 周期目のSleep期間の値「 $T_{\text{sleep}_n}$ 」と、Aware期間の値「 $T_{\text{aware}_n}$ 」とを出力する点である。なお、ONU3の構成として、第1の実施の形態と同様である部分についての説明は省略する。

[0149] ONU3の子局電力制御部32は、OLT2から制御フレームCFにより送信されたSleep期間の値「 $T_{\text{sleep}_n}$ 」と、Aware期間の値「 $T_{\text{aware}_n}$ 」とを、各周期が始まるときに子局期間計測部63へ出力する。

[0150] (4-2) ONUの子局期間計測部の回路構成

このONU3の子局期間計測部63の構成を図21に示す。第4の実施の形態におけるONU3の子局期間計測部63は、子局期間計測制御部63Aと、子局Sleepカウンタ63Bと、子局Awareカウンタ63Cと、子局誤差検出部63Dとから構成されている。

[0151] 子局期間計測部63の子局誤差検出部63Dは、第1の実施の形態と同様に、同期完了信号SYEが入力されたときのローカル時刻(OLT2の基準時刻と同期した)RTと、その直前のローカル時刻(OLT2の基準時刻と同期していない)RTとの差分に基づいて、Sleep期間中に発生したOLT2とONU3との時刻の誤差( $\Delta t$ )を検出し、その検出した誤差( $\Delta t$ )を子局期間計測制御部63Aへ出力する。

[0152] 子局期間計測制御部63Aは、第1の実施の形態の場合と同様に、子局電力制御部32から入力されるセット信号SETおよびリセット信号RESETに基づいて、子局Sleepカウンタ63Bと子局Awareカウンタ63CへON/OFF信号ONFを出力することにより、子局Sleepカウンタ63Bと子局Awareカウンタ63Cを制御する。ここで、第1の実施の形態と異なる点は、子局期間計測制御部63Aが、子局Sleepカウンタ63Bがロードするためのカウント数( $T_{\text{sleep}_n} - \Delta t_n$ )を当該子局Sleepカウンタ63Bへ出力する点である。

[0153] 子局期間計測制御部63Aは、子局電力制御部32から入力されたn周期目のSleep期間「 $T_{\text{sleep}_n}$ 」と、上述した推定方法により推定したn周期目の誤差( $\Delta t_n$ )とから求めた「 $T_{\text{sleep}_n} - \Delta t_n$ 」をカウント数として子局Sleepカウンタ63Bへ出力する。一方、子局期間計測制御部63Aは、子局電力制御部32から入力されたn周期目のAware期間の値( $T_{\text{aware}_n}$ )をカウント数として子局Awareカウンタ63Cへそのまま出力する。なお、子局Sleepカウンタ63Bおよび子局Awareカウンタ63Cの構成および動作は第1の実施例と同様であるので、ここでは便宜上その説明を省略する。

[0154] (4-3) 第4の実施の形態における作用および効果

以上の構成において、第4の実施の形態のPONシステム1では、ONU3が1周期目の期間で得られた誤差( $\Delta t$ )を用いて、それ以降の例えばn周期目で発生する誤差( $\Delta t_n$ )を推定する。

[0155] そしてONU3は、その推定した誤差( $\Delta t_n$ )を考慮してn周期目のSleep期間を「 $T_{sleep\_n} - \Delta t_n$ 」と設定してからSleep状態に入るようにしたことにより、次のAware期間においてOLT2とONU3との同期が取れた状態を確実に得ることができる。

[0156] その結果、OLT2がAware期間にAwareフレームをONU3へ送信したとき、ONU3がそのAwareフレームを受信することができるので、省電力モードから通常モードへ確実に復帰することができる。かくしてPONシステム1では、従来のように誤差( $\Delta t$ )を補正していない場合に比べて、OLT2から復帰指示の制御フレームを送信する回数を減らすことができるので、帯域の利用効率を低下させることなく、OLT2の負荷を低減させて消費電力の増大を防止することができる。

[0157] 以上の構成によれば、PONシステム1は、OLT2とONU3との時刻の誤差( $\Delta t$ )がSleep期間やAware期間に比べて無視できない程大きい場合であっても、ONU3が予めn周期目の誤差( $\Delta t_n$ )を推定し、その推定した誤差( $\Delta t_n$ )を考慮してn周期目のSleep期間を「 $T_{sleep\_n} - \Delta t_n$ 」と設定してからSleep状態に入る。これによりPONシステムは、次のAware期間でOLT2とONU3との同期が取れ、OLT2からのAwareフレームをONU3が確実に受信し、省電力モードから通常モードへ確実に復帰することができる。

[0158] (4-4) 第4の実施の形態に対応した他の実施の形態

なお上述した第4の実施の形態においては、1周期目のSleep期間で発生した誤差( $\Delta t$ )に基づいて、それ以降のn周期目で発生する誤差( $\Delta t_n$ )を推定するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限るものではなく、ONU3は実際に省電力モードへ入る前に、OLT2とONU3とのクロックの偏差を確認するモードを設定するようにしてもよい。

[0159] また上述した第4の実施の形態においては、1周期目のSleep期間で発生した誤差( $\Delta t$ )に基づいて、それ以降のn周期目で発生する誤差( $\Delta t_n$ )を推定するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限るものではなく、何周期目の誤差( $\Delta t$ )を使用してそれ以降の周期で発生する誤差を推定するようにしてもよい。例えば、一定時間毎に、誤差推定用の期間を設けるようにしてもよい。また、前回省電力モードとなったときの誤差から推定するようにしてもよい。更に、標準温度における誤差を事前に設定し、それを用いてそれ以降の周期で発生する誤差を推定するようにしてもよい。更に、温度毎の誤差を事前に設定し、装置で温度を測定することにより、それ以降の周期で発生する誤差を推定することも可能である。

[0160] さらに上述した第4の実施の形態においては、n周期目に発生する誤差( $\Delta t_n$ )を推定し、その誤差( $\Delta t_n$ )を補正するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限らず、推定した誤差( $\Delta t_n$ )は実際に発生する誤差とは正確に一致するものではない場合があるため、第1の実施の形態乃至第3の実施の形態と同様の処理を併せて行い、Aware期間に更に修正を加えるようにしてもよい。

[0161] さらに、上述した第4の実施の形態においては、OLT2と接続されるONU3の数を1つとした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、OLT2の親局電力制御部22及び親局期間計測部23を、接続すべきONU3の台数分だけ用意すれば、n台( $1 \leq n \leq m$ )のONUを制御することが可能となる。

[0162] (5) 第5の実施の形態

第5の実施の形態においても、例えば、OLTおよびONUがそれぞれ1台づつの場合を一例として説明する。

[0163] 上述した第4の実施の形態では、n周期目で発生する誤差( $\Delta t_n$ )をONU3で推定し、当該ONU3の「T\_sleep」期間を「T\_sleep\_n- $\Delta t_n$ 」と補正することにより、誤差( $\Delta t_n$ )がSleep期間やAware期間に比べて無視できない程大きい場合でも、省電力モードから通常モードへの復帰指示の制御

フレームをOLT2から受け取れるようにしていた。

[0164] しかしながら第5の実施の形態では、OLT2で誤差( $\Delta t_n$ )を見積もり、ONU3が制御フレームを受け取れる時刻に、省電力モードから通常モードへの復帰指示の制御フレームCFを送信する点が第4の実施の形態とは異なっている。

[0165] 第5の実施の形態において、OLT2が省電力モードから通常モードへの復帰指示の制御フレームCFをONU3へ送信するまでの流れを説明する。この場合、ONU3が誤差( $\Delta t$ )を検出し、その誤差( $\Delta t$ )をOLT2へ送信する。そしてOLT2は、この誤差( $\Delta t$ )を使い、第4の実施の形態と同様の方法で、 $n$ 周期目に発生する誤差( $\Delta t_n$ )を推定する。最後に、OLT2が省電力モードから通常モードへの復帰指示の制御フレームCFをONU3へ送信する際には、OLT2のSleep期間が終了して $n$ 周期目の誤差( $\Delta t_n$ )以上の時間が経過してから制御フレームCFを送信するように制御を行う。なお、OLT2が制御フレームCFを送信してからONU3へ到着するまでに要する時間分だけ早めに送信してもよいことはいうまでもない。

[0166] 続いて、第5の実施の形態のPONシステム1における通信プロセスでは、図22に示すように、ONU3は第1の実施の形態(図5)と同様の方法で、 $n$ 周期目に発生した誤差( $\Delta t_n$ )に対し、 $n$ 周期目のAware期間を「T\_aware\_n- $\Delta t_n$ 」と補正し、誤差が蓄積していくことを防止している。そのうえ、この通信プロセスでは、 $n$ 周期目に発生した誤差( $\Delta t_n$ )により、OLT2からの復帰指示の制御フレームCFをONU3が受信できなくなるような、OLT2で誤差( $\Delta t_n$ )を推定し、Sleep期間が終了した後に誤差( $\Delta t_n$ )以上の時間が経過したステップST3のタイミングで復帰指示の制御フレーム(Awareフレーム)CFを送信する。なお、この場合も、誤差( $\Delta t$ )が正の場合を記載しているが、誤差( $\Delta t$ )は負であってもよい。

[0167] (5-1) 第5の実施の形態におけるOLTおよびONUの回路構成

図6との対応部分に同一符号を付した図23に示すように、OLT2は、第1の実施の形態と同様の構成を有しているので、ここでは説明を省略する

。但し、OLT 2の親局電力制御部21は、ONU 3から送信されてくる誤差( $\Delta t$ )を記憶して、 $n$ 周期目に発生する誤差( $\Delta t-n$ )を推定し、親局通信部21を介して復帰指示の制御フレームCFを送信する際にはSleep期間が終了した後に誤差( $\Delta t-n$ )以上の時間が経過してから動作する点が異なっている。

[0168] ONU 3は、第1の実施の形態とほぼ同様であるが、子局期間計測部33によって検出した誤差( $\Delta t$ )を制御信号C2により子局電力制御部32へ出力する点が異なっており、子局電力制御部32は、親局通信部21を介して、その誤差( $\Delta t$ )を制御フレームCFによりOLT 2へ送信する。なお、ONU 3の構成として、第1の実施の形態と同様である部分についての説明は省略する。

[0169] (5-2) 第5の実施の形態における作用および効果

以上の構成において、第5の実施の形態のPONシステム1では、ONU 3が検出した誤差( $\Delta t$ )をOLT 2が受け取り、この誤差( $\Delta t$ )に基づいて $n$ 周期目に発生する誤差( $\Delta t-n$ )を推定した後、OLT 2が省電力モードから通常モードへの復帰指示の制御フレームCFをONU 3へ送信する際、OLT 2のSleep期間が終了して $n$ 周期目の誤差( $\Delta t-n$ )以上の時間が経過してから制御フレームCFを送信する。これによりPONシステム1では、ONU 3がAware期間に入っていると予測される時間帯に当該制御フレームをOLT 2からONU 3へ確実に受け渡すことができる。

[0170] このときONU 3は第1の実施の形態(図5)と同様の方法で、 $n$ 周期目に発生した誤差( $\Delta t-n$ )に対し、 $n$ 周期目のAware期間を「 $T_{\text{aware}_n} - \Delta t_n$ 」と補正し、誤差が蓄積していくことを防止している。従って、この第5の実施の形態のPONシステム1では、OLT 2およびONU 3の双方で、OLT 2から送信される復帰指示の制御フレームCFをONU 3で確実に受け取ることができるように考慮されている。

[0171] これによりOLT 2とONU 3との間で生じる誤差( $\Delta t$ )がSleep期間やAware期間に比べて無視できない程大きい場合であっても、OLT 2から送信

された制御フレームCFをONU3が確実に受信できるようになるので、Aware期間においてONU3が省電力モードから通常モードへ確実に復帰することができる。かくしてPONシステム1では、従来のように誤差( $\Delta t$ )を補正していない場合に比べて、OLT2から復帰指示の制御フレームCFを送信する回数を減らすことができるので、帯域の利用効率を低下させることなく、OLT2の負荷を低減させて消費電力の増大を防止することができる。

[0172] 以上の構成によれば、PONシステム1は、OLT2とONU3との時刻の誤差( $\Delta t$ )がSleep期間やAware期間に比べて無視できない程大きい場合であっても、ONU3が検出した誤差( $\Delta t$ )に基づいてOLT2がn周期目に発生する誤差( $\Delta t_n$ )を推定した後、OLT2のSleep期間が終了してn周期目の誤差( $\Delta t_n$ )以上の時間が経過してから復帰指示の制御フレームCFをONU3へ送信することにより、OLT2からのAwareフレームをONU3が確実に受信し、省電力モードから通常モードへ確実に復帰することができる。

[0173] (5-3) 第5の実施の形態に対応した他の実施の形態

なお、上述した第5の実施の形態においては、ONU3が1周期目のSleep期間で発生した誤差( $\Delta t$ )に基づいて、それ以降のn周期目で発生する誤差( $\Delta t_n$ )をOLT2で推定するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限るものではなく、ONU3が推定した何周期目かの誤差( $\Delta t$ )に基づいて、OLT2がそれ以降の周期で発生する誤差( $\Delta t_n$ )を推定するようにしてもよい。また、OLT2は、前回省電力モードとなったときの誤差から推定するようにしてもよく、標準温度における誤差を事前に設定し、それを用いてそれ以降の周期で発生する誤差を推定するようにしてもよい。更に、OLT2は温度毎の誤差を事前に設定し、装置で温度を測定することにより、それ以降の周期で発生する誤差を推定することも可能である。

[0174] さらに上述した第5の実施の形態においては、ONU3が検出した誤差( $\Delta t$ )に基づいてOLT2がn周期目に発生する誤差( $\Delta t_n$ )を推定し、そ

の誤差 ( $\Delta t_n$ ) を補正するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限らず、推定した誤差 ( $\Delta t_n$ ) は実際に発生する誤差とは正確に一致するものではない場合があるため、第 1 の実施の形態だけではなく、第 2 の実施の形態及び第 3 の実施の形態と同様の処理を併せて行い、Aware 期間に更に修正を加えるようにしてもよい。

[0175] さらに、上述した第 5 の実施の形態においては、OLT 2 と接続される ONU 3 の数を 1 つとした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、OLT 2 の親局電力制御部 22 及び親局期間計測部 23 を、接続すべき ONU 3 の台数分だけ用意すれば、 $n$  台 ( $1 \leq n \leq m$ ) の ONU を制御することが可能となる。

[0176] (6) 第 6 の実施の形態

第 6 の実施の形態においては、特に第 1 の実施の形態に対する変形例であり、例えば、OLT および ONU がそれぞれ 1 台ずつの場合を一例として説明する。

[0177] 図 5 との対応部分に同一符号を付した図 24 に示すように、第 6 の実施の形態の PON システム 1 における通信プロセスでは、ONU 3 の Sleep 期間に発生した ONU 3 のローカル時刻  $R_T$  と OLT 2 の基準時刻との時刻の誤差 ( $\Delta t_1$ ) を、OLT 2 と ONU 3 との間で制御フレーム CF の送受信が可能となり、OLT 2 と時刻同期が取れる ONU 3 の 1 周期目の Aware 期間に検出する。

[0178] そして、この第 6 の実施の形態における通信プロセスでは、OLT 2 と時刻同期を取った後の ONU 3 における当該 1 周期目の Aware 期間中に、当該誤差 ( $\Delta t_1$ ) を ONU 3 から OLT 2 へ知らせるための制御フレーム (誤差 ( $\Delta t_1$ ) 通知フレーム) CF をステップ ST 3 の時点で当該 OLT 2 へ送信する。

[0179] OLT 2 では、当該 1 周期目の Aware 期間を「 $T_{\text{aware}} + \Delta t_1$ 」と補正することにより、1 周期目が終わるまでに誤差 ( $\Delta t_1$ ) を補正してしまう。続いて OLT 2 は、第 4 の実施の形態の場合と同様の方法により 2 周期目の誤差

( $\Delta t_2$ ) を推定し、当該 2 周期目の Aware 期間を「 $T_{\text{aware}} + \Delta t_2$ 」と補正することにより、2 周期目が終わるまでに誤差 ( $\Delta t_2$ ) を補正してしまう。以後 OLT 2 は、 $n$  周期目以降の誤差 ( $\Delta t_n$ ) を推定し、 $n$  周期目の Aware 期間中に補正する。このため ONU 3 では、2 周期目以降に当該 ONU 3 から OLT 2 へ誤差 ( $\Delta t_1$ ) を検出して通知する必要はない。

[0180] なお、図 24 においては、誤差 ( $\Delta t_1$ ) が正の場合を記載しているが、誤差 ( $\Delta t_1$ ) は負であってもよい。また、誤差 ( $\Delta t_1$ ) は Sleep 期間や Aware 期間に比べて十分に小さく、第 1 の実施の形態では誤差 ( $\Delta t_1$ ) が時間の経過とともに蓄積されて大きな値となることを解決する例である。

[0181] さらに、第 6 の実施の形態では、OLT 2 および ONU 3 がそれぞれ 1 台ずつの場合について説明したが、OLT 2 に対して ONU 3 が複数接続される場合、誤差 ( $\Delta t_1$ ) は複数の ONU 3 毎に異なり、親局期間計測部 23 及び子局期間計測部 33 についても複数必要になる。

[0182] (6-1) 第 6 の実施の形態における OLT および ONU の回路構成

図 6 との対応部分に同一符号を付した図 25 に示すように、ONU 3 では、ONU 3 の Sleep 期間に発生した ONU 3 のローカル時刻 RT と OLT 2 の基準時刻との時刻の誤差 ( $\Delta t_1$ ) を、子局期間計測部 33 により OLT 2 と時刻同期が取れる ONU 3 の 1 周期目の Aware 期間に検出し、この誤差 ( $\Delta t_1$ ) を OLT 2 へ送信する。

[0183] OLT 2 の親局電力制御部 22 は、ONU 3 から受信した誤差 ( $\Delta t_1$ ) を親局期間計測部 23 へ出力する。親局期間計測部 23 は、誤差 ( $\Delta t_1$ ) を用いて 1 周期目の Aware 期間を、事前に予め設定した「 $T_{\text{aware}}$ 」から「 $T_{\text{aware}} + \Delta t_1$ 」へ補正する。これにより OLT 2 の Aware 期間「 $T_{\text{aware}} + \Delta t_1$ 」の終了タイミングと ONU 3 の Aware 期間「 $T_{\text{aware}}$ 」の終了タイミングとが同期することになる。

[0184] そして OLT 2 の親局電力制御部 22 は、2 周期目以降については、誤差 ( $\Delta t_1$ ) に基づいて第 4 の実施の形態と同様の方法により誤差 ( $\Delta t_2$ )、( $\Delta t_3$ )、……、( $\Delta t_n$ ) を推定し、これを用いて 2 周期目以降の Aware 期

間を「 $T_{\text{aware}} + \Delta t_1$ 」、 $T_{\text{aware}} + \Delta t_2$ 、……、 $T_{\text{aware}} + \Delta t_n$ と補正する。

[0185] (6-2) 第6の実施の形態における作用および効果

以上の構成において、第6の実施の形態のPONシステム1では、ONU3のSleep期間に発生したOLT2との時刻の誤差( $\Delta t_1$ )を、OLT2とONU3との間で制御フレームCFの送受信が可能となったONU3の1周期目のAware期間に検出し、当該1周期目のAware期間中に当該誤差( $\Delta t_1$ )をONU3からOLT2へ送信する。

[0186] そしてPONシステム1のOLT2では、ONU3から受信した誤差( $\Delta t_1$ )を用いて、1周期目のAware期間中にAware期間を「 $T_{\text{aware}} + \Delta t_1$ 」とすることにより、OLT2の基準クロックと、ONU3のローカル時刻RTとの誤差( $\Delta t_1$ )を補正する。

[0187] このようにOLT2では、1周期目のAware期間中に誤差( $\Delta t_1$ )を補正してしまうため、当該OLT2とONU3との間で、時間の経過とともに誤差( $\Delta t_1$ )が蓄積されていくことが一切なく、常に同期した状態を維持することができる。かくしてPONシステム1では、従来のように誤差( $\Delta t_1$ )を補正していない場合に比べて、OLT2から復帰指示の制御フレームCFを送信する回数を減らすことができるので、帯域の利用効率を低下させることなく、OLT2の負荷を低減させて消費電力の増大を防止することができる。

[0188] 以上の構成によれば、PONシステム1は、ONU3のSleep期間に発生したOLT2との時刻の誤差( $\Delta t_1$ )をONU3の1周期目のAware期間で検出し、その誤差( $\Delta t_1$ )をOLT2が1周期目のAware期間中に補正し、Aware期間を「 $T_{\text{aware}} + \Delta t_1$ 」とする。これによりPONシステム1では、OLT2の基準クロックと、ONU3のローカル時刻RTとの誤差( $\Delta t_1$ )を補正して1周期目のうちに時刻同期を図ることができるので、OLT2の負荷を増大させることなく、ONU3を確実に省電力モードから通常モードへ復帰させることができる。

[0189] (6-3) 第6の実施の形態に対応した他の実施の形態

なお、上述した第6の実施の形態においては、ONU3が省電力モードのAware期間に誤差( $\Delta t_1$ )を検出し、OLT2へ送信するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限らず、省電力開始時刻よりも前に、誤差( $\Delta t_1$ )を検出する誤差検出モードを設定し、省電力開始時刻前にONU3からOLT2へ誤差( $\Delta t_1$ )を送信するようにしても良い。

[0190] また、上述した第6の実施の形態においては、OLT2が1周期目のAware期間中に、誤差( $\Delta t_1$ )を補正するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限らず、2周期目のSleep期間中に誤差( $\Delta t_1$ )を補正し、2周期目のSleep期間「 $T_{\text{sleep}} + \Delta t_1$ 」とするようにしても良く、また、1周期目のAware期間「 $T_{\text{aware}} + (\Delta t_1)/2$ 」とすると共に、2周期目のSleep期間「 $T_{\text{sleep}} + (\Delta t_1)/2$ 」とするようにしても良い。

[0191] さらに、上述した第6の実施の形態においては、ONU3が省電力モードのAware期間に誤差( $\Delta t_1$ )を検出するようにした場合について述べた。しかしながら、本発明はこれに限らず、ONU3のSleep期間に発生したONU3のローカル時刻RTとOLT2の基準時刻との時刻の誤差( $\Delta t_1$ )を、ONU3と時刻同期が取れる1周期目のAware期間に当該ONU3からローカル時刻RTを受信して当該OLT2により検出するようにしても良い。

### 産業上の利用可能性

[0192] 本発明は、通信分野、特に、親局が基準時刻を有し、その基準時刻と時刻同期した子局と、当該親局とが通信を行うシステムであれば、その他種々のシステムにおいて利用することができる。

### 符号の説明

[0193] 1…PONシステム、2…OLT、3…ONU、21…親局通信部、22…親局電力制御部、23…親局期間計測部、31…子局通信部、32…子局電力制御部、33、43、53、63…子局期間計測部。

## 請求の範囲

[請求項1]

親局と1つまたは複数の子局とによって構成され、  
前記親局は、  
基準時刻を有しており、前記複数の子局との通信を行う親局通信部と、  
前記子局が周期的に装置の一部または全体を停止する省電力モードであるべきか、または装置の一部または全体を停止しないで動作する通常モードであるべきかを判断し、前記子局にモード変更を指示する1つまたは複数の親局電力制御部と、  
前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を計測するための1つまたは複数の親局期間計測部と  
を具備し、  
前記子局は、  
前記親局の基準時刻と前記子局のローカル時刻とを同期させながら通信を行う子局通信部と、  
前記親局からの前記モード変更の指示に応じて前記子局における前記省電力モードまたは前記通常モードの間でモード変更する子局電力制御部と、  
前記子局の前記停止期間および前記非停止期間を計測する子局期間計測部と  
を具備し、  
前記子局期間計測部は、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記子局の前記ローカル時刻との差分を算出することにより求めた誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行う  
ことを特徴とする通信システム。

[請求項2]

請求項1に記載の通信システムにおいて、

前記子局期間計測部は、前記省電力モードで前記子局の前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間の合計期間の値から、前記親局との時刻同期完了時の前記ローカル時刻とその前記時刻同期完了の直前のローカル時刻との前記差分を算出することにより求めた前記誤差の値を差し引くことにより前記補正を行う構成である

ことを特徴とする通信システム。

[請求項3]

請求項1に記載の通信システムにおいて、

前記子局期間計測部は、前記子局の前記停止期間で発生した前記誤差の値に基づいて、それ以降の前記停止期間の長さに応じて発生する誤差を推定誤差として算出し、それ以降の前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間の合計期間の値から前記推定誤差の値を減算することにより前記補正を行う構成である

ことを特徴とする通信システム。

[請求項4]

請求項1に記載の通信システムにおいて、

前記子局は、前記子局の前記停止期間で発生した前記誤差の値を前記子局通信部により前記親局へ通知し、

前記親局は、前記子局から通知された前記誤差の値に基づいて、前記親局電力制御部により、前記子局の前記停止期間の長さに応じて発生する誤差を推定誤差として算出し、それ以降の前記子局の前記停止期間では、当該停止期間が終了してから前記推定誤差の値以上の時間が経過した後、前記子局へ前記省電力モードから前記通常モードへの復帰を指示する

ことを特徴とする通信システム。

[請求項5]

請求項1に記載の通信システムにおいて、

前記省電力モードにおける前記子局の前記停止期間または前記非停止期間は、

前記子局に対して予め設定された期間であるか、又は、前記停止期間または前記非停止期間の終了時刻を前記親局から前記子局へ通知し

、前記終了時刻を前記子局の前記ローカル時刻が過ぎるまでの期間であるか、或いは、前記子局が前記省電力モードの開始時刻から前記停止期間または前記非停止期間の終了時刻を算出し、前記終了時刻を前記子局の前記ローカル時刻が過ぎるまでの期間である

ことを特徴とする通信システム。

[請求項6]

親局と、当該親局と通信する1つまたは複数の子局とから構成され

、

前記親局は、

基準時刻を有した親局通信部により前記複数の子局との通信を行うことによって前記親局の基準時刻を前記子局へ送信する基準時刻通知ステップと、

前記子局は、

子局通信部により前記親局の基準時刻を受信し、当該親局の基準時刻と前記子局のローカル時刻とを同期させる時刻同期ステップと、

前記親局は、

前記子局が周期的に装置の一部または全体を停止する省電力モードであるべきか、または装置の一部または全体を停止しないで動作する通常モードであるべきかを1つまたは複数の親局電力制御部により判断し、前記子局にモード変更を指示するモード変更指示ステップと、

前記子局は、

前記親局からの前記モード変更の指示に応じて、子局電力制御部により前記子局における前記省電力モードまたは前記通常モードの間でモード変更を行うモード変更処理ステップと、

前記親局は、

1つまたは複数の親局期間計測部により、前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を計測する親局期間計測ステップと、

前記子局は、

子局期間計測部により、前記子局の前記停止期間および前記非停止期間を計測する子局期間計測ステップと

を備え、

前記子局期間計測ステップでは、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記子局の前記ローカル時刻との差分を算出することにより求めた誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行う

ことを特徴とする通信方法。

[請求項7]

親局と1つまたは複数の子局とによって構成され、

前記親局は、

基準時刻を有しており、前記複数の子局との通信を行う親局通信部と、

前記子局が周期的に装置の一部または全体を停止する省電力モードであるべきか、または装置の一部または全体を停止しないで動作する通常モードであるべきかを判断し、前記子局にモード変更を指示する1つまたは複数の親局電力制御部と、

前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を計測するための1つまたは複数の親局期間計測部と

を具備し、

前記子局は、

前記親局の基準時刻と前記子局のローカル時刻とを同期させながら通信を行う子局通信部と、

前記親局からの前記モード変更の指示に応じて前記子局における前記省電力モードまたは前記通常モードの間でモード変更する子局電力制御部と、

前記子局の前記停止期間および前記非停止期間を計測する子局期間計測部と

を具備し、

前記子局期間計測部は、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記子局の前記ローカル時刻との差分を算出することにより誤差を求め、当該誤差を子局通信部により前記親局へ送信し、

前記親局期間計測部は、親局通信部により前記子局から受信した前記誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行う

ことを特徴とする通信システム。

[請求項8]

親局と、当該親局と通信する1つまたは複数の子局とから構成され、

前記親局は、

基準時刻を有した親局通信部により前記複数の子局との通信を行うことによって前記親局の基準時刻を前記子局へ送信する基準時刻通知ステップと、

前記子局は、

子局通信部により前記親局の基準時刻を受信し、当該親局の基準時刻と前記子局のローカル時刻とを同期させる時刻同期ステップと、

前記親局は、

前記子局が周期的に装置の一部または全体を停止する省電力モードであるべきか、または装置の一部または全体を停止しないで動作する通常モードであるべきかを1つまたは複数の親局電力制御部により判断し、前記子局にモード変更を指示するモード変更指示ステップと、

前記子局は、

前記親局からの前記モード変更の指示に応じて、子局電力制御部により前記子局における前記省電力モードまたは前記通常モードの間でモード変更を行うモード変更処理ステップと、

前記親局は、

1つまたは複数の親局期間計測部により、前記省電力モードで前記

子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を計測する親局期間計測ステップと、

前記子局は、

子局期間計測部により、前記子局の前記停止期間および前記非停止期間を計測する子局期間計測ステップと

を備え、

前記子局期間計測ステップでは、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記子局の前記ローカル時刻との差分を算出することにより誤差を求め、当該誤差を子局通信部により前記親局へ送信し、

前記親局期間計測ステップでは、前記親局通信部により前記子局から受信した前記誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行う

ことを特徴とする通信方法。

[請求項9]

通信システムの親局の基準時刻と自身のローカル時刻とを同期させながら通信を行う子局通信部と、

前記親局からのモード変更の指示に応じて、周期的に装置の一部または全体を停止する省電力モードと、装置の一部または全体を停止しないで動作する通常モードとの間でモード変更する子局電力制御部と、

前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を計測する子局期間計測部と

を具備し、

前記子局期間計測部は、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記自身の前記ローカル時刻との差分を算出することにより求めた誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行う

ことを特徴とする通信システムの子局。

[請求項10]

通信システムを構成する親局の基準時刻と前記通信システムを構成すると共に前記親局と接続された子局のローカル時刻とを同期させながら前記子局の子局通信部により通信を行う通信ステップと、

前記親局からの前記モード変更の指示に応じて前記子局における前記省電力モードまたは前記通常モードの間で前記子局のモード変更を前記子局の子局電力制御部により行うモード変更ステップと、

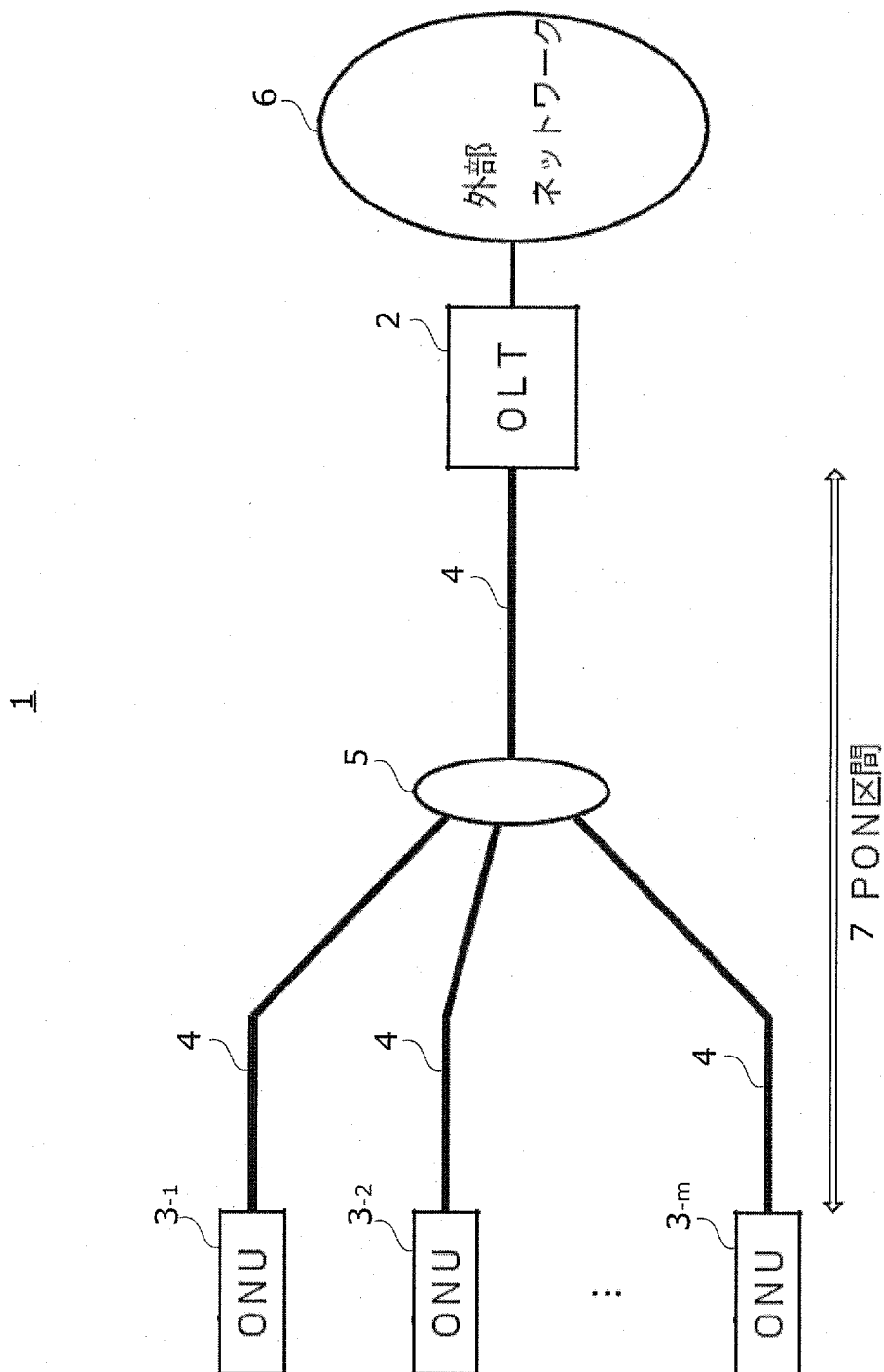
前記省電力モードで前記子局の装置の一部または全体を停止している停止期間および停止していない非停止期間を前記子局の子局期間計測部により計測する計測ステップと

を具備し、

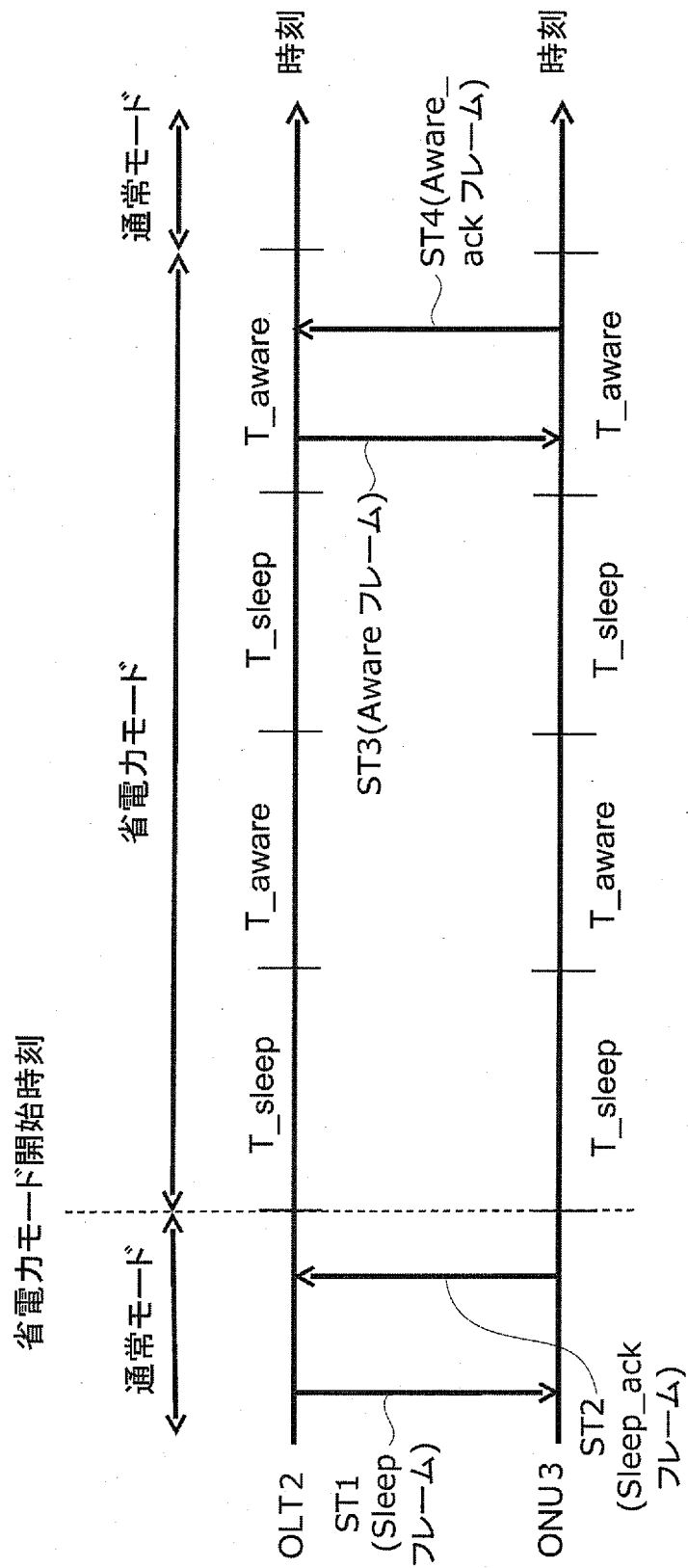
前記計測ステップでは、前記省電力モードの間に発生する前記親局の基準時刻と前記子局の前記ローカル時刻との差分を算出することにより求めた誤差を用いて、前記省電力モードで前記停止期間または前記非停止期間あるいはその両期間に対する補正を行う

ことを特徴とする通信方法。

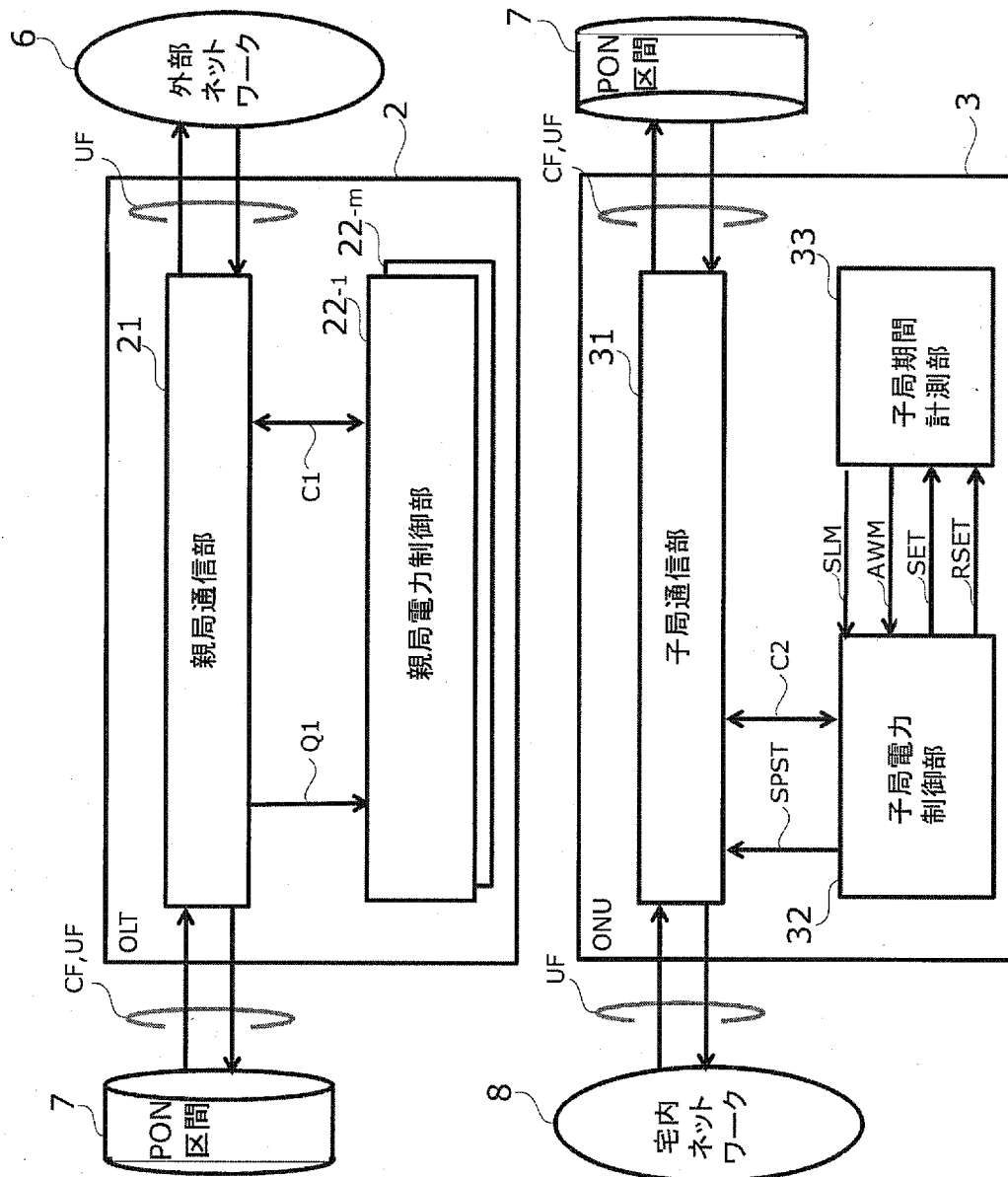
[図1]



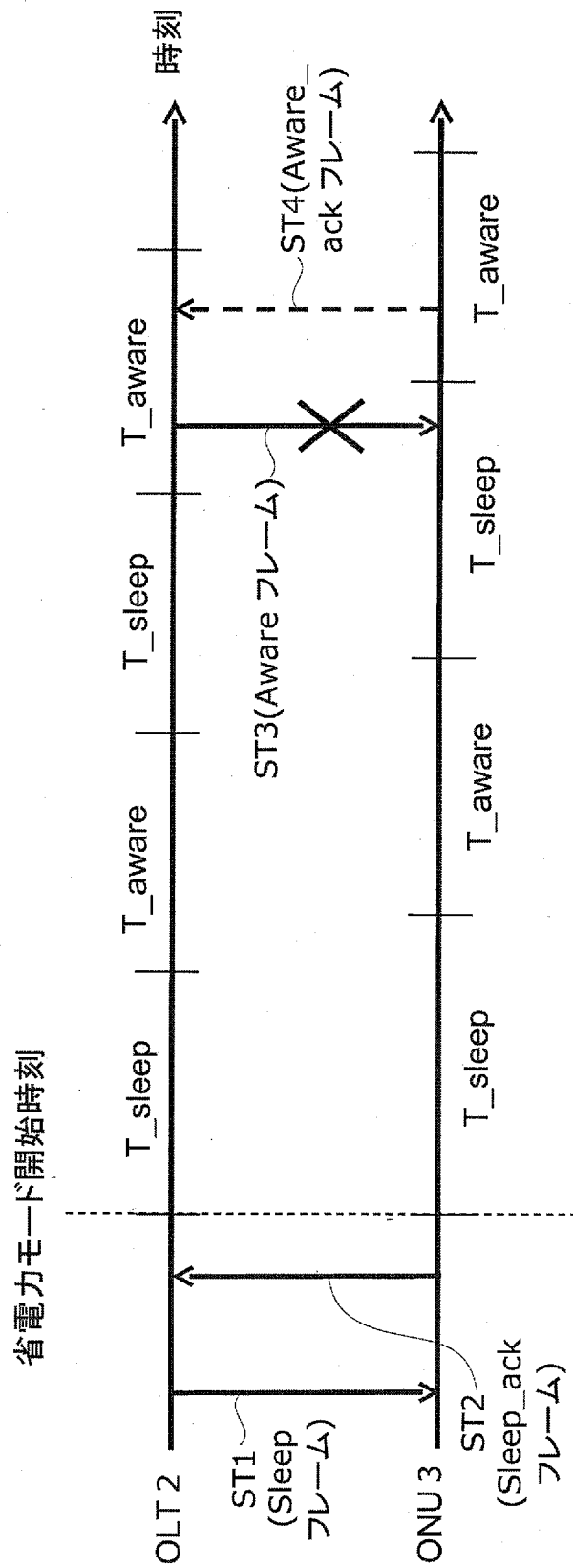
[図2]



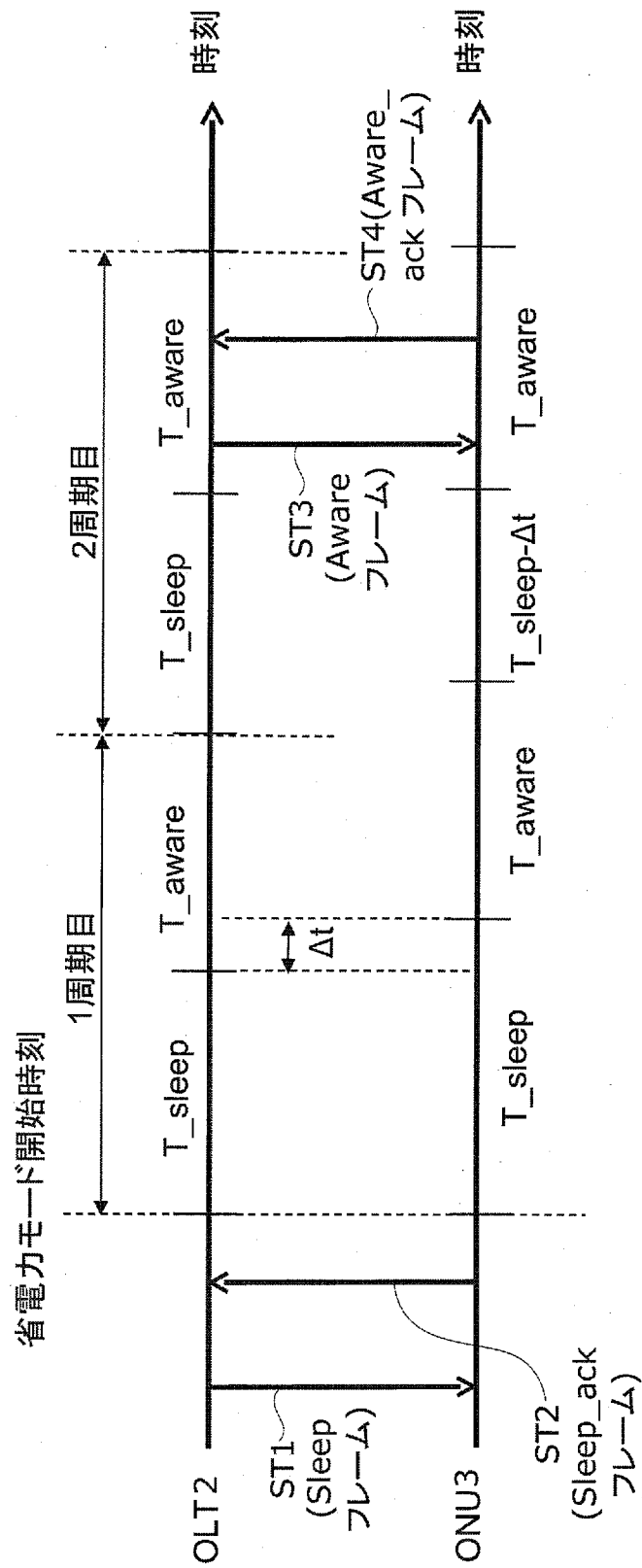
[図3]



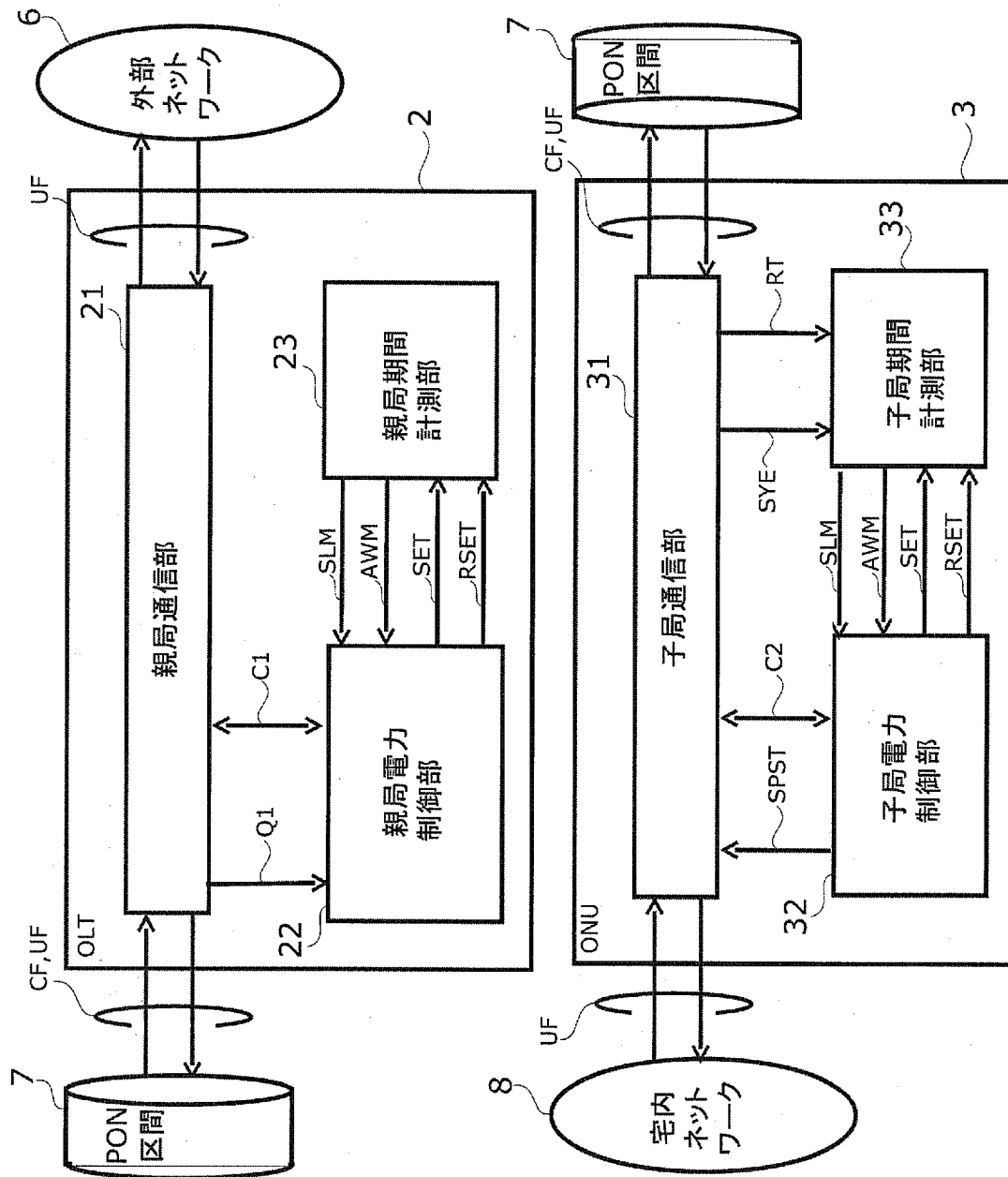
[図4]



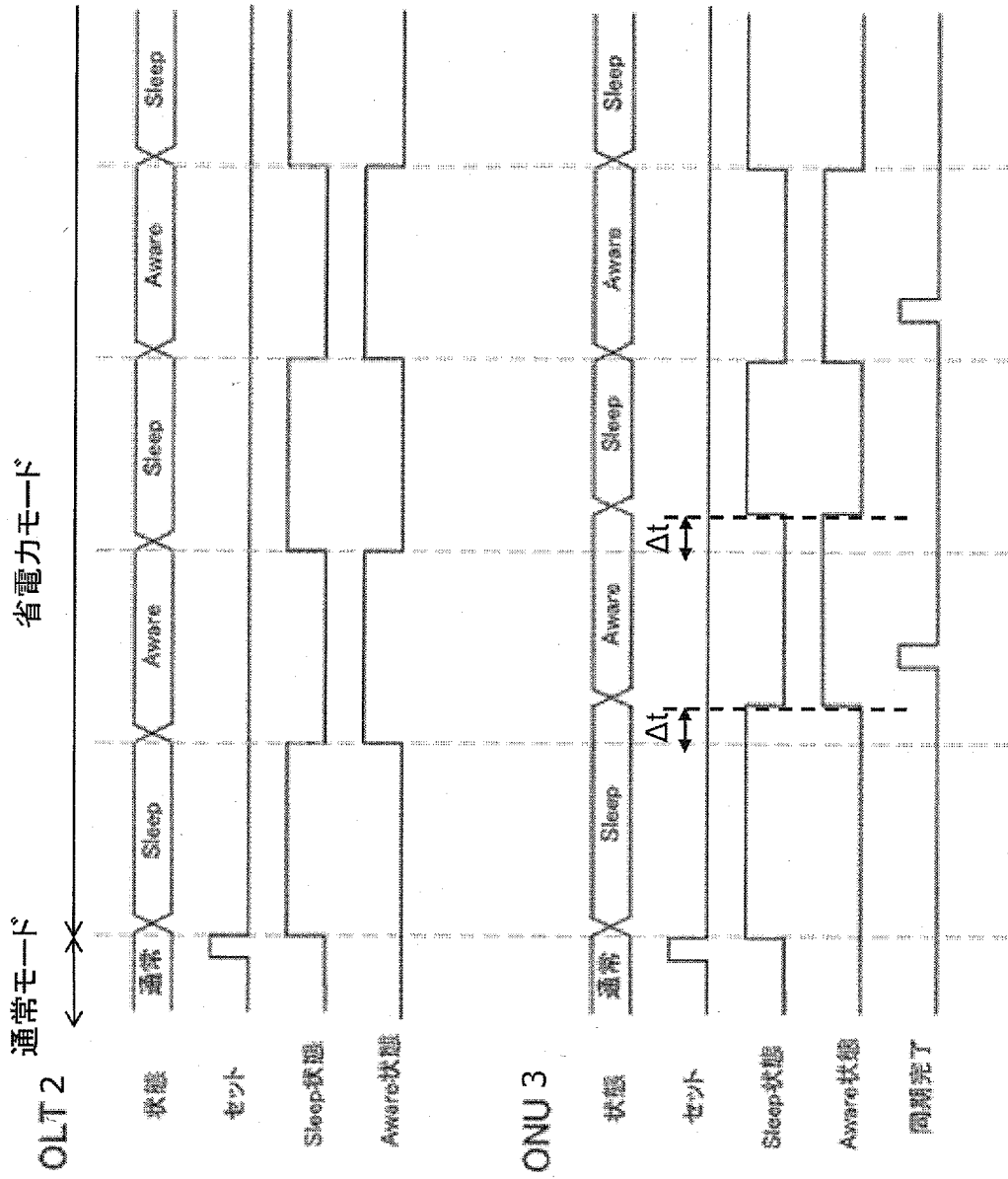
[図5]



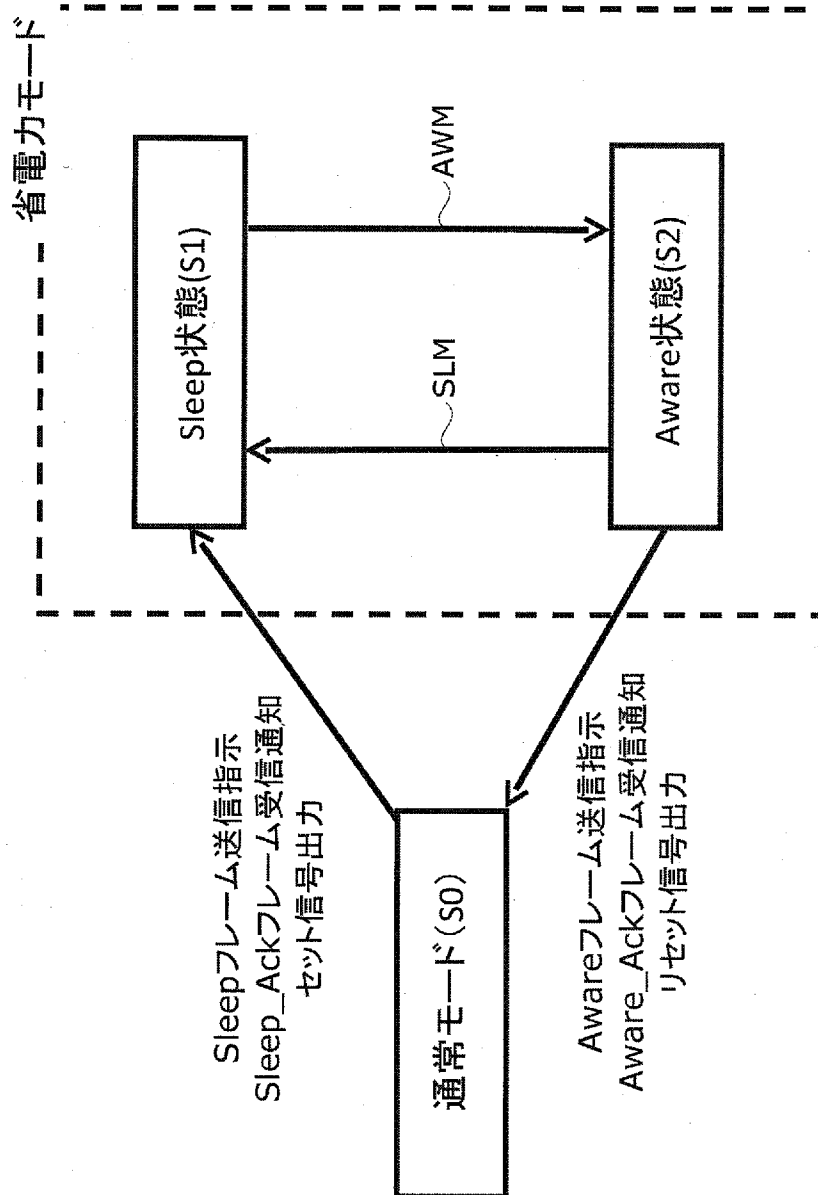
[図6]



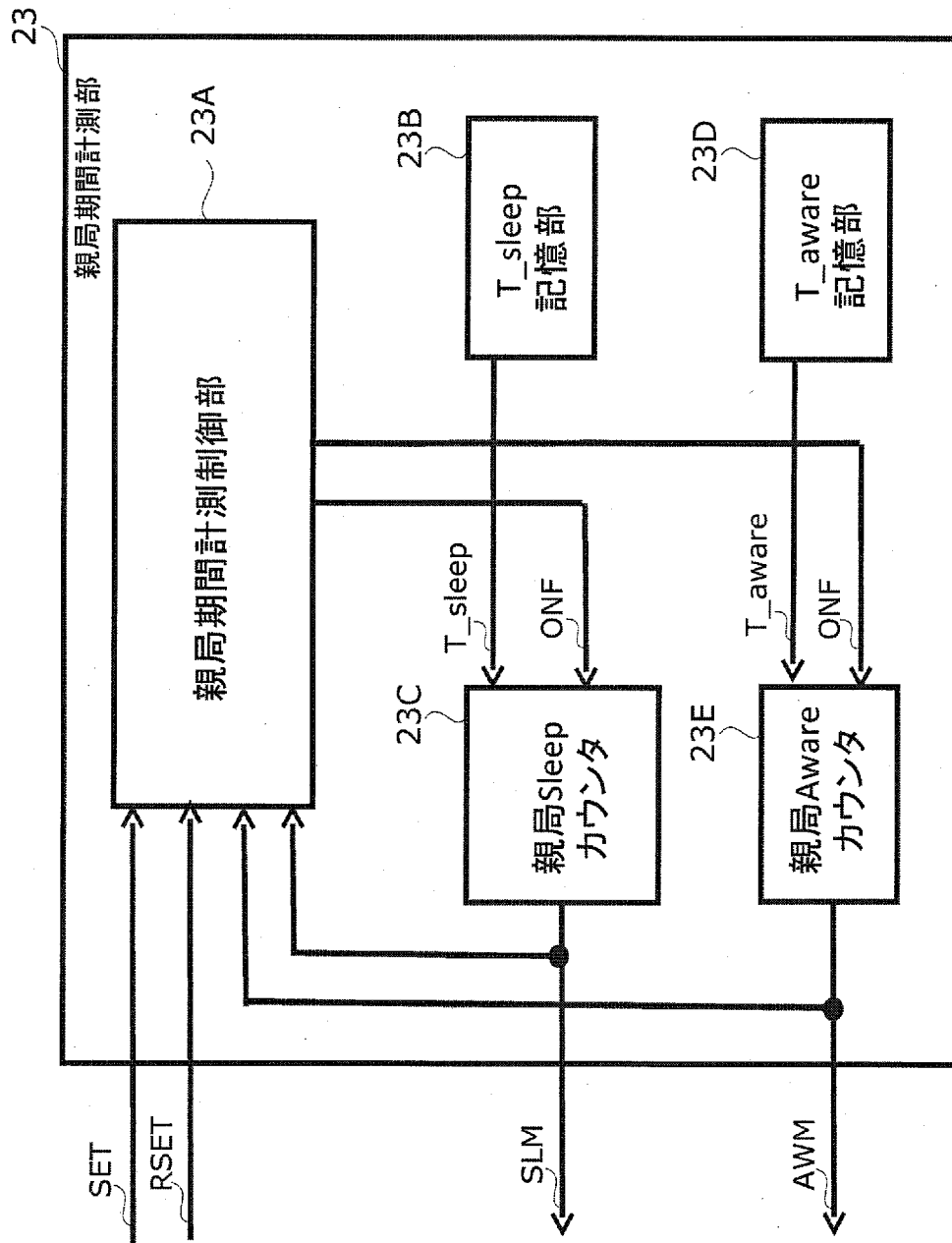
[図7]



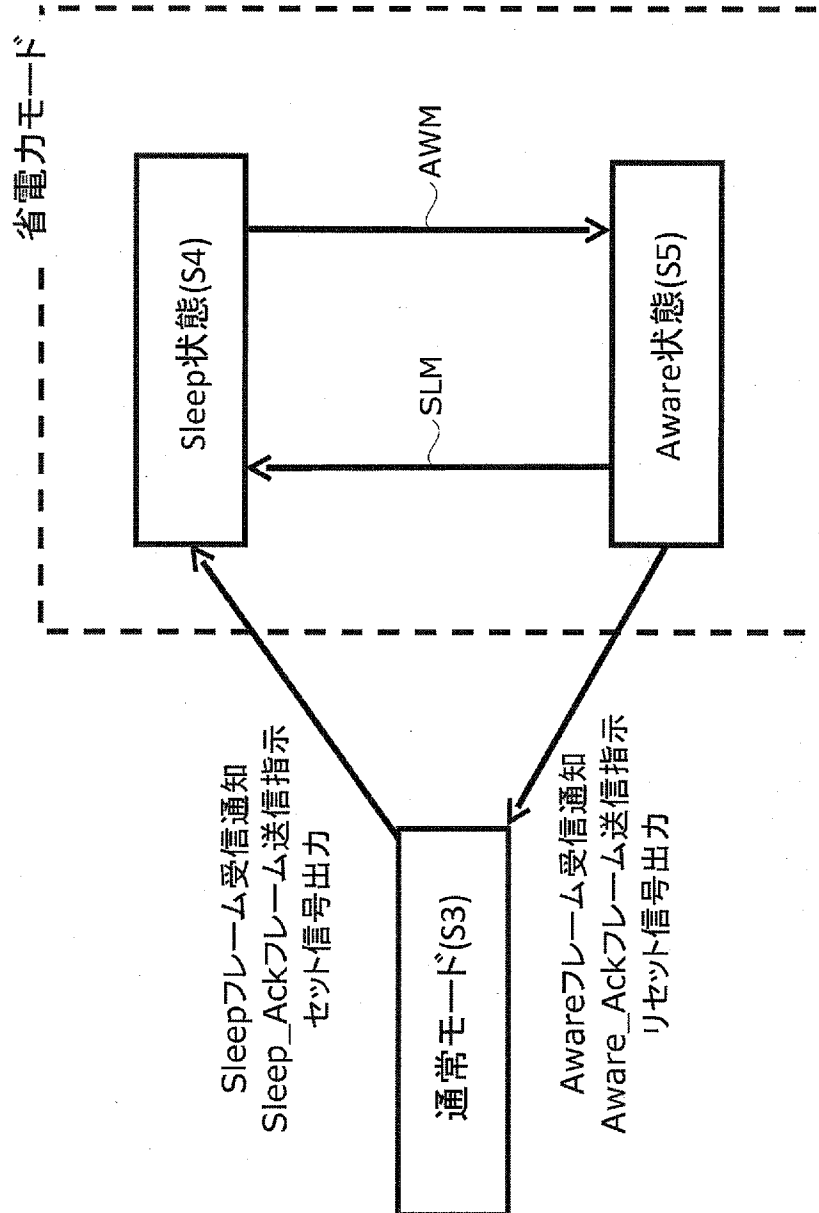
[図8]



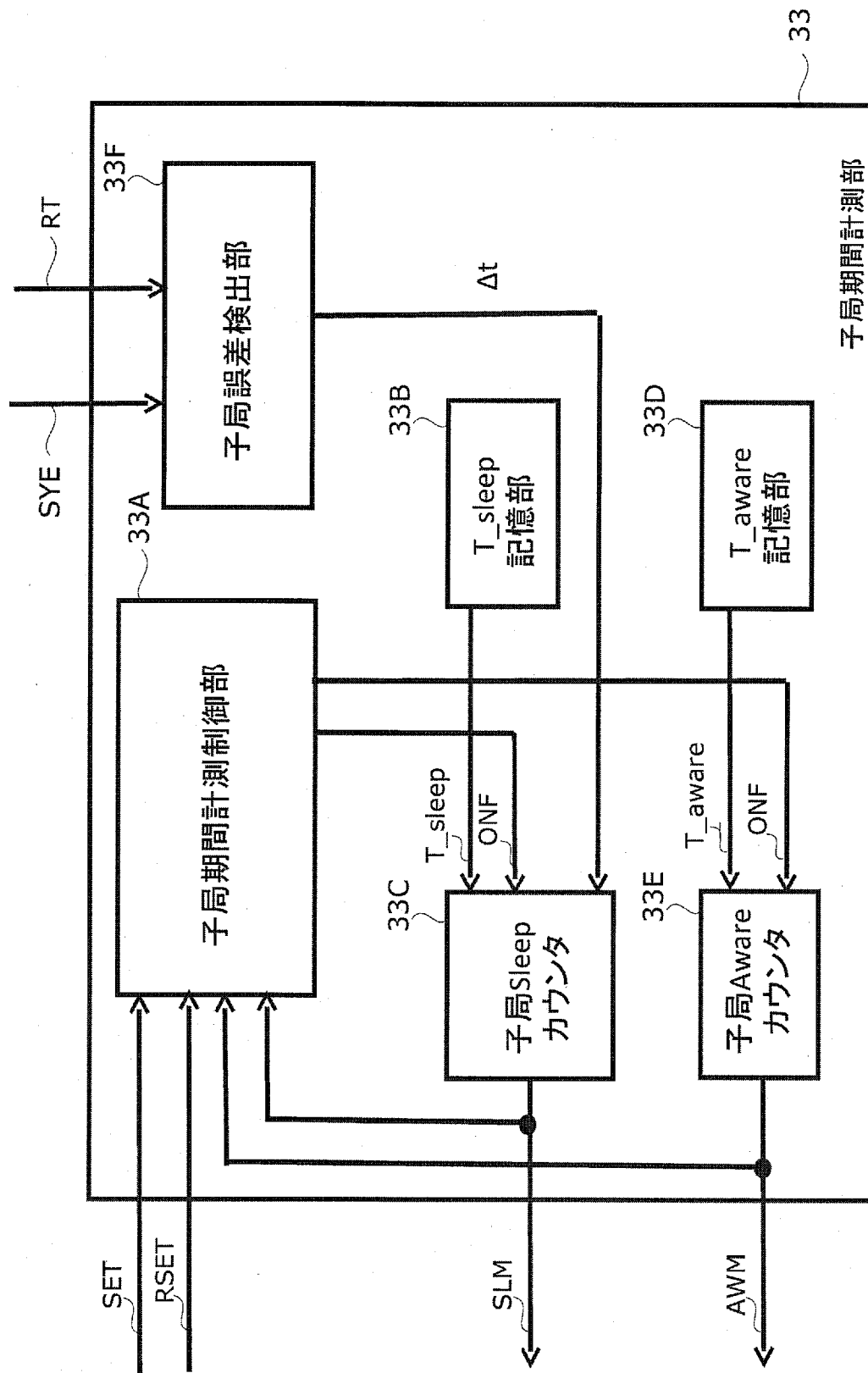
[図9]



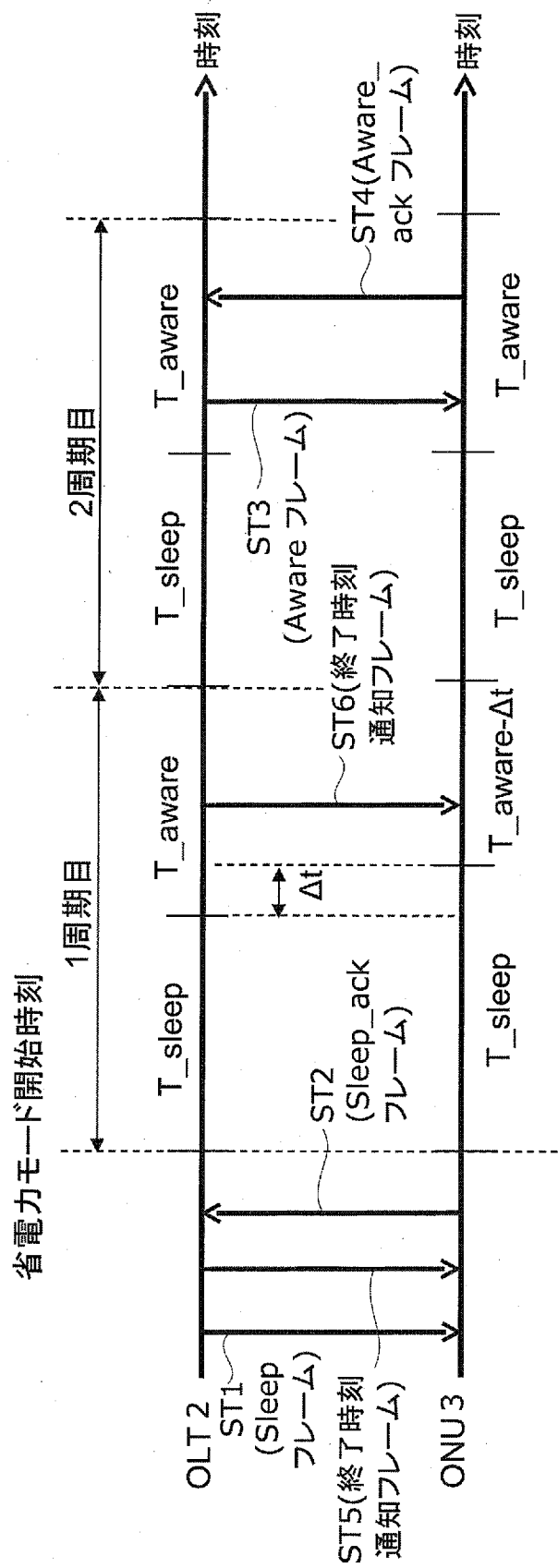
[図10]



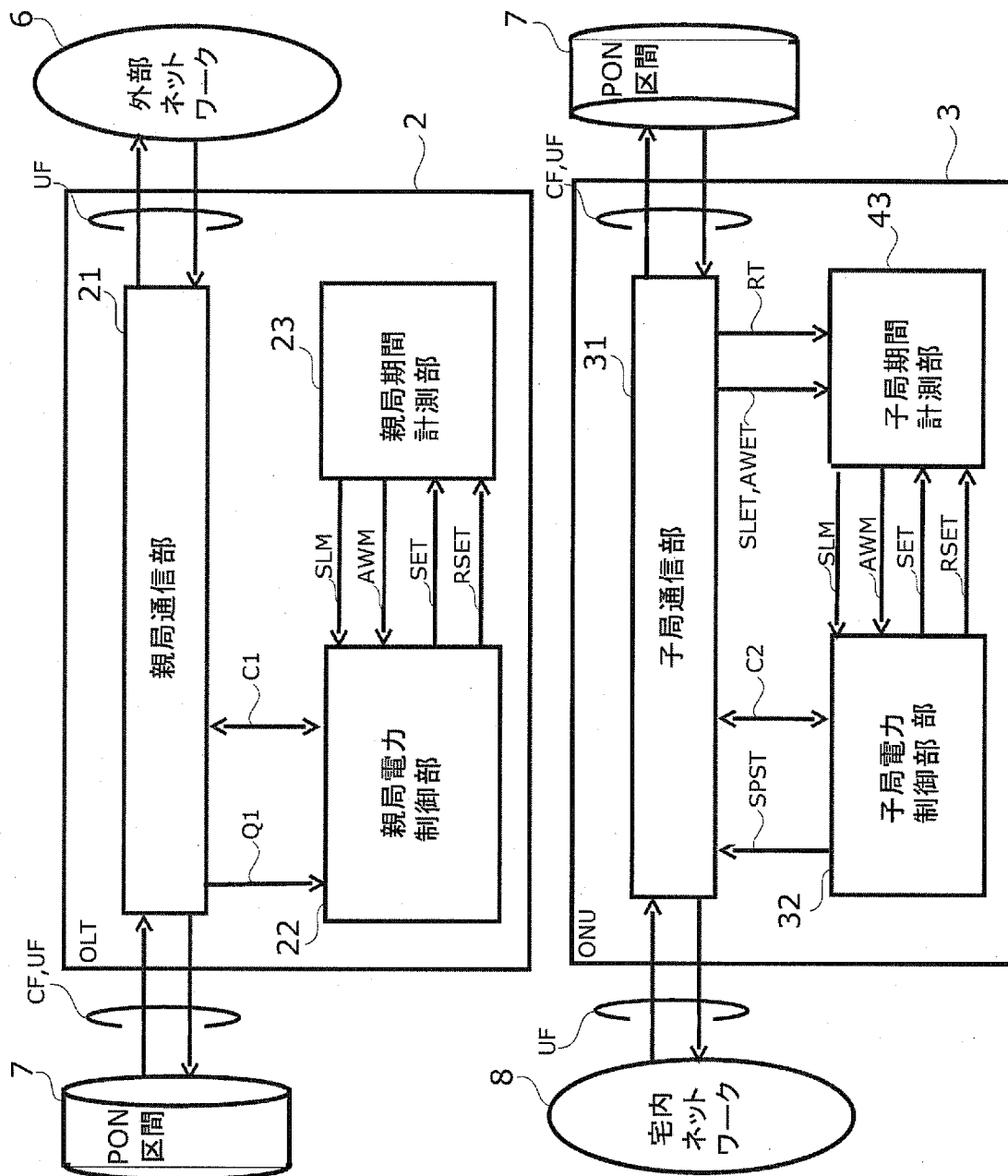
[図11]



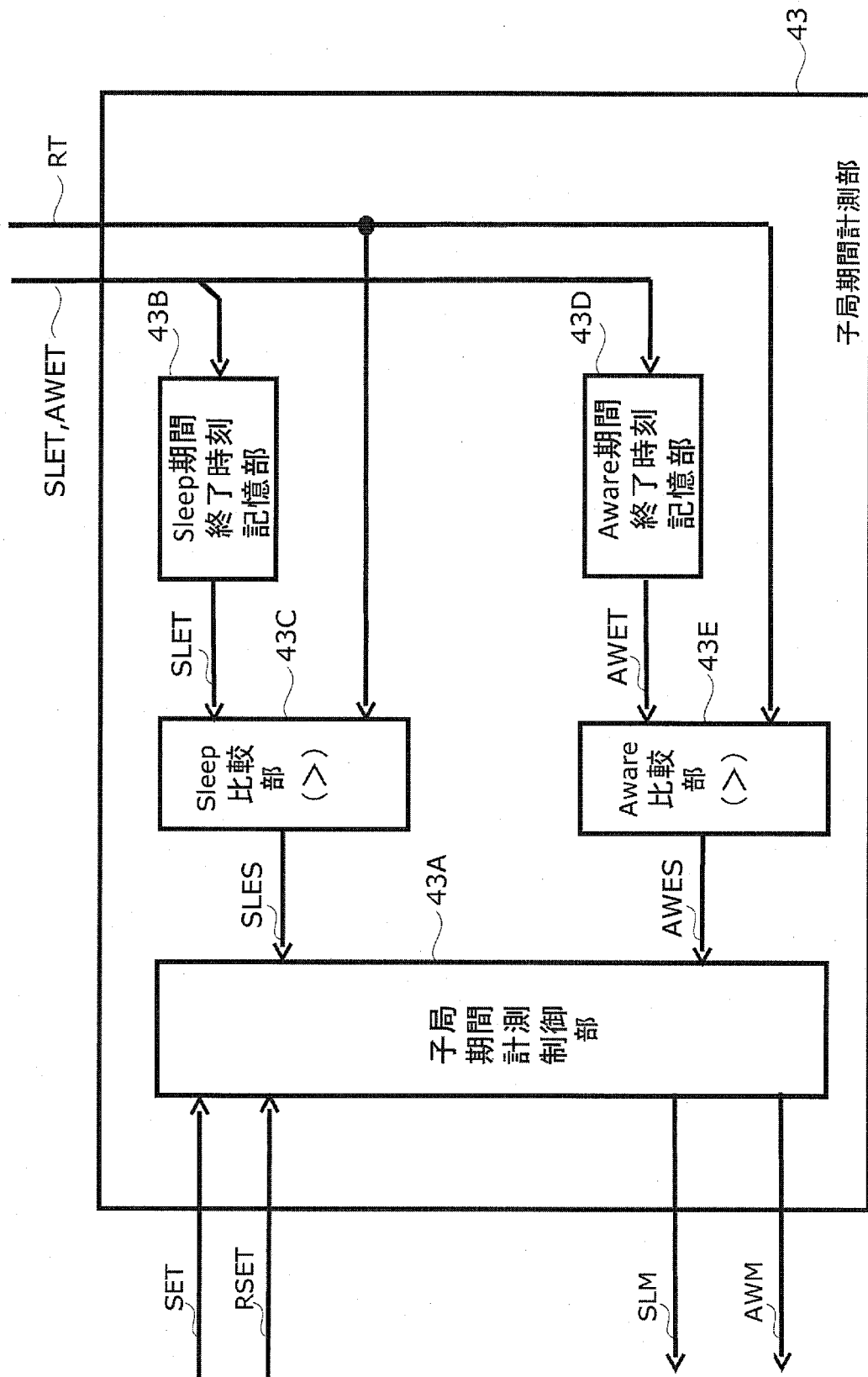
[図12]



[図13]

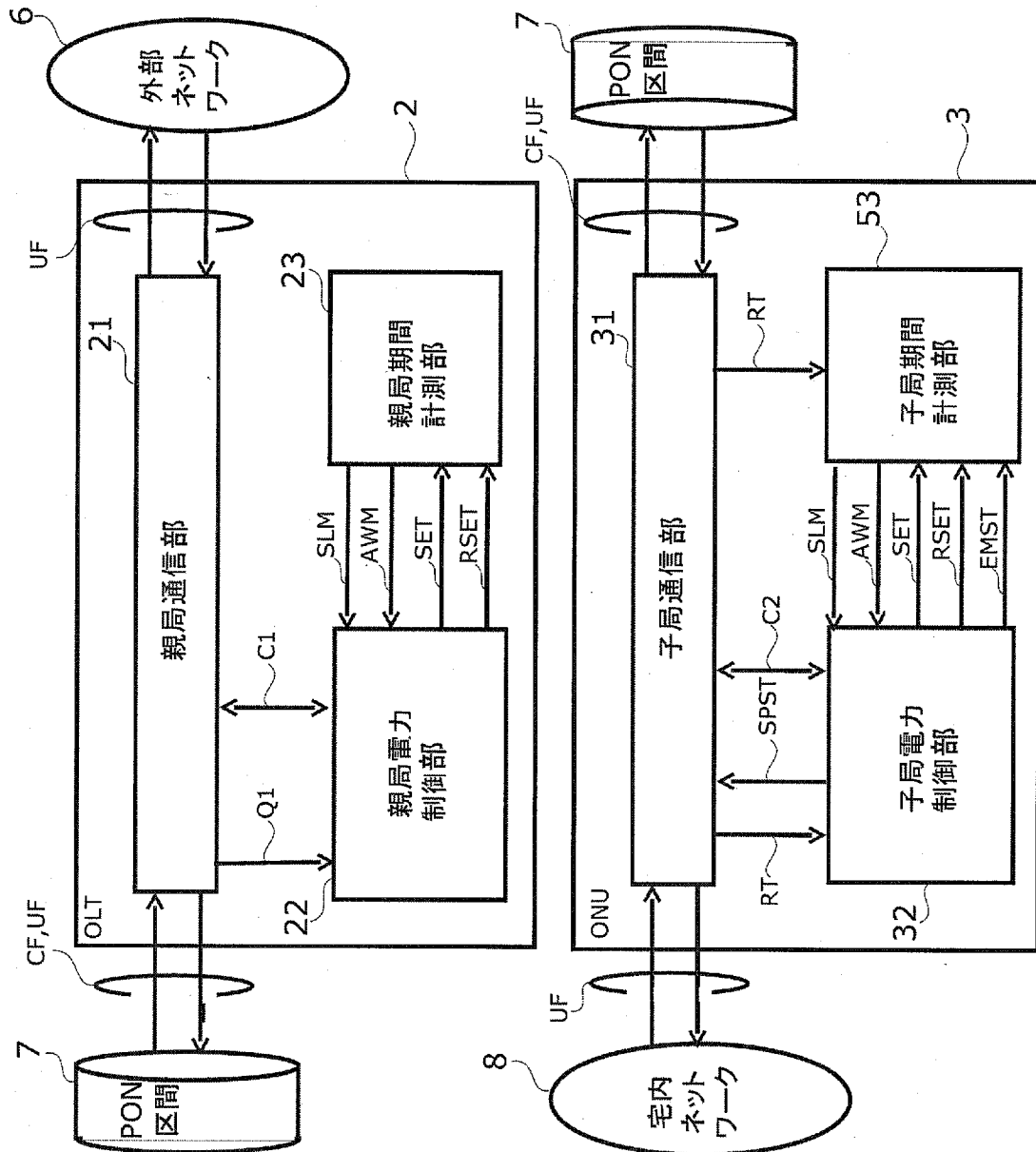


[図14]

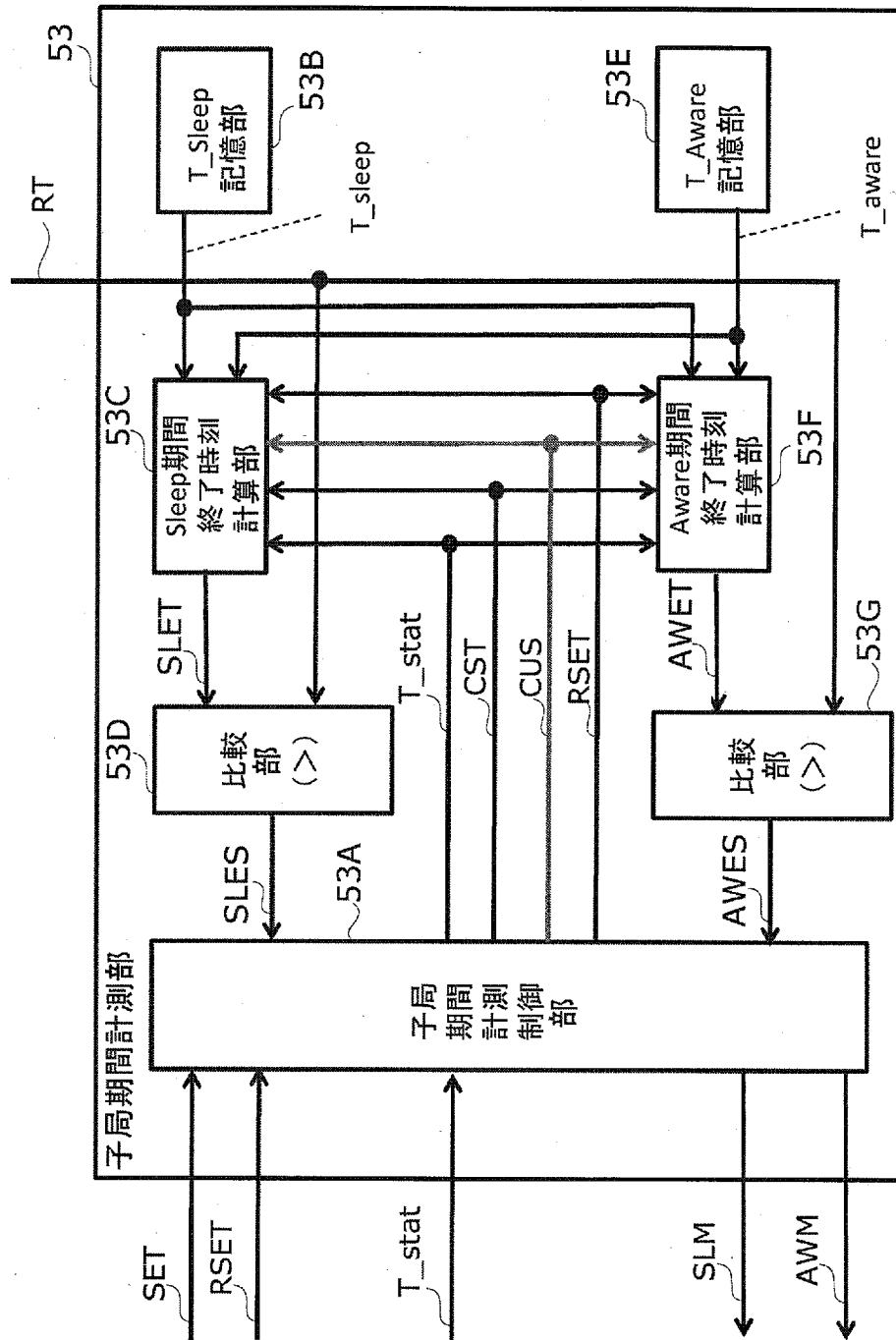




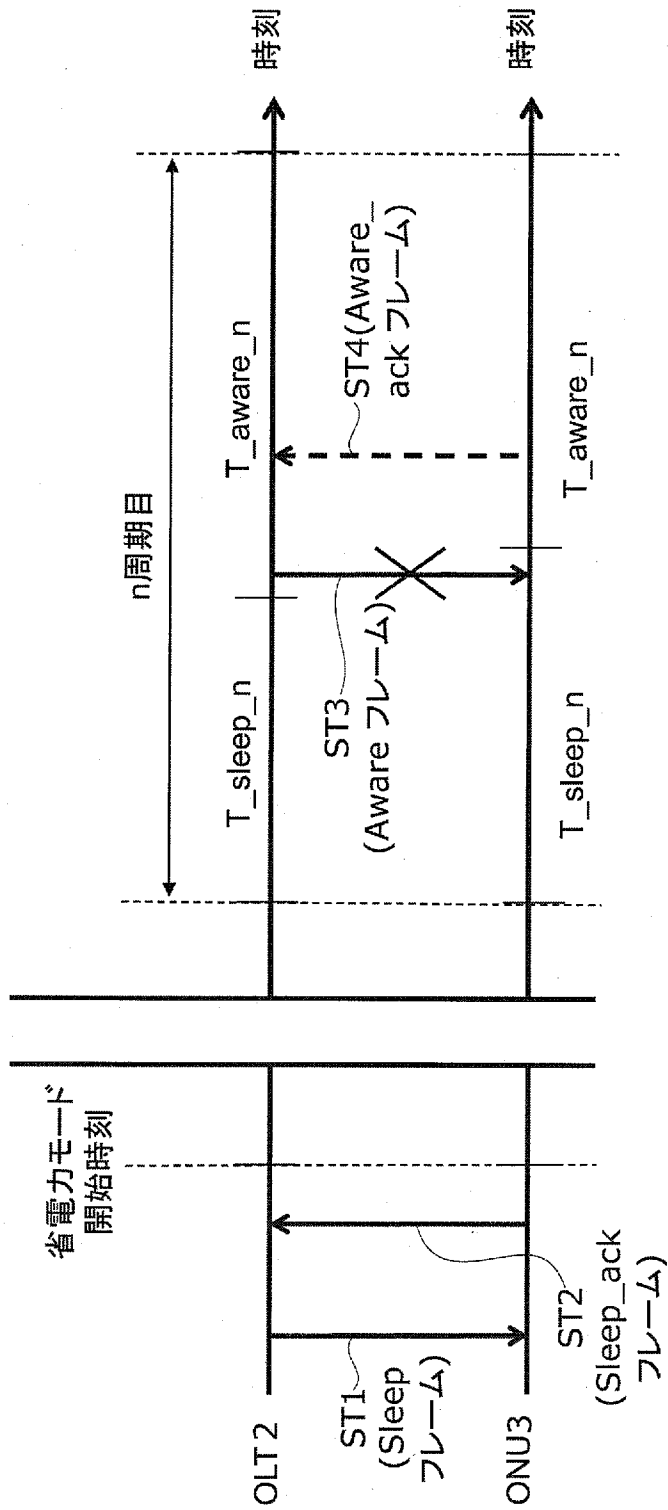
[図16]



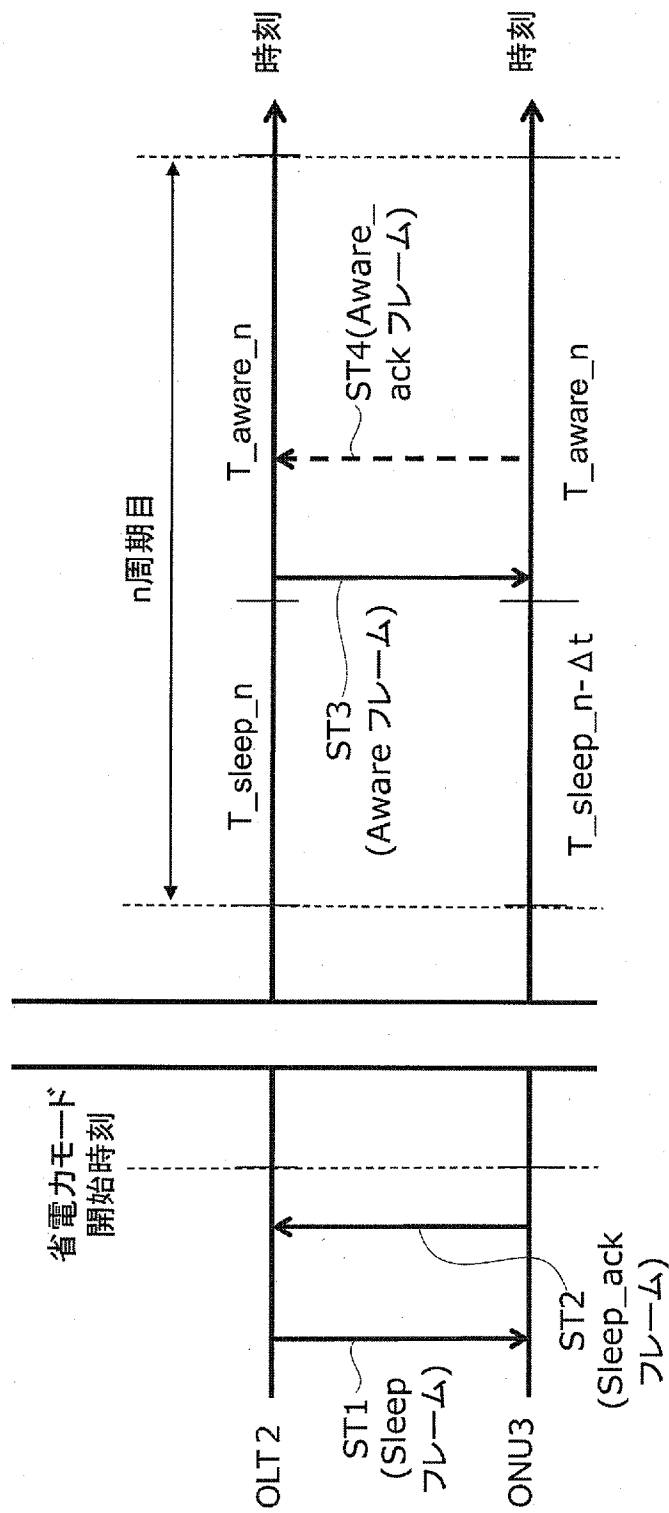
[図17]



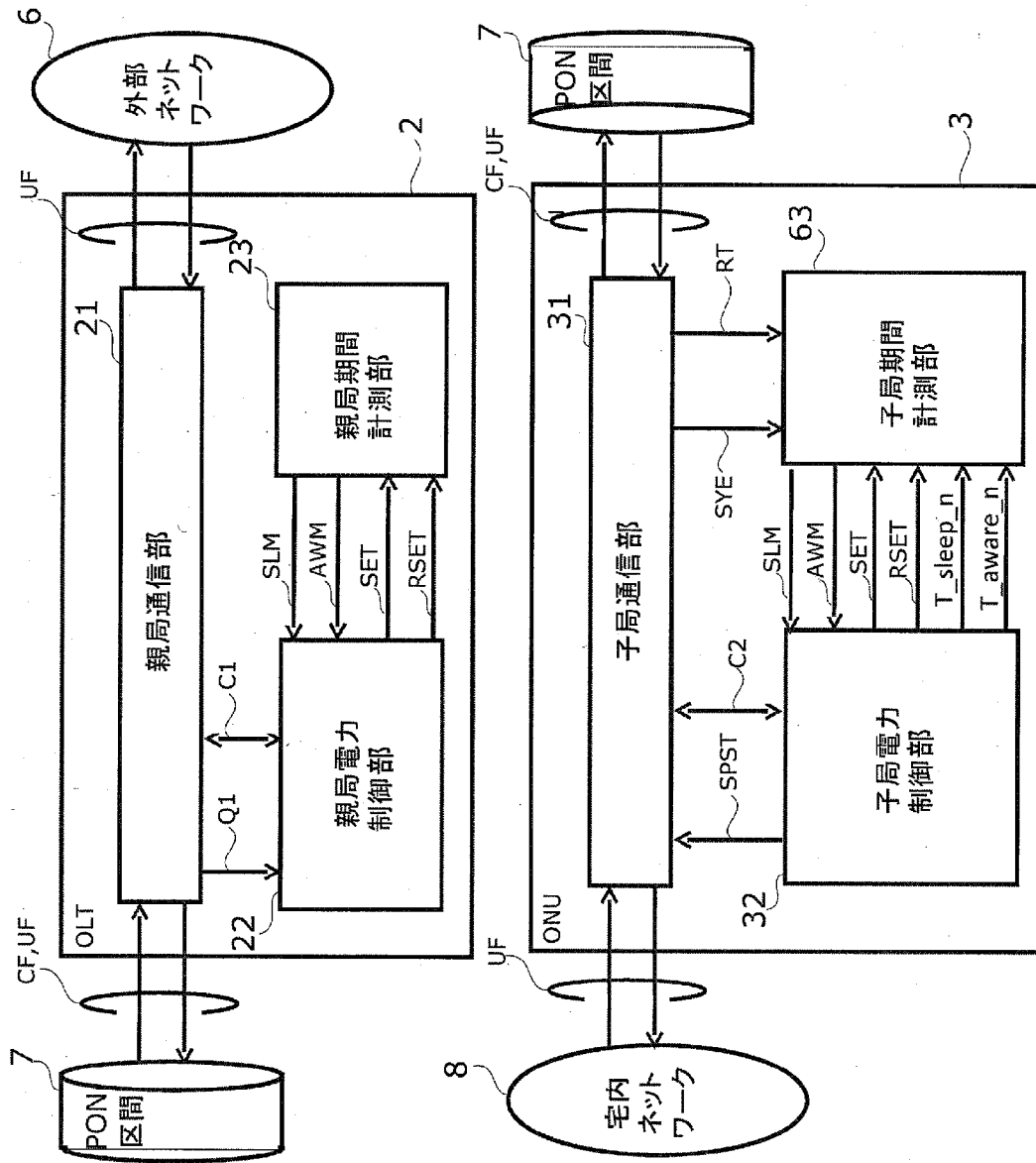
[図18]



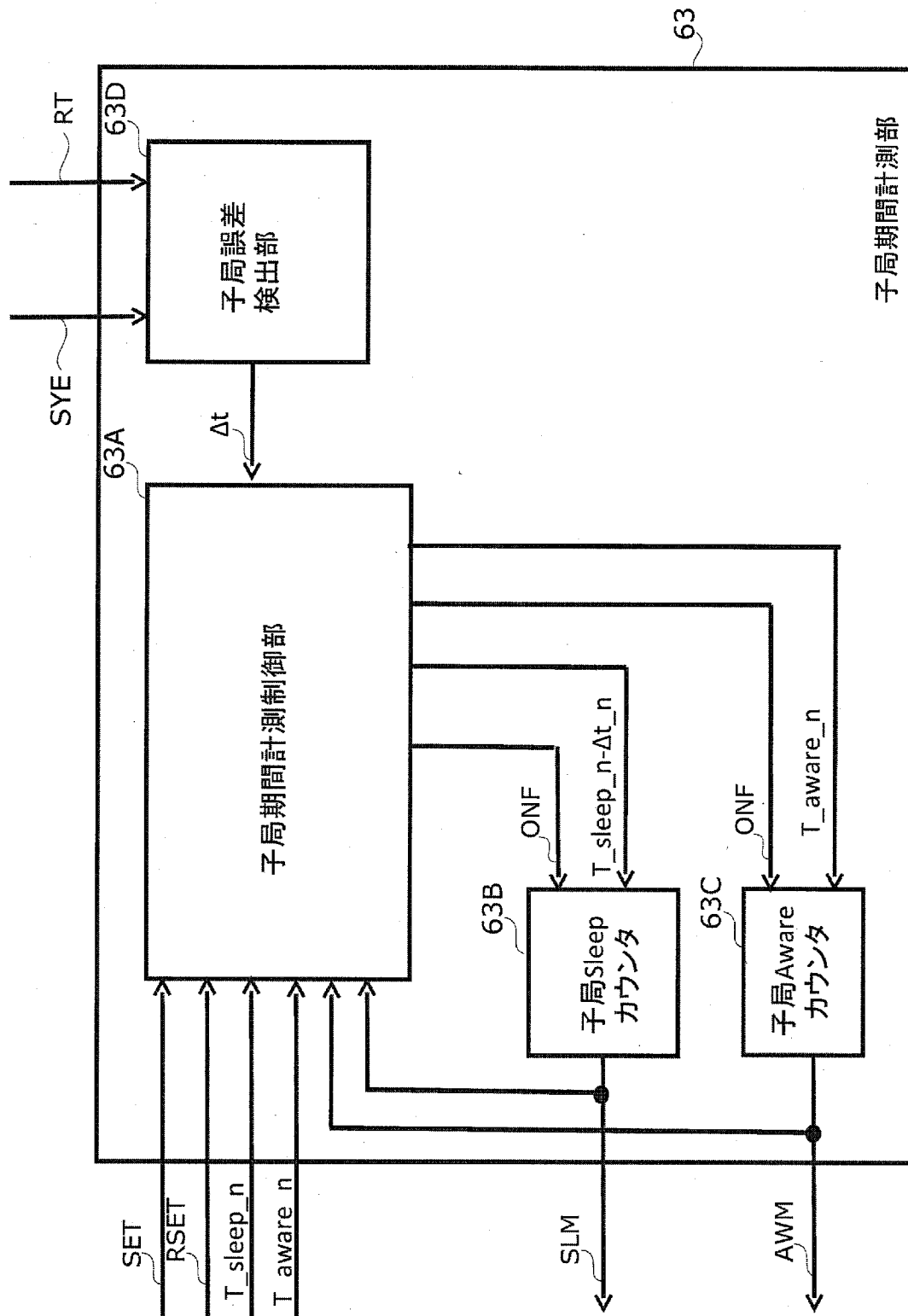
[図19]



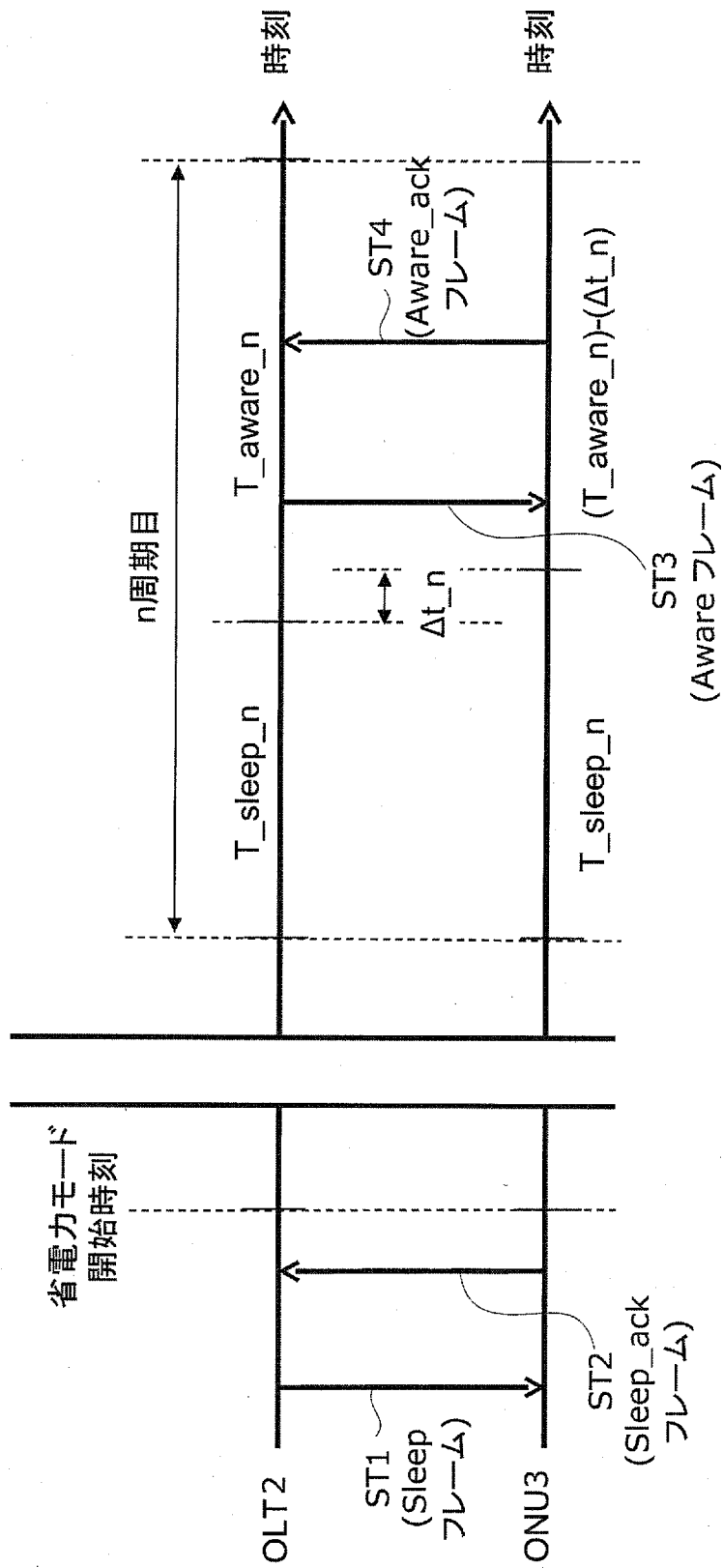
[図20]



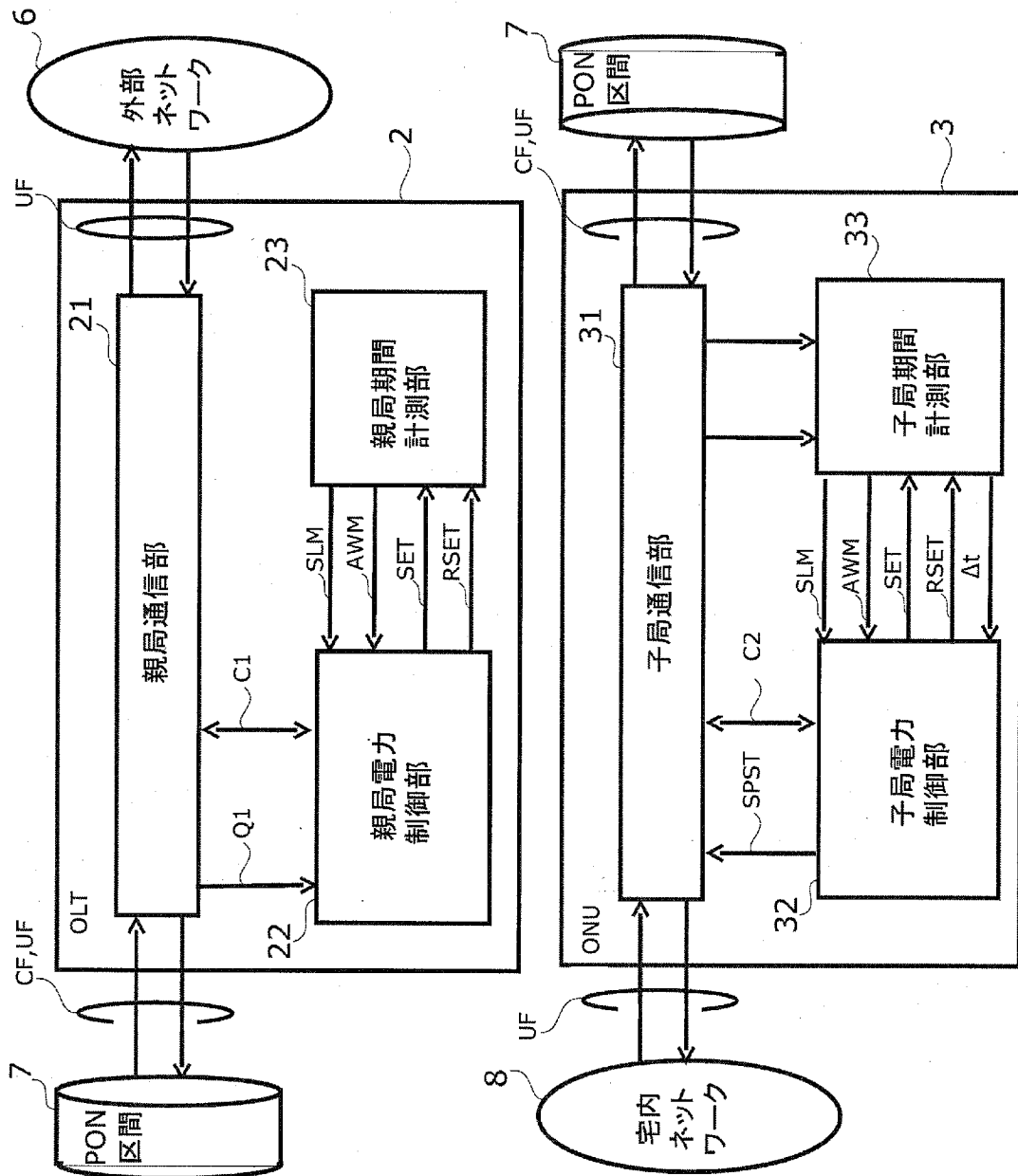
[図21]



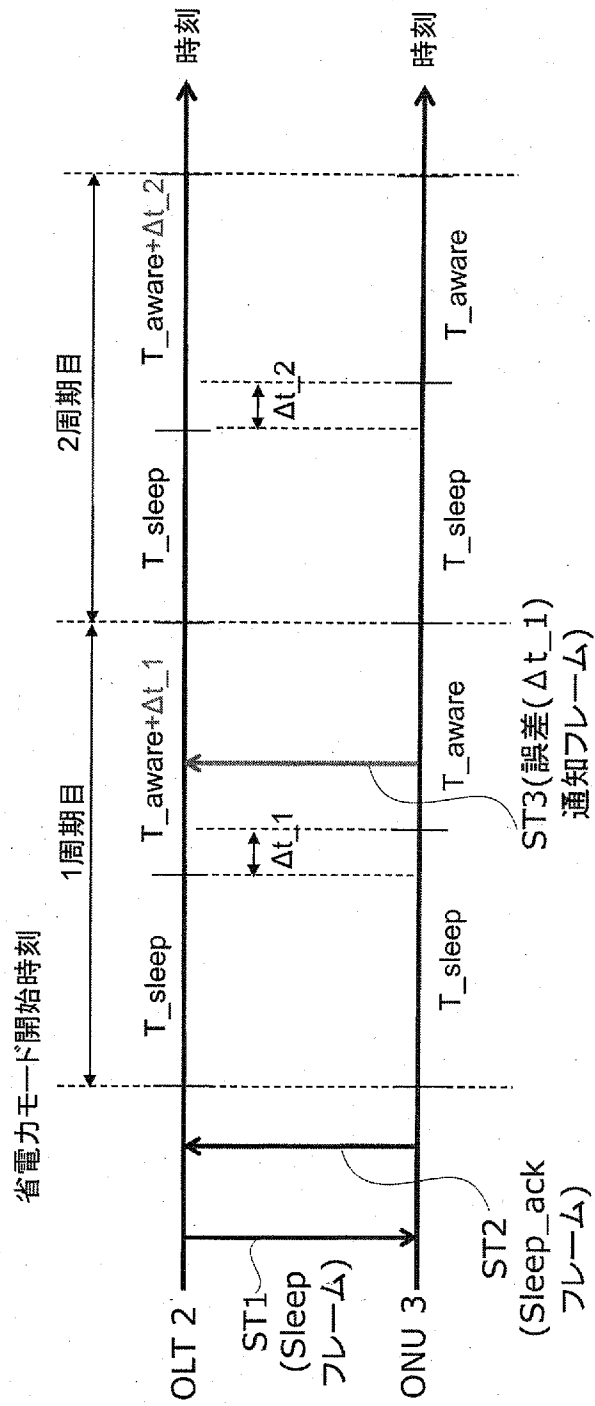
[図22]



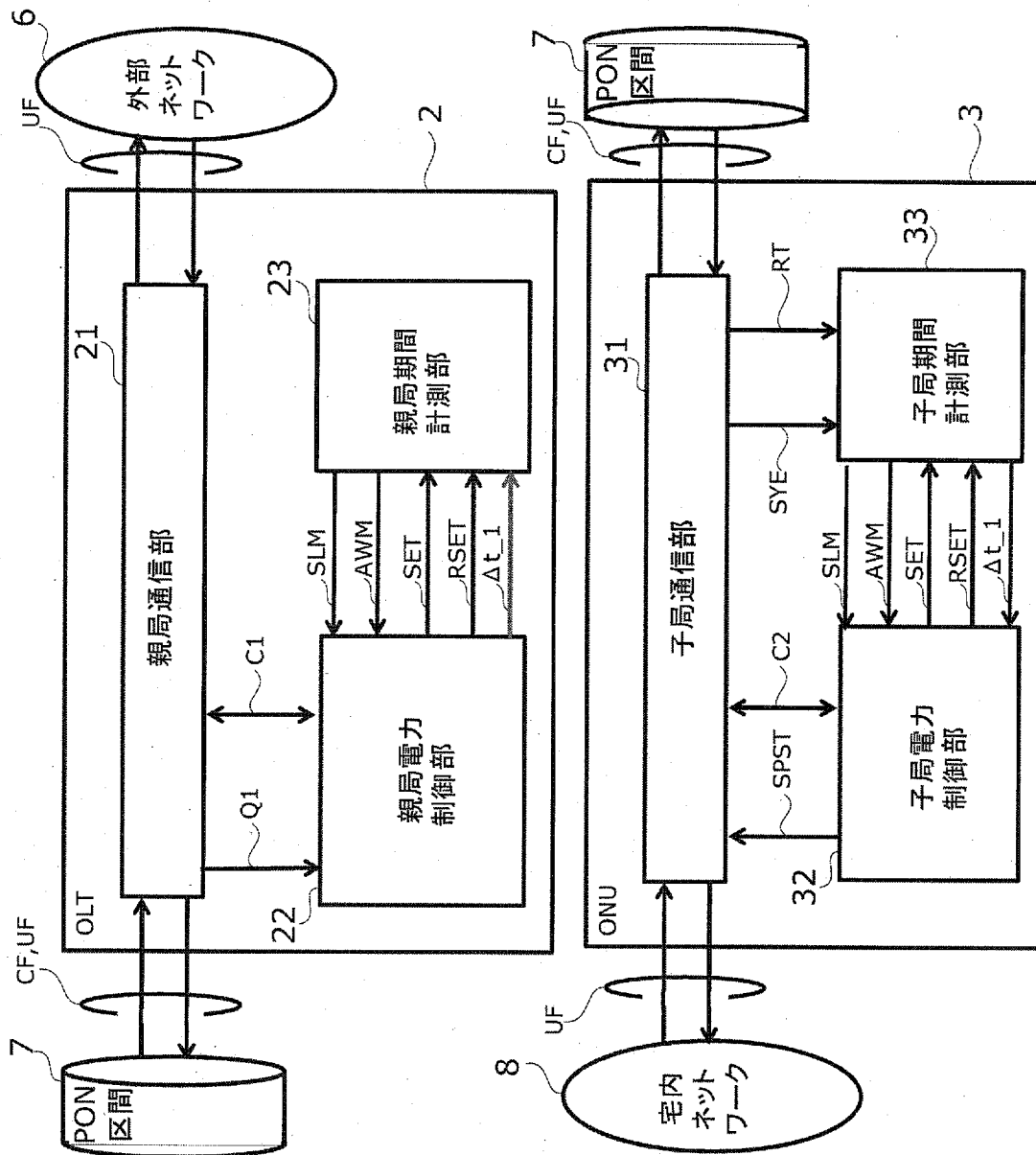
[図23]



[図24]



[図25]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/066046

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04M11/00 (2006.01) i, 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)

H04M11/00, 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 | 1996-2012 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2012 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2012 |

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<br>A    | Takeshi SAKAMOTO et al., "A Consideration of Control Interface for Energy-efficient 10G-EPON System", IEICE Technical Report, 19 April 2010 (19.04.2010), vol.110, no.20, pages 7 to 12 | 1-3, 5, 6, 9, 10<br>4, 7, 8 |
| Y         | JP 2001-256583 A (Toyo Keiki Co., Ltd.), 21 September 2001 (21.09.2001), paragraphs [0024] to [0038]; fig. 3 to 7 (Family: none)                                                        | 1-3, 5, 6, 9, 10            |
| Y         | JP 2005-101808 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 14 April 2005 (14.04.2005), paragraphs [0014] to [0020]; fig. 1, 4 (Family: none)                                                     | 1-3, 5, 6, 9, 10            |

☐ 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  
25 July, 2012 (25.07.12)

Date of mailing of the international search report  
07 August, 2012 (07.08.12)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））  
Int.Cl. H04M11/00(2006.01)i, 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（I P C））

Int.Cl. H04M11/00, 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   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 2 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 2 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 2 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<br>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<br>請求項の番号              |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Y<br>A          | 坂本健他, 低消費電力 10G-E P O N 装置向け制御インターフェースに関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 2010.04.19, 第 110 巻, 第 20 号, p. 7-12 | 1-3, 5, 6, 9, 10<br>4, 7, 8 |
| Y               | JP 2001-256583 A (東洋計器株式会社)<br>2001.09.21, 段落【0024】 - 【0038】, 第 3-7 図<br>(ファミリーなし)                  | 1-3, 5, 6, 9, 10            |

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

宮田 繁仁

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 2 6

5 G

9 7 4 8

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                     |                  |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号   |
| Y                     | JP 2005-101808 A (株式会社日立国際電気)<br>2005.04.14, 段落【0014】－【0020】, 第1図, 第4図<br>(ファミリーなし) | 1-3, 5, 6, 9, 10 |