

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5799763号
(P5799763)

(45) 発行日 平成27年10月28日(2015.10.28)

(24) 登録日 平成27年9月4日(2015.9.4)

(51) Int.Cl. F 1
H04L 12/44 (2006.01) H04L 12/44 200

請求項の数 10 (全 24 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-246422 (P2011-246422) (22) 出願日 平成23年11月10日(2011.11.10) (65) 公開番号 特開2013-106066 (P2013-106066A) (43) 公開日 平成25年5月30日(2013.5.30) 審査請求日 平成26年11月5日(2014.11.5)</p>	<p>(73) 特許権者 000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 (74) 代理人 110001195 特許業務法人深見特許事務所 (72) 発明者 西岡 進吾 大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電 気工業株式会社 大阪製作所内 (72) 発明者 吉村 明展 大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電 気工業株式会社 大阪製作所内 審査官 大石 博見</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光通信システム、光通信システムの制御方法および宅側装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

局側装置と、

受動的な光ネットワークを介して前記局側装置に接続される宅側装置とを備え、

前記宅側装置は、スリープモードにおいて、前記宅側装置と前記局側装置との間の通信を停止する第1の期間と、前記宅側装置と前記局側装置との間の通信が可能となる第2の期間とを交互に発生させ、

前記局側装置は、前記局側装置のクロックを用いて、タイムスタンプの生成と、前記局側装置で管理される前記第1および第2の期間の計測とを実行し、

前記宅側装置は、

前記受動的な光ネットワークを介して前記局側装置と通信するための通信部と、

前記通信部を介して前記局側装置のタイムスタンプを受信して、前記宅側装置のクロックを用いて生成されたタイムスタンプを、前記局側装置のタイムスタンプに同期させる時刻同期部と、

前記宅側装置のクロックを用いて時刻を計測する計測部と、

前記計測部によって計測された時刻に従って、前記第1の期間には前記通信部の機能を停止し、前記第2の期間には前記通信部の機能を有効にする管理部とを含み、

前記管理部は、前記第1の期間を開始する前に前記計測部によって計測された時刻と前記計測された時刻における前記宅側装置のタイムスタンプとの間の差分が判定値以上である場合に、当該開始する第1の期間を前記差分を用いて補正する、光通信システム。

【請求項 2】

前記計測部による計測の分解能は、前記局側装置のタイムスタンプの粒度よりも大きく

、
前記管理部は、前記計測部の前記分解能を単位として、前記宅側装置のタイムスタンプの値に対する丸め処理を実行し、前記丸め処理によって得られたタイムスタンプの値と前記計測部によって計測された時刻とを比較する、請求項 1 に記載の光通信システム。

【請求項 3】

前記判定値は、前記計測部による計測の分解能に等しい値である、請求項 2 に記載の光通信システム。

【請求項 4】

前記管理部は、前記第 2 の期間の開始よりも前に前記通信部を起動し、前記通信部の起動時刻を、前記第 1 の期間の補正に応じて決定する、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 5】

前記時刻同期部は、前記第 2 の期間の間に、前記宅側装置と前記局側装置との間で前記タイムスタンプを同期させる、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 6】

目標時刻として設定された時刻を前記計測部が計測したときに、前記管理部は、前記差分を算出する、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 7】

前記タイムスタンプは、MPCP フレームに含まれるタイムスタンプであり、
前記第 1 の期間の長さは、前記通信部の起動期間として定義された期間の長さ以上であり、かつ MPCP タイムアウト期間として予め定義された期間の長さ以下である、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 8】

前記タイムスタンプは、MPCP フレームに含まれるタイムスタンプであり、
前記第 2 の期間の長さは、前記局側装置が前記 MPCP フレームを送信する周期の長さ以上であり、かつ、前記第 1 の期間の長さ以下である、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 9】

局側装置と、受動的光ネットワークを介して前記局側装置に接続される宅側装置とを備える光通信システムの制御方法であって、

前記宅側装置のスリープモードにおいて、前記宅側装置が前記局側装置との通信を停止する第 1 の期間と、前記宅側装置と前記局側装置との間の通信が可能な状態となる第 2 の期間とを交互に発生させるステップと、

前記局側装置のクロックを用いてタイムスタンプを生成するステップと、

前記宅側装置のクロックを用いて生成されたタイムスタンプを、前記局側装置のクロックを用いて生成されたタイムスタンプに同期させるステップと、

前記宅側装置のクロックを用いて時刻を計測するステップと、

前記第 1 の期間が開始される前に計測された時刻と、前記計測された時刻における前記宅側装置のタイムスタンプとの間の差分が判定値以上である場合に、当該開始される第 1 の期間を前記差分を用いて補正するステップとを備える、光通信システムの制御方法。

【請求項 10】

受動的光ネットワークを介して局側装置と接続される宅側装置であって、

前記受動的光ネットワークを介して前記局側装置と通信するための通信部と、

前記通信部を介して前記局側装置からタイムスタンプを受信して、前記宅側装置のクロックを用いて生成されたタイムスタンプを、前記局側装置のタイムスタンプに同期させる時刻同期部と、

前記宅側装置のクロックを用いて時刻を計測する計測部と、

前記計測部によって計測された時刻に従って、前記宅側装置のスリープモードにおいて

10

20

30

40

50

、前記通信部の機能を停止する第1の期間と、前記通信部の機能を有効にする第2の期間とを交互に発生させる管理部とを含み、

前記管理部は、前記第1の期間を開始する前に前記計測部によって計測された時刻と前記計測された時刻における前記宅側装置のタイムスタンプとの間の差分が判定値以上である場合に、当該開始する第1の期間を前記差分を用いて補正する、宅側装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光通信システム、光通信システムの制御方法および宅側装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

各家庭までのネットワークアクセスサービスを光ファイバによって提供するF T T H (Fiber To The Home)を実現する形態のひとつにP O N (Passive Optical Network)がある。今日では、イーサネット(登録商標)技術を適用したP O NであるE P O Nが、F T T Hサービスに広く利用される。

【0003】

P O Nの特長は、家庭等に設置される宅側装置(O N U (Optical Network Unit))と、電話局等に設置される局側装置(O L T (Optical Line Terminal))とが、それらの間を結ぶ光ファイバの一部を共有して通信を行なうことにより、光アクセスサービスを低コストで提供できることである。具体的には、P O Nでは、光スプリッタを介して、1つのO L Tと複数のO N Uとが光ファイバで接続される。光スプリッタは、外部からの電源供給を特に必要とすることなく、入力された信号から受動的に信号を分岐または多重する。

20

【0004】

一方、近年では、ネットワーク機器の省電力化が注目されている。このためP O Nに用いられる通信機器の省電力化も要求されている。提案された一つの方式によれば、O N UがO L Tと通信していない状態であるときに、O N Uの機能の一部が通常モードから省電力モードへと移行される。本明細書では「省電力モード」を「スリープモード」とも呼ぶ。

【0005】

30

たとえば特開2010-114830号公報(特許文献1)は、O N Uの消費電力を低減するための技術を開示する。具体的には、O L Tの送信部は、下りバッファ部と、省電力モード制御部とを有する。下りバッファ部は、各O N Uに順次送信するユーザフレームを蓄積する。省電力モード制御部は、あるO N Uに送信すべきユーザフレームが下りバッファ部に蓄積されていない場合には、当該O N Uに対して、省電力モード時間を記述した省電力モード設定フレームを送信する。その省電力モード時間は、一巡時間、すなわちO L TがそのO N Uに、上り帯域割当用制御フレームを送信してから、当該O N Uに上り帯域割当用制御フレームを再度送信するまでの時間よりも短い。一方、O N Uの受信部が省電力モード設定フレームを受信した場合には、受信部は、その省電力モード設定フレーム内に記述された省電力モード時間にわたって、当該受信部を省電力モードに設定する。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2010-114830号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

一般にP O Nでは、「網同期(Network Synchronization)」と呼ばれる仕組みを用いてO L TとO N Uとの間で時刻を同期させる。具体的には、O N Uは、O L Tから送られるデータ信号からクロックを再生し、O L Tと同期したクロックで動作する。

50

【 0 0 0 8 】

ONUがスリープモードに移行した場合には、ONUの一部の機能が停止する。このため、OLTとONUとの間で時刻が同期できなくなる可能性が生じる。したがって、スリープモード中の任意の期間をOLTとONUとの両方で計測する場合において、OLTとONUとの間で期間の認識がずれる可能性がある。

【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、宅側装置のスリープモード中において、期間の認識のずれを局側装置と宅側装置との間で小さくすることである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明のある局面に係る光通信システムは、局側装置と、受動的光ネットワークを介して局側装置に接続される宅側装置とを備える。宅側装置は、スリープモードにおいて、宅側装置と局側装置との間の通信を停止する第1の期間と、宅側装置と局側装置との間の通信が可能となる第2の期間とを交互に発生させる。局側装置は、局側装置のクロックを用いて、タイムスタンプの生成と、局側装置が管理する第1および第2の期間の計測とを実行する。宅側装置は、受動的光ネットワークを介して局側装置と通信するための通信部と、通信部を介して局側装置のタイムスタンプを受信して、宅側装置のクロックを用いて生成されたタイムスタンプを、局側装置のタイムスタンプに同期させる時刻同期部と、宅側装置のクロックを用いて時刻を計測する計測部と、計測部によって計測された時刻に従って、第1の期間には通信部の機能を停止し、第2の期間には通信部の機能を有効にする管理部とを含む。管理部は、第1の期間を開始する前に計測部によって計測された時刻と計測された時刻における宅側装置のタイムスタンプとの間の差分が判定値以上である場合に、当該開始する第1の期間を差分を用いて補正する。

【 0 0 1 1 】

この構成によれば、宅側装置のスリープモード中において、期間の認識のずれを局側装置と宅側装置との間で小さくすることができる。宅側装置のスリープモードにおいて、宅側装置は、タイマにより時刻を計測する。したがってタイマが第1あるいは第2の期間を計測する。一方、局側装置は、局側装置のクロックに基づいて、局側装置で管理する第1および第2の期間を計測する。第1の期間には、宅側装置の通信部の機能が無効である。したがってスリープモードでは、少なくとも第1の期間、宅側装置のタイマと局側装置のクロックとは独立して動作する。このため局側装置の計測する第1および第2の期間と、宅側装置の計測する（管理する）第1および第2の期間とがずれる可能性がある。タイムスタンプは、たとえば第2の期間、局側装置と宅側装置との間で同期する。タイマが計測した時刻とタイムスタンプとの間の差分とを小さくするように第1の期間を補正することで、宅側装置のスリープモード中において、期間の認識のずれを局側装置と宅側装置との間で小さくすることができる。

【 0 0 1 2 】

局側装置および宅側装置は、互いに独立に第1の期間および第2の期間の長さの情報を保有してもよい。この場合、たとえば、第1の期間および第2の期間の長さが予め定められる。代わりに、局側装置が宅側装置に第1の期間および第2の期間の長さを指定してもよい。

【 0 0 1 3 】

好ましくは、計測部による計測の分解能は、装置のタイムスタンプの粒度よりも大きい。管理部は、計測部の分解能を単位として、宅側装置のタイムスタンプの値に対する丸め処理を実行し、丸め処理によって得られたタイムスタンプの値と計測部によって計測された時刻とを比較する。

【 0 0 1 4 】

この構成によれば、差分を演算する処理を簡単に行うことができる。差分の精度は計測部の分解能程度でもよい。精度の高い演算が不要となるので、計測部には、たとえばファームウェアの制御に一般的に用いられるタイマを用いることができる。したがって宅側装

10

20

30

40

50

置の構成を複雑にすることなく、期間の認識のずれを局側装置と宅側装置との間で小さくすることができる。

【 0 0 1 5 】

好ましくは、判定値は、計測部による計測の分解能に等しい値である。

この構成によれば、期間の認識のずれの程度を計測部の分解能以下に抑えることができる。

【 0 0 1 6 】

好ましくは、管理部は、第 2 の期間の開始よりも前に通信部を起動し、通信部の起動時刻を、第 1 の期間の補正に応じて決定する。

【 0 0 1 7 】

この構成によれば、第 2 の期間の開始時点から局側装置と宅側装置との間で通信が可能となる。通信部の起動にはある程度の時間を要する。したがって、第 1 の期間が補正される（たとえば第 1 の期間が短くなる）にもかかわらず通信部の起動時刻が補正されない場合、第 2 の期間の開始時点には、通信部が起動中であることが起こりうる。この場合には、たとえば第 2 の期間の開始直後に宅側装置から送られたデータを宅側装置で受信できないといった問題が発生する可能性がある。通信部の起動時刻を、第 1 の期間の補正に応じて決定することで、第 2 の期間の開始時点から局側装置と宅側装置との間で通信が可能となる。

【 0 0 1 8 】

好ましくは、時刻同期部は、第 2 の期間の間に、宅側装置と局側装置との間でタイムスタンプを同期させる。

【 0 0 1 9 】

この構成によれば、次に開始される第 1 の期間を、同期後のタイムスタンプと計測部が計測した時刻との差分に基づいて補正することができる。タイムスタンプが同期するタイミングは、第 2 の期間中であれば特に限定されない。

【 0 0 2 0 】

好ましくは、目標時刻として設定された時刻を計測部が計測したときに、管理部は、差分を算出する。

【 0 0 2 1 】

この構成によれば、目標時刻に対応するタイムスタンプの値と実際のタイムスタンプとの差分を算出することができる。タイムスタンプは局側装置と宅側装置との間で同期するので、差分に基づいて第 1 の期間を補正することにより、目標時刻と実際のタイムスタンプとの差分を小さくすることができる。これにより、期間の認識のずれを局側装置と宅側装置との間で小さくすることができる。

【 0 0 2 2 】

好ましくは、タイムスタンプは、MPCP フレームに含まれるタイムスタンプである。第 1 の期間の長さは、通信部の起動期間として定義された期間の長さ以上であり、かつ MPCP タイムアウト期間として予め定義された期間の長さ以下である。

【 0 0 2 3 】

この構成によれば、第 1 の期間は、通信部の起動期間として定義された期間以上の長さを有するので、第 2 の期間の開始時点から局側装置と宅側装置との間で通信を可能とすることができる。第 1 の期間が長いほど、宅側装置での省電力の効果を高めることができる。しかし局側装置は、宅側装置がスリープモード中であるかどうかに関係なく MPCP フレームを宅側装置に送信する可能性がある。局側装置が MPCP フレームを送信してから所定の期間内に宅側装置から MPCP フレームが送信されない場合、局側装置は MPCP タイムアウトを検出する。第 1 の期間の長さを MPCP タイムアウト期間として予め定義された期間以下に設定することで、MPCP タイムアウトが検出されることを防ぎつつ、宅側装置の消費電力を低減することができる。

【 0 0 2 4 】

好ましくは、タイムスタンプは、MPCP フレームに含まれるタイムスタンプである。

10

20

30

40

50

第2の期間の長さは、局側装置がMPCPフレームを送信する周期の長さ以上であり、かつ、第1の期間の長さ以下である。

【0025】

この構成によれば、第2の期間がMPCPフレームの送信の周期以上であるので、第2の期間中に少なくとも1回は宅側装置がMPCPフレームを受信することが期待できる。したがって第2の期間中に局側装置と宅側装置との間でMPCPタイムスタンプを同期させることができる。一方、第2の期間を長くすると、通信部が省電力状態である期間よりも通信部が動作可能な状態である期間が長くなるので、宅側装置の消費電力を低減する効果が弱くなる。第2の期間の長さを第1の期間T_bの長さ以下にすることで、宅側装置の消費電力を低減する効果が高めることができる。

10

【0026】

本発明の他の局面に係る光通信システムの制御方法は、局側装置と、受動的光ネットワークを介して局側装置に接続される宅側装置とを備える光通信システムの制御方法である。制御方法は、宅側装置のスリープモードにおいて、宅側装置が局側装置との通信を停止する第1の期間と、宅側装置と前記局側装置との間の通信が可能な状態となる第2の期間とを交互に発生させるステップと、局側装置のクロックを用いてタイムスタンプを生成するステップと、宅側装置のクロックを用いて生成されたタイムスタンプを、局側装置のクロックを用いて生成されたタイムスタンプに同期させるステップと、宅側装置のクロックを用いて時刻を計測するステップと、第1の期間が開始される前に計測された時刻と計測された時刻における宅側装置のタイムスタンプとの間の差分が判定値以上である場合に、当該開始される第1の期間を差分を用いて補正するステップとを備える。

20

【0027】

この構成によれば、宅側装置のスリープモード中において、期間の認識のずれを局側装置と宅側装置との間で小さくすることができる。

【0028】

本発明のさらに他の局面に係る宅側装置は、受動的光ネットワークを介して局側装置と接続される宅側装置である。宅側装置は、受動的光ネットワークを介して局側装置と通信するための通信部と、通信部を介して局側装置からタイムスタンプを受信して、宅側装置のクロックを用いて生成されたタイムスタンプを、局側装置のタイムスタンプに同期させる時刻同期部と、宅側装置のクロックを用いて時刻を計測する計測部と、計測部によって計測された時刻に従って、宅側装置のスリープモードにおいて、通信部の機能を停止する第1の期間と、通信部の機能を有効にする第2の期間とを交互に発生させる管理部とを含む。管理部は、第1の期間を開始する前に計測部によって計測された時刻と計測された時刻における宅側装置のタイムスタンプとの間の差分が判定値以上である場合に、当該開始する第1の期間を差分を用いて補正する。

30

【0029】

この構成によれば、宅側装置のスリープモード中において、期間の認識のずれを局側装置と宅側装置との間で小さくすることができる。

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、宅側装置のスリープモード中において、期間の認識のずれを局側装置と宅側装置との間で小さくすることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の実施の形態に係るEPONシステム100の概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態に係るOLTの概略構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の実施の形態に係るONUの概略構成を示すブロック図である。

【図4】制御フレームの構造を示した図である。

【図5】ONUをスリープモードに移行させるためのOLTの処理とONUの処理とを説

50

明するためのシーケンス図である。

【図6】スリープ状態にあるONUを起床させるためのOLTの処理とONUの処理とを説明するためのシーケンス図である。

【図7】OLTが管理する起床期間およびスリープ期間とONUが計測する起床期間およびスリープ期間との間にずれが生じた場合に生じ得る問題点を説明するための図である。

【図8】実施の形態1に係るONUによる時刻の同期方法を説明するための図である。

【図9】図8に示した処理を、より詳細に説明するための図である。

【図10】実施の形態1に係るONUの処理を説明するためのフローチャートである。

【図11】MPCPタイムスタンプとタイマのカウント値の比較の別の例を示した図である。

【図12】実施の形態2に係るONUの通信部の起動時刻の補正を説明するための模式図である。

【図13】実施の形態2に係るONUの処理を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0033】

図1は、本発明の実施の形態に係るEPONシステム100の概略構成を示すブロック図である。図1を参照して、EPONシステム100は、OLT101と、ONU102-1, 102-2, …, 102-nと、PON回線104と、スプリッタ105とを備える。以下において、ONU102-1~102-nを総括的に説明する場合、あるいはONU102-1~102-nのうちの1つを代表的に説明する場合には、ONU102-1~102-nを「ONU102」と表記する。

【0034】

OLT101は、たとえば電話局に設置される。ONU102-1~102-nの各々は、たとえばネットワークアクセスサービスの加入者の宅内に設置される。

【0035】

ONU102-1~102-nの各々にはユーザ端末111が接続される。各ONU102に接続されるユーザ端末111の数は特に限定されるものではない。たとえば1つのONUに複数のユーザ端末が接続されていてもよい。ユーザ端末111は、たとえばパーソナルコンピュータであるが、これに限定されるものではない。

【0036】

PON回線104は光ファイバである。OLT101から送信された光信号は、PON回線104を通り、スプリッタ105によってONU102-1~102-nへと分岐される。一方、ONU102-1~102-nから送信された光信号は、スプリッタ105によって集束されるとともにPON回線104を通過してOLT101に送られる。スプリッタ105は、外部からの電源供給を特に必要とすることなく、入力された信号から受動的に信号を分岐または多重する。

【0037】

OLT101は、上位ネットワーク109を介してデータを受信するとともに、そのデータをPON回線104に出力する。PONの物理的構成によれば、ONU102-1~102-nのすべてが、OLT101から送信されたデータを受信可能である。このためOLT101は、送信フレームのプリアンブル部分に、その送信フレームを受信すべきONUの番号を示した識別子LLID(Logical Link ID)を挿入する。各ONUは、OLTから受信したフレームに含まれるLLIDを、予めOLTから通知された自己のLLIDと照合する。フレームに含まれるLLIDが自己のLLIDに一致する場合には、ONUはそのフレームを受信し、そうでない場合には、ONUは、そのフレームを破棄する。

【0038】

一方、各ONUから送信される光信号はスプリッタ105において合流する。このため

10

20

30

40

50

、各ONUからの信号(上り信号)がスプリッタ105で合流した後に衝突しないための制御が必要となる。

【0039】

OLT101は、ONU102-1~102-nから送信された制御フレーム(レポート)に基づいて、ONU102-1~102-n内のバッファに蓄積されているデータの送信開始時刻および送信許可量を演算する。次に、OLT101は、指示信号を挿入した制御フレーム(グラント)を、PON回線104およびスプリッタ105を介してONU102-1~102-nに送信する。

【0040】

たとえば、ONU102-1は、宅側ネットワーク110を介してユーザ端末111から上り情報フレームを受信する。ONU102-1は、上り情報フレームをバッファに一旦蓄積する。ONU102-1は、グラントによって指定された時刻に、自己のバッファ内のデータの長さをレポートでOLT101に通知する。ONU102-1は、指示信号が挿入されたグラントをOLT101から受信するとともに、その指示信号に基づいて、自己のバッファ内のデータをレポートとともにOLT101に送信する。

10

【0041】

ONU102-1~ONU102-nの各々は、スリープ機能を有する。スリープ機能は、ONUとOLTとの間のトラフィックがない場合に、そのONUを構成するモジュールの一部を省電力状態に設定する機能である。スリープ機能によって、ONUの状態(モード)は、通常モードからスリープモードに移行する。たとえば、ONUに送信すべきトラフィックが到達すると、ONUの状態は、スリープモードから通常モードに戻る。本発明の実施の形態では、ONU102はOLTからのスリープ指示によりスリープモードに設定される。

20

【0042】

図2は、本発明の実施の形態に係るOLTの概略構成を示すブロック図である。図2を参照して、OLT101は、受信部11と、バッファメモリ12と、フレーム取出部13と、送信部14とを含む。受信部11と、バッファメモリ12と、フレーム取出部13と、送信部14とは下り方向の通信(OLT101からONU102への通信)に用いられる。

【0043】

受信部11は、上位ネットワーク109から受信した下りデータフレームをバッファメモリ12に転送する。バッファメモリ12は、受信部11から送られた下りデータフレームを蓄積する。フレーム取出部13は、ユーザフレーム、省電力フレーム、MPCPフレーム等のフレームを一定の規則に従って取り出して、その取り出したフレームを送信部14に送る。送信部14は、フレーム取出部13からのフレームをPON回線104へ送信する。

30

【0044】

OLT101は、さらに、受信部15と、フレーム振分部17と、バッファメモリ18と、送信部19とを含む。受信部15と、フレーム振分部17と、バッファメモリ18と、送信部19とは上り方向の通信(ONU102からOLT101への通信)に用いられる。

40

【0045】

受信部15は、ONU102から送信されたデータフレームまたは制御フレームを、PON回線104を介して受信する。フレーム振分部17は、フレームのヘッダ部分を読み取り、それによって、OLT101により受信されたフレームが、データフレーム、または、レポートフレーム等の制御フレームのいずれであるかを判定する。データフレームはフレーム振分部17からバッファメモリ18へと転送される。一方、制御フレームはフレーム振分部17から通信制御部20へと転送される。

【0046】

OLTとONUの間では制御プロトコルに基づく制御フレームが伝送される。そのよ

50

うな制御プロトコルの一例として、MPCP (Multi-Point Control Protocol) プロトコルおよびOAM (Operations, Administration and Maintenance) プロトコルを挙げることができる。なお、制御プロトコルはこれらに限定されるものではない。

【0047】

バッファメモリ18は、フレーム振分部17から転送されたデータフレームを蓄積する。送信部19は、バッファメモリ18に蓄積されたデータフレームを上位ネットワーク109に送信する。

【0048】

OLT101は、さらに、通信制御部20と、クロックパルス発生部22と、クロックカウンタ部24とを備える。

10

【0049】

通信制御部20は、OLT101とONU102との間の論理リンク(MPCPリンク)を制御する。具体的には、通信制御部20は、ONU102-1~102-nに対して上り信号を送信するタイミングを教示するためのMPCPフレーム(ゲート)を生成する。通信制御部20で生成されたMPCPフレームは、送信部14に送られる。送信部14は、MPCPフレームをPON回線104に出力する。

【0050】

受信部15は、ONU102-1~102-nの各々から、各ONUにおける上りデータの蓄積量を通知するためのMPCPフレーム(レポート)を受信する。受信部15で受信されたレポートは、フレーム振分部17によって通信制御部20に送られる。

20

【0051】

クロックパルス発生部22は、たとえば水晶振動子を含む周知の発振回路によって構成されて、クロックパルスを発生させる。クロックパルスは、通信制御部20の動作の制御に用いられる。クロックカウンタ部24は、クロックパルスをカウントして、クロックカウンタ値を通信制御部20に送る。通信制御部20はクロックカウンタ値に基づいて、MPCPフレームに含まれるタイムスタンプを作成する。以下では、MPCPフレームに含まれるタイムスタンプを「MPCPタイムスタンプ」と呼ぶ。

【0052】

なお、OLT101がクロックパルス発生部を有するものと限定されず、OLT101の外部からOLT101にクロックが供給され、その供給されたクロックをOLT101のクロックとして用いてもよい。以下において、「OLTのクロック」は、OLT101が用いるクロックを意味し、OLT101の内部で生成されるクロックおよびOLT101の外部からOLT101に供給されるクロックの両方を含みうる。

30

【0053】

OLT101は、さらに、省電力設定部30を備える。省電力設定部30は、ONU102-1~102-nの各々をスリープモードに設定する。省電力設定部30は、トラフィック監視部31と、省電力判定部32と、スリープ指示生成部33とを含む。

【0054】

トラフィック監視部31は、OLT101とONU102との間のトラフィックを監視することで、OLT101とONU102との間のデータ通信の有無を監視する。トラフィック監視部31は、その監視結果を省電力判定部32へと送る。たとえばデータフレームの宛先アドレスおよび送信元アドレスからOLT101とONU102との間のデータ通信の有無を判断することができる。

40

【0055】

省電力判定部32は、トラフィック監視部31の監視結果に基づいて、各ONUをスリープモードに設定すべきかどうかを判定する。具体的には、省電力判定部32は、ONU102-1~102-nのそれぞれに対応する判定部32-1~32-nを有する。判定部32-1は、トラフィック監視部31から、OLT101とONU102-1との間のデータ通信の有無に関する監視結果を受ける。判定部32-1は、OLT101とONU102-1との間でデータ通信が行なわれていない場合に、ONU102-1の状態をス

50

リープモードに設定すべきであると判定する。判定部 3 2 - 2 ~ 3 2 - n の各々の動作は、判定部 3 2 - 1 の上記の動作と同様であるので以後の詳細な説明は繰り返さない。

【 0 0 5 6 】

省電力判定部 3 2 の判定方法は上記方法に限定されるものではない。たとえば省電力判定部 3 2 は、ONU 1 0 2 - 1 ~ 1 0 2 - n の各々のデータ通信の実績（たとえば 1 日の間でのデータ通信の実績）を予め記憶するとともに、その実績に基づいて、各 ONU 1 0 2 - 1 の状態をスリープモードに設定するかどうかを判定してもよい。

【 0 0 5 7 】

判定部 3 2 - 1 ~ 3 2 - n の各々の判定結果は、スリープ指示生成部 3 3 に送られる。スリープ指示生成部 3 3 は、各判定部 3 2 - 1 ~ 3 2 - n の判定結果に基づいて、対応する ONU の状態をスリープモードに設定するためのスリープ指示を生成する。スリープ指示生成部 3 3 は、そのスリープ指示を送信部 1 4 に送信する。送信部 1 4 は、スリープ指示を PON 回線 1 0 4 に出力する。スリープ指示を受けた ONU は、自身のモードをスリープモードに設定する。

10

【 0 0 5 8 】

また、ある ONU 1 0 2 がスリープモードにある途中で、その ONU 1 0 2 を通常モードに復帰させる必要が発生した場合、通信制御部 2 0 は、スリープ指示生成部 3 3 に、起床指示を生成するよう指示する。スリープ指示生成部 3 3 は、通信制御部 2 0 からの指示により起床指示を生成する。この起床指示はスリープモードを中止するための指示である。通信制御部 2 0 が起床指示を生成してもよい。

20

【 0 0 5 9 】

図 3 は、本発明の実施の形態に係る ONU の概略構成を示すブロック図である。図 3 を参照して、ONU 1 0 2 は、受信部 4 1 と、バッファメモリ 4 2 と、フレーム取出部 4 3 と、送信部 4 4 とを含む。受信部 4 1 と、バッファメモリ 4 2 と、フレーム取出部 4 3 と、送信部 4 4 とは上り方向の通信に用いられる。

【 0 0 6 0 】

受信部 4 1 は、宅側ネットワーク 1 1 0 から受信した上りデータフレームをバッファメモリ 4 2 に転送する。バッファメモリ 4 2 は、受信部 4 1 から送られた上りデータフレームを蓄積する。フレーム取出部 4 3 は、ユーザフレーム、省電力フレーム、MPCP フレーム等のフレームを一定の規則に従って取り出して、その取り出したフレームを送信部 4 4 に送る。送信部 4 4 は、フレーム取出部 4 3 からのフレームを PON 回線 1 0 4 へ送信する。

30

【 0 0 6 1 】

ONU 1 0 2 は、さらに、受信部 4 5 と、フレーム振分部 4 7 と、バッファメモリ 4 8 と、送信部 4 9 とを含む。受信部 4 5 と、フレーム振分部 4 7 と、バッファメモリ 4 8 と、送信部 4 9 とは下り方向の通信に用いられる。

【 0 0 6 2 】

受信部 4 5 は、OLT 1 0 1 から送信されたデータフレームまたは制御フレームを、PON 回線 1 0 4 を介して受信する。受信部 4 5 は、フレームのヘッダ部分を読取る。フレームに含まれる LLID が ONU 1 0 2 の LLID に一致する場合には、受信部 4 5 はそのフレームを受信し、そうでない場合には、受信部 4 5 は、そのフレームを破棄する。

40

【 0 0 6 3 】

フレーム振分部 4 7 は、フレームのヘッダ部分を読取り、それによって、ONU 1 0 2 により受信されたフレームが、データフレーム、制御フレームおよび省電力フレームのいずれであるかを判定する。データフレームはフレーム振分部 4 7 からバッファメモリ 4 8 へと転送される。制御フレームはフレーム振分部 4 7 から通信制御部 5 0 へと転送される。省電力フレームはフレーム振分部 4 7 からスリープ指示受信部 6 3 へと送られる。

【 0 0 6 4 】

バッファメモリ 4 8 は、フレーム振分部 4 7 から転送されたデータフレームを蓄積する。送信部 4 9 は、バッファメモリ 4 8 に蓄積されたデータフレームを宅側ネットワーク 1

50

10に送信する。バッファメモリ42, 48は、QoS(通信品質)制御あるいはDBA制御などのためにフレームを一時的に蓄積する。

【0065】

ONU102は、さらに、通信制御部50と、クロックパルス発生部52とを備える。

通信制御部50は、一般的なPONシステムにおける通信制御(たとえば動的帯域割当(DBA)など)を実行する。通信制御部50は、OLT101から送られたMPCPフレーム(たとえばMPCPゲートフレーム)を受けて、そのフレームへの応答のためのMPCPフレーム(たとえばレポートフレーム)を出力する。データフレームと同様に、通信制御部50で作成されたMPCPフレームは送信部44に送られる。送信部44は、MPCPフレームをPON回線104に出力する。

10

【0066】

クロックパルス発生部52は、たとえば水晶振動子を含む周知の発振回路によって構成されて、クロックパルスを発生させる。クロックパルスは、たとえば通信制御部50の動作の制御およびONU102による時刻の計測に用いられる。通信制御部50は、クロックパルスをカウントして、そのクロックカウント値に基づいて、MPCPフレームに含まれるタイムスタンプを作成する。DBAの制御にはMPCP時刻が必要である。したがって通信制御部50は、ONU102側のMPCP時刻を管理する。

【0067】

OLT101とONU102との間でMPCPプロトコルに準じた制御を実現するために、ONU102で生成されたMPCPタイムスタンプがOLT101で生成されたMPCPタイムスタンプに同期することが要求される。このため、通信制御部50は、OLT101から送られたMPCPフレームに含まれるタイムスタンプを抽出する。通信制御部50は、その抽出されたタイムスタンプを用いて、通信制御部50で生成されたMPCPタイムスタンプを補正する。

20

【0068】

ONU102は、さらに、省電力設定部60を備える。省電力設定部60は、OLT101からの省電力フレームによって、ONU102をスリープモードに設定する。省電力設定部60は、ファームウェア制御タイマ61と、スリープモード設定部62と、スリープ指示受信部63と、省電力フレーム生成部64とを含む。たとえば省電力設定部60は、ファームウェアによって実現される。

30

【0069】

ファームウェア制御タイマ61(以下、「タイマ61」と呼ぶ)は、ファームウェアで使用される一般的なタイマにより実現可能である。タイマ61は、クロックパルス発生部52で生成されたクロックパルスに基づいて時刻を計測する。タイマ61は、クロックパルスをカウントする。そのカウント値が所定値に達したときに、タイマ61によって単位時間が計測される。この単位時間は、タイマ61の計測の分解能である。

【0070】

この実施の形態ではタイマ61の計測の分解能は、たとえば1msである。しかしタイマ61の計測の分解能はこの値に限定されるものではない。さらにこの実施の形態では、MPCPタイムスタンプの粒度は、タイマ61の計測の分解能よりも小さい。MPCPタイムスタンプの粒度は、たとえば16nsであるが、この値に限定されるものではない。

40

【0071】

OLT101からのスリープ指示は、受信部45により受信される。スリープ指示は、フレーム振分部47によって、省電力設定部60に送られる。スリープ指示受信部63は、スリープ指示を受信するとともに、そのスリープ指示をスリープモード設定部62に送信する。スリープモード設定部62は、スリープ指示受信部63からスリープ指示を受けることによって、ONU102をスリープモードに設定する。

【0072】

スリープモードの長さは、スリープ指示によって設定される。スリープモードにおいて、スリープモード設定部62は、基本的に送信部44および受信部45を停止させる。し

50

かしながら本実施の形態では、送信部 4 4 および受信部 4 5 がスリープモードにおいて一時的に復帰して、ONU 1 0 2 はOLT 1 0 1 と通信可能な状態になる。

【 0 0 7 3 】

なお、スリープ指示受信部 6 3 が受信部 4 5 およびフレーム振分部 4 7 を介してOLT 1 0 1 からの起床指示を受信した場合には、スリープモード設定部 6 2 は、ONU 1 0 2 のスリープモードを中止するとともにONU 1 0 2 を通常モードに復帰させる。

【 0 0 7 4 】

スリープモード設定部 6 2 は、タイマ 6 1 によって計測された時刻に基づいてスリープモードの期間を管理する。スリープモードの開始時にスリープモード設定部 6 2 は、通信制御部 5 0 からMPCPタイムスタンプを受ける。スリープモード設定部 6 2 は、さらに、タイマ 6 1 によって計測された目標時刻とMPCPタイムスタンプとを比較するときにMPCPタイムスタンプを取得する。

【 0 0 7 5 】

省電力フレーム生成部 6 4 は、OLT 1 0 1 からのスリープ指示および起床指示に対するONU 1 0 2 からの返答フレーム(ACK)を生成する。この返答フレームは、省電力フレーム生成部 6 4 からフレーム取出部 4 3 および送信部 4 4 に送られる。送信部 4 4 は、PON回線 1 0 4 を通じて返答フレームをOLT 1 0 1 に送信する。

【 0 0 7 6 】

図 2 および図 3 に示された機能ブロックは、たとえばCPU、メモリ等のハードウェアあるいはそのCPUで実行されるソフトウェアによって実現可能である。したがって各機能ブロックの実現方法は特に限定されるものではない。また、複数の機能ブロックを1つのブロックに統合してもよい。

【 0 0 7 7 】

図 4 は、制御フレームの構造を示した図である。図 4 を参照して、制御フレームは、宛先アドレス、送信元アドレス、レングス/タイプ (Length/Type)、オペコード (Opcode)、タイムスタンプ、データ、パディング、およびFCSから構成される。

【 0 0 7 8 】

オペコード (Opcode) のフィールドには、制御フレームの種類を識別するためのコードが挿入される。MPCPでは、ディスカバリゲート (Discovery Gate)、レジスタリクエスト (Register Request)、レジスタ (Register)、ゲート (ノーマルゲートとも呼ばれる; Gate)、レジスタACK (Register Ack)、レポート (Report) などのメッセージを用いて双方向の通信が確立される。これらのメッセージはオペコードによって判別され、それぞれのメッセージではデータフィールドの内容が異なる。

【 0 0 7 9 】

また、スリープ指示の場合には、たとえば拡張MPCPフレームを用いる。データのフィールドに、スリープモードを示すコードが挿入される。スリープモードの期間に関する情報が含まれてもよい。たとえばスリープモードの開始および終了を示すタイムスタンプの値をデータのフィールドに含めることができる。

【 0 0 8 0 】

また、起床指示の場合には、たとえば拡張MPCPフレームを用いて、データのフィールドに起床指示を示すコードが挿入される。

【 0 0 8 1 】

また、ONU 1 0 2 がスリープ指示あるいは起床指示を承諾する場合、ONU 1 0 2 は、その承諾を示す制御フレームをOLT 1 0 1 へと送信する。この制御フレームはたとえば拡張MPCPフレームを用いる。データのフィールドには、スリープ指示に対する承諾を示すコード、あるいは起床指示に対する承諾を示すコードが挿入される。

【 0 0 8 2 】

各ONUの上り信号を時分割多重するには、OLTと各ONUとの間でタイムスタンプが同期している必要がある。この実施形態では、MPCPフレームに含まれるタイムスタンプを用いてOLTとONUとの間の同期を維持する方式が採用される。すなわちOLT

10

20

30

40

50

は、自身の現在のクロックカウント値をタイムスタンプとしてMPCPフレームに含め、次に、そのフレームをONUに送信する。ONUはそのタイムスタンプに基づいて、自身が生成するMPCPフレームのタイムスタンプを補正する。

【0083】

図5は、ONUをスリープモードに移行させるためのOLTの処理とONUの処理とを説明するためのシーケンス図である。図5を参照して、ONU102がスリープモードに移行する前には、ONU102の状態は通常モードである。OLT101はONU102のトラフィック状況に基づいて、当該ONU102をスリープモードへと移行させると判断する。たとえばOLT101とONU102との間のトラフィックが発生していない場合には、当該ONU102がスリープモードへと移行される。

10

【0084】

時刻 t_1 において、OLT101はONU102にスリープ指示を送信する。ONU102はそのスリープ指示を受ける。ONU102がスリープ指示に承諾する場合、ONU102は、その承諾を示す返答フレームをOLT101へ送信する。上述のように、返答フレームは省電力フレーム生成部64(図3参照)によって生成される。

【0085】

ONU102は、返答フレームを送信するとともにスリープモードへと移行する。スリープモードでは、起床期間 T_a と、スリープ期間 T_b とが発生する。起床期間 T_a は、ONU102がOLT101と通信可能な状態になる期間である。たとえば、起床期間 T_a は、ONU102が、スリープモードから通常動作モードに戻る必要があるかどうかを確認するための期間として用いられる。スリープ期間 T_b は、ONU102の通信モジュール(送信部44および受信部45)が省電力状態に設定される期間である。スリープ期間 T_b には、ONU102とOLT101との間の通信が停止する。本明細書では、起床期間 T_a におけるONU102の状態を「起床状態」と呼び、スリープ期間 T_b におけるONU102の状態を「スリープ状態」と呼ぶ。

20

【0086】

具体的には、スリープ期間 T_b の間、スリープモード設定部62は、送信部44および受信部45の状態を省電力状態に設定する。これにより、送信部44および受信部45の機能が無効となる。一方、起床期間 T_a の間、スリープモード設定部62は、送信部44および受信部45を復帰させる。これにより送信部44および受信部45の機能が有効になる。

30

【0087】

この実施の形態では、ONU102がスリープモードである間に、期間 T_a 、 T_b が交互に繰り返される。ただし、期間 T_a 、 T_b が時間軸上で稠密に並べられていなくてもよい。すなわち、期間 T_b と期間 T_a との間、あるいは期間 T_a と期間 T_b との間に、追加的な期間が挿入されていてもよい。この追加的な期間におけるONU102の状態あるいは処理は、特に限定されるものではない。

【0088】

さらに、図5ではONU102のスリープモードが期間 T_a 、 T_b の順で繰り返されるように示されている。しかし、返答フレームがONU102から送信された後、まず期間 T_b が発生し、次に期間 T_a が発生してもよい。すなわち、スリープモードが期間 T_b 、 T_a の順で繰り返されてもよい。

40

【0089】

この実施の形態では、OLT101およびONU102は、期間 T_a 、 T_b の長さを予め把握している。たとえば期間 T_a 、 T_b の長さが予め定められて、OLT101およびONU102は互いに独立に期間 T_a 、 T_b の長さの情報を保有している。代わりに、OLT101がONU102に期間 T_a 、 T_b の長さを指定してもよい。

【0090】

この実施の形態では、OLT101がONU102の起床を指示するまで、あるいはONU102が自発的に起床するまで、スリープ指示の制御フレームがOLT101とON

50

ONU 102との間で伝送されない。一方、OLT 101はONU 102のモード（通常モードまたはスリープモード）に関係なく、MPCPフレームを繰り返しONU 102に送信する。したがって期間Taの間にONU 102がMPCPフレームを受信した場合には、ONU 102は当該MPCPフレームに含まれるタイムスタンプに従って、ONU 102の内部クロックに基づいて生成されるMPCPタイムスタンプを補正できる。たとえばMPCPフレームの送信の周期は500μ秒であるが、これに限定されるものではない。

【0091】

スリープ状態にあるONU 102を起床するためのイベントが発生した場合、OLT 101はONU 102を起床させる。このようなイベントは、たとえばOLT 101からONU 102に送信すべきデータがOLT 101に到着した場合に発生する。

10

【0092】

図6は、スリープ状態にあるONUを起床させるためのOLTの処理とONUの処理とを説明するためのシーケンス図である。図6を参照して、期間Tbの間のある時刻t2において、ONU 102を起床させるためのイベントが発生する。イベントが発生したときには、ONU 102はスリープ状態にある。したがってOLT 101は期間Taが開始されるまで待機する。OLT 101は、OLT 101のクロックに従って期間Ta, Tbを計測することで期間Taの開始を把握する。一方、ONU 102は、タイマ61による時刻の計測に基づいて期間Ta, Tbを交互に発生させる。

【0093】

期間Ta中のある時刻t3において、OLT 101はONU 102に、ONU 102の起床を指示するための制御フレーム（起床指示）を送信する。ONU 102がこの制御フレームを受信すると、ONU 102はスリープモードから通常状態（通常モード）へと移行する。ONU 102が通常モードに戻った後は、OLT 101とONU 102との間でデータの送受信が可能になる。

20

【0094】

スリープモードでは、ONU 102は、期間Ta, TbをONU 102のタイマ61を用いて計測する。期間Tbの間には、ONU 102の通信機能が無効である。したがって期間Tbの間には、ONU 102は、OLT 101からのMPCPフレームを受信することができない。すなわち期間Tbの間には、ONU 102とOLT 101との間でMPCPタイムスタンプを同期させることができない。

30

【0095】

さらに、スリープモードの期間のうち少なくともスリープ期間Tbでは、ONU 102のクロックがOLT 101のクロックとが同期していない。なお、スリープモードの設定によっては、起床期間Taとスリープ期間Tbとの間でクロックが同期しないことも考えられる。ONU 102のクロックがOLT 101のクロックと同期しないために、OLT 101が管理（把握）する期間Ta, Tbに対して、ONU 102で発生する期間Ta, Tbがずれることが起こりうる。このずれが蓄積することによって、以下に説明する問題が起こりうる。

【0096】

図7は、OLTが管理する起床期間およびスリープ期間とONUが計測する起床期間およびスリープ期間との間にずれが生じた場合に生じ得る問題点を説明するための図である。図7を参照して、期間Tb中の時刻t4において、ONU 102を起床させるためのイベントが発生する。OLT 101は、期間Taが開始されるまで、ONU 102の起床の指示を待機する。

40

【0097】

OLT 101は、OLT 101のクロックに従って、期間Ta, Tbを管理する。一方、ONU 102は、タイマ61により期間Ta, Tbを計測する。OLT 101が把握する期間Taにおいて、OLT 101はONU 102に起床指示を送る。しかしOLT 101が管理（把握）する期間Ta, Tbに対して、ONU 102で発生する期間Ta, Tbがずれた場合、ONU 102にとっては、起床指示はスリープ期間Tb中に送られる。し

50

たがってONU102はOLT101から送られた起床指示を受信することができない。ONU102が起床指示を受信しないため、承諾を示す制御フレームもONU102からOLT101に送信されない。

【0098】

承諾を示す制御フレームを受信できないため、OLT101は、次回に生じる期間Taにおいて、起床指示をONU102に再送する(時刻t5)。しかし、ONU102が計測する期間Ta, TbがOLT101が管理(計測する)期間Ta, Tbに対してずれている。このため、ONU102にとっては、時刻t5はスリープ期間Tbの間の時刻となる。したがって、ONU102は、OLT101から再度送られた起床指示も受信できない。この場合には、ONU102とOLT101との間の通信の再開が遅れることが懸念される。

10

【0099】

本発明の実施の形態によれば、スリープモード設定部62は、スリープ期間Tbを開始する前にタイマ61によって計測された時刻と、その計測された時刻における宅側装置のMPCPタイムスタンプとの間の差分を求める。その差分が判定値以上である場合に、スリープモード設定部62は、次に開始される期間Tbを、その差分を用いて補正する。そしてONU102は、タイマ61で計測された時刻に基づいて、その補正された期間Tbの間、送信部44および受信部45を省電力状態にする。これにより、ONU102のスリープモード中の期間Ta, Tbについて、OLT101とONU102との間での認識のずれを小さくすることができる。

20

【0100】

以下において、図面を参照しつつ、各実施の形態について詳細に説明する。

[実施の形態1]

図8は、実施の形態1に係るONUによる時刻の同期方法を説明するための図である。なお、以下に示される数値は実施の形態1の理解を容易にするために用いた例であり、本発明を限定するものではない。

【0101】

図3および図8を参照して、スリープモード設定部62は、スリープモード開始時に、開始時刻T1を示すMPCPタイムスタンプを通信制御部50から取得する。開始時刻T1に対応するMPCPタイムスタンプの値は10000であるとする。また、開始時刻T1には、MPCPタイムスタンプとタイマ61のカウント値が一致しているものとする。

30

【0102】

次に、スリープモード設定部62は、目標時刻T2を設定する。目標時刻T2は、次の時刻計測時におけるMPCPタイムスタンプの期待値である。たとえば、起床期間Taおよびスリープ期間Tbを合計した期間T(=Ta+Tb)の長さに対応するタイマ61のカウント値が1000であるとする。目標時刻T2は、スリープ開始時刻におけるMPCPタイムスタンプ値に期間Tの長さに対応するカウント値を加えた値に設定される。すなわち、目標時刻T2は11000に設定される。

【0103】

開始時刻T1から期間Tが経過したことがタイマ61によって計測される。すなわちタイマ61によって目標時刻T2が計測される。スリープモード設定部62は、タイマ61が目標時刻T2を計測したときのMPCPタイムスタンプの値を時刻T3として取得する。T=1000に対応するMPCPタイムスタンプの周期Tは1000.5である。したがってT3=11000.5となる。差分T4は、時刻T3と目標時刻T2との差分である。この場合には、T4=11000.5-11000=0.5である。

40

【0104】

この例では、差分T4の判定値を1とする。判定値は、次に開始されるスリープ期間Tbを補正するかどうかの判定に用いられる。上記の場合には、差分T4=0.5<1である。したがって次に開始されるスリープ期間Tbの補正は行なわれない。

【0105】

50

続いて、次の目標時刻 T_2 が設定される。次回の目標時刻 T_2 は $11000 + 1000 = 12000$ である。上述の処理と同様に、期間 $T (= 1000)$ がタイマ 61 によって計測される。スリープモード設定部 62 は、タイマ 61 が目標時刻 $T_2 (= 12000)$ を計測したときの MPCP タイムスタンプの値を時刻 T_3 として取得する。このときの時刻 T_3 は $T_3 = 11000 \cdot 5 + 1000 \cdot 5 = 12001$ であったとする。

【0106】

差分 T_4 は、 $12001 - 12000 = 1.0$ であるので判定値以上となる。したがって、スリープモード設定部 62 は次に開始されるスリープ期間 T_b を補正する。具体的には、期間 T に対応するタイマ 61 のカウント値から差分 T_4 が減算される。これにより、次にタイマ 61 で計測される期間 T の長さが $1000 - 1 = 999$ に補正される。

10

【0107】

スリープモード設定部 62 は、タイマ 61 が補正された期間 T を計測したときの MPCP タイムスタンプの値を時刻 T_3 として取得する。このときの $T_3 = 12001 + (999 \times 1000 / 1000 \cdot 5) = 13000.5$ と見積もられる。目標時刻は 13000 である。実際の MPCP タイムスタンプの計測結果が期待通り 13000.5 となれば、差分 $T_4 = 13000.5 - 13000 = 0.5$ となり、判定値未満となる。

【0108】

上記の例では差分 T_4 が正の値である場合が示される。差分 T_4 が負になる場合にも同様に、その絶対値が判定値より大きい場合に、次に開始されるスリープ期間 T_b が補正される。この場合には、期間 $(T_a + T_b)$ の長さを $\{1000 - (\text{差分値})\}$ へ補正すればよい。

20

【0109】

図 9 は、図 8 に示した処理を、より詳細に説明するための図である。なお、以下に示される数値は実施の形態 1 の理解を容易にするために用いた例であり、本発明を限定するものではない。

【0110】

図 3 および図 9 を参照して、スリープモードが開始されると期間 T_a 、 T_b が T_a 、 T_b の順に交互に発生する。この実施の形態では、目標時刻 T_2 は期間 T_a の開始時刻に等しい。しかし、期間 T_a の間であれば、 $OLT101$ と $ONU102$ との間で MPCP タイムスタンプを同期させることができる。したがって目標時刻 T_2 は期間 T_a の間の任意の時刻でよい。期間 T_a の間の任意の時刻において、目標時刻 T_2 と MPCP タイムスタンプとの差分を算出することができるので、次に開始される期間 T_b を補正することができる。

30

【0111】

開始時刻 T_1 の MPCP タイムスタンプ値は 10000 である。目標時刻 T_2 が 11000 に設定される。開始時刻 T_1 から目標時刻 T_2 までのタイマ 61 のカウント値が 1000 に設定される。期間 $T (= T_a + T_b)$ に対応するタイマ 61 のカウント値は 1000 である。

【0112】

タイマ 61 が目標時刻 T_2 を計測したとき、すなわち、タイマ 61 のカウント値が 1000 に達したときには、 $ONU102$ の MPCP タイムスタンプの値は $11000.1 (= 10000 + 1000 \cdot 1)$ であり、 $OLT101$ の MPCP タイムスタンプの値は $11000.5 (= 10000 + 1000 \cdot 5)$ である。タイマ 61 により計測された時刻は $ONU102$ の MPCP タイムスタンプおよび $OLT101$ の MPCP タイムスタンプのいずれとも同期していない。期間 T_a において $ONU102$ のタイムスタンプは $OLT101$ のタイムスタンプと同期する。

40

【0113】

タイマ 61 が目標時刻 $T_2 (= 11000)$ を計測したときの $ONU102$ の MPCP タイムスタンプ $(= 11000.5)$ と、目標時刻 T_2 との差分は 0.5 であり、判定値 $(= 1.0)$ 未満である。したがって次に開始されるスリープ期間は補正されない。すな

50

わち、期間 $T (= T_a + T_b)$ に対応するタイマのカウンタ値は 1000 のままである。

【0114】

スリープモード設定部 62 は、次の目標時刻 T_2 として 12000 を設定する。タイマ 61 が目標時刻 T_2 を計測したとき、すなわちタイマ 61 のカウンタ値が 1000 に達したときには、ONU 102 の MPCP タイムスタンプは、 $12000.6 (= 11000.5 + 1000.1)$ であり、OLT 101 の MPCP タイムスタンプは、 $12001 (= 11000.5 + 1000.5)$ である。ONU 102 の MPCP タイムスタンプは、OLT 101 の MPCP タイムスタンプと同期することによって 12000.6 から 12001 へと変更される。

【0115】

目標時刻 $T_2 (= 12000)$ と、ONU 102 の MPCP タイムスタンプ ($= 11000.5$) との差分は 1 であり、判定値 ($= 1.0$) 以上である。したがって次に開始されるスリープ期間 T_b が補正される。この場合、期間 T_b に対応するカウンタ値が差分値 ($= 1$) 減算される。この結果、期間 $T (= T_a + T_b)$ に対応するカウンタ値が 999 に補正される。

【0116】

続いてタイマ 61 は、補正された期間 T を計測する。すなわち、タイマ 61 が次の目標時刻を計測したときに、目標時刻 13000 と MPCP タイムスタンプとの差分が算出される。この場合の ONU 102 の MPCP タイムスタンプは $13000.1 (= 12001 + 999.1)$ であり、OLT 101 の MPCP タイムスタンプは、 $13000.5 (= 12001 + 999.5)$ である。ONU 102 の MPCP タイムスタンプは、OLT 101 の MPCP タイムスタンプと同期することによって 13000.1 から 13000.5 へと変更される。

【0117】

目標時刻 ($= 13000$) と、ONU 102 の MPCP タイムスタンプ ($= 13000.5$) との差分は再び 0.5 となり判定値未満である。したがって次に開始されるスリープ期間 T_b は補正されない。この場合、期間 $T (= T_a + T_b)$ に対応するタイマのカウンタ値は補正前の設定値である 1000 である。

【0118】

上記の例では、スリープ期間 T_b を 1 度補正することにより、目標時刻と MPCP タイムスタンプとの差分が判定値以下となる。しかし、MPCP タイムスタンプとタイマのカウンタ値との差分が過去の測定値から大きく変動した場合には、1 度のみの補正では、その差分を判定値以下に小さくすることができないことも起こりうる。その場合には、スリープ期間の補正が繰り返される。これにより、差分を判定値より小さくすることが期待できる。

【0119】

さらに、差分が一旦判定値より小さくなったものの、次に目標時刻とタイムスタンプとの間の差分を算出したときには、その差分が再び判定値以上となる可能性がある。この場合にも、差分を用いてスリープ期間 T_b を補正することで差分を再び判定値より小さくすることができる。つまり、この実施の形態では、スリープモードの間に、差分が判定値以上となる状態と差分が判定値未満となる状態とが交互に生じてよい。

【0120】

図 10 は、実施の形態 1 に係る ONU の処理を説明するためのフローチャートである。図 3 および図 10 を参照して、ステップ S1 において、ONU 102 は、ONU 102 のスリープモードを開始するかどうかを判定する。具体的には、スリープ指示受信部 63 が OLT 101 からのスリープ指示を受信した場合に、スリープモード設定部 62 は、ONU 102 のスリープモードを開始させると判定する。この場合 (ステップ S1 において YES)、処理はステップ S2 に進む。一方、スリープ指示受信部 63 が OLT 101 からのスリープ指示を受信していない場合 (ステップ S2 において NO)、全体の処理は終了する。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 1 】

ステップ S 2 において、スリープモード設定部 6 2 は、通信制御部 5 0 から M P C P タイムスタンプを受信することにより、開始時刻 T 1 を取得する。ステップ S 3 において、スリープモード設定部 6 2 は、目標時刻 T 2 を設定する。期間 T に対応するタイマ 6 1 のカウント値は予め求められている。スリープモード設定部 6 2 は、 $T 2 = T 1 + T$ の関係に従って目標時刻 T 2 を設定する。

【 0 1 2 2 】

ステップ S 4 において、タイマ 6 1 によって時刻が計測される。すなわち期間 T がタイマ 6 1 によって計測される。ステップ S 4 の処理は、タイマ 6 1 による期間 T の計測が終了するまで実行される。タイマ 6 1 は期間 T を計測することで目標時刻 T 2 を計測する。

10

【 0 1 2 3 】

ステップ S 5 において、スリープモード設定部 6 2 は、現在時刻 T 3 を取得する。この実施の形態では、ステップ S 5 の処理は、期間 T a において実行される（図 1 0 を参照）。したがって、O L T 1 0 1 の M P C P タイムスタンプと O N U 1 0 2 の M P C P タイムスタンプとが同期する。スリープモード設定部 6 2 は、O L T 1 0 1 と O N U 1 0 2 との間で同期した後の M P C P タイムスタンプを通信制御部 5 0 から受信する。この M P C P タイムスタンプが現在時刻 T 3 としてスリープモード設定部 6 2 に取得される。

【 0 1 2 4 】

ステップ S 6 において、スリープモード設定部 6 2 は、目標時刻 T 2 と現在時刻 T 3 との差分 T 4 を算出する（ $T 4 = T 3 - T 2$ ）。ステップ S 7 において、スリープモード設定部 6 2 は、差分 T 4 が判定値以上であるかどうかを判定する。差分 T 4 が判定値以上である場合（ステップ S 7 において Y E S ）、処理はステップ S 8 に進む。ステップ S 8 において、スリープモード設定部 6 2 は、次に開始されるスリープ期間 T b を、差分 T 4 を用いて補正する。ステップ S 8 の処理が終了すると、ステップ S 9 の処理が実行される。差分 T 4 が判定値未満である場合（ステップ S 7 において N O ）、処理はステップ S 7 からステップ S 9 へと進む。

20

【 0 1 2 5 】

ステップ S 9 において、スリープモード設定部 6 2 はスリープモードが終了したかどうかを判定する。たとえばスリープモードの期間が O L T 1 0 1 によって予め指定された期間に達した場合に、スリープモード設定部 6 2 は、スリープモードが終了したと判定する。また、O N U 1 0 2 に接続される端末が上りデータを発生させた場合、あるいは、O L T 1 0 1 から O N U 1 0 2 に起床指示が送られた場合に、スリープモード設定部 6 2 は、スリープモードが終了したと判定する。これらの場合（ステップ S 9 において Y E S ）、全体の処理は終了する。

30

【 0 1 2 6 】

一方、スリープモードがまだ終了していない場合（ステップ S 9 において N O ）、処理はステップ S 3 に戻り、ステップ S 3 ~ S 9 の処理が繰り返される。スリープ期間 T b が補正されている場合には、ステップ S 4 において、タイマ 6 1 は補正された期間 T を計測する。

【 0 1 2 7 】

また、この実施の形態では、M P C P タイムスタンプの粒度は 16 ns である。これに対して、タイマ 6 1 の計測の分解能は 1 ms である。したがって、差分 T 4 を M P C P タイムスタンプの粒度のレベルで評価しなくてもよい。

40

【 0 1 2 8 】

図 1 1 は、M P C P タイムスタンプとタイマのカウント値の比較の別の例を示した図である。図 1 1 を参照して、M P C P タイムスタンプの値は、n ビット（たとえば 3 2 ビット）のフィールドのうち、下位の m ビットに対して丸め処理が実行される。たとえば、タイマ 6 1 の計測の分解能を単位とした丸め処理が M P C P タイムスタンプに施されることにより、目標時刻と対比されるタイムスタンプを生成することができる。丸め処理は、図 1 0 に示されたステップ S 2 , S 5 , S 6 において実行可能である。

50

【 0 1 2 9 】

以上のように実施の形態 1 によれば、スリープ期間 T_b を開始する前（起床期間 T_a の間）にタイマ 6 1 によって計測された目標時刻とその計測された目標時刻における ONU 1 0 2 のタイムスタンプ（OLT 1 0 1 と ONU 1 0 2 との間で同期した後の MPCP タイムスタンプ）との間の差分が判定値以上である場合に、スリープモード設定部 6 2 は、その開始する期間 T_b を差分を用いて補正する。これによって ONU 1 0 2 のスリープモード中において、期間 T_a 、 T_b の認識のずれ（特に期間 T_a の認識のずれ）を OLT 1 0 1 と ONU 1 0 2 との間で小さくすることができる。

【 0 1 3 0 】

さらに実施の形態 1 によれば、判定値は、タイマの計測の分解能に等しい値である。これによって、期間 T_a 、 T_b の認識のずれの程度をタイマの計測の分解能以下に抑えることができる。

10

【 0 1 3 1 】

さらに実施の形態 1 によれば、丸め処理を行なった後の MPCP タイムスタンプとタイマ 6 1 のカウント値とが比較される。これにより、目標時刻に対する MPCP タイムスタンプの差分を演算する処理を簡単にすることができる。したがって、タイマ 6 1 にはファームウェアの制御に一般的に使用されるタイマを用いることができる。これにより、ONU の構成を複雑化しなくてもよい。

【 0 1 3 2 】

[実施の形態 2]

実施の形態 2 に係る時刻の同期方法は、実施の形態 1 に係る同期方法と同様である。実施の形態 2 では、スリープ期間 T_b の補正に伴って、通信部（送信部 4 4 および受信部 4 5）の起動時刻が補正される。

20

【 0 1 3 3 】

起床期間 T_a の開始時点から ONU 1 0 2 の通信部（送信部 4 4 および受信部 4 5）が OLT 1 0 1 と通信可能であるためには、期間 T_a より前に ONU 1 0 2 の通信部を起動する必要がある。なぜなら、ONU 1 0 2 の通信部を起動させるためには、ある程度の期間を要するためである。この期間は、送信部 4 4 および受信部 4 5 を構成するハードウェアに依存する。たとえば実験によって、ONU 1 0 2 の通信部を起動するための期間を予め見積もることができる。

30

【 0 1 3 4 】

図 1 2 は、実施の形態 2 に係る ONU の通信部の起動時刻の補正を説明するための模式図である。図 1 2 を参照して、期間 T_b が補正される前の期間 T_a 、 T_b と、期間 T_b が補正された後の期間 T_a 、 T_b とが対比して示される。期間 T_c は、通信部を起動するための期間として、期間 T_a の開始直前に割り当てられる。 $T_d = T_b$ （補正前） - T_c である。したがって期間 T_b の開始時刻から期間 T_d が経過したときの時刻が通信部の起動時刻（補正前）となる。

【 0 1 3 5 】

実施の形態 1 と同様に、スリープ期間 T_b が補正されたとする。この例では、補正によってスリープ期間 T_b が元の期間よりも短くなる。スリープ期間 T_b が短くなることにより、期間 T_a の開始時刻が補正前の開始時刻よりも早くなる。起動期間 T_c の長さは変化しない。

40

【 0 1 3 6 】

ここでスリープ期間 T_b は補正されるものの、起動時刻が補正されなかった場合を想定する。起動期間 T_c の長さは変化しないので、起動期間 T_c が終了するよりも先に起床期間 T_a が開始される。この場合、起床期間 T_a の開始から起動期間 T_c の終了までの間の期間には、通信部が起動途中であるために OLT 1 0 1 と ONU 1 0 2 との間の通信ができない可能性がある。このため、たとえば起床期間 T_a が実質的に短くなるといった問題、あるいは、OLT 1 0 1 から ONU 1 0 2 に送られた情報を ONU 1 0 2 が受信できないといった問題が起こりうる。

50

【 0 1 3 7 】

実施の形態 2 では、スリープ期間 T_b の補正に応じて通信部の起動時刻が補正される。 $T'd = T_b$ (補正後) - T_c である。期間 $T'd$ は期間 T_d よりも短い。通信部の起動は、元の起動時刻に対してスリープ期間 T_b の補正量に等しい時間だけ早い時刻に開始される。したがって、スリープ期間 T_b の補正前と同様に、起床期間 T_a の開始時点から $OLT101$ と $ONU102$ との間の通信が可能となる。

【 0 1 3 8 】

図 13 は、実施の形態 2 に係る ONU の処理を説明するためのフローチャートである。図 10 および図 13 を参照して、実施の形態 2 に係る ONU の処理は、ステップ $S10$ の処理がステップ $S8$ の後に追加される点において実施の形態 1 に係る ONU の処理と異なる。ステップ $S10$ において、スリープモード設定部 62 は、通信部 (送信部 44 および受信部 45) の起動時刻を補正する。ステップ $S10$ の後、処理はステップ $S9$ に進む。ステップ $S10$ 以外の各ステップの処理については図 10 に示された対応するステップの処理と同様であるので以後の説明は繰り返さない。

10

【 0 1 3 9 】

以上のように実施の形態 2 によれば、 ONU の通信部は期間 T_a の開始よりも前に起動される。 ONU の通信部の起動時刻は、期間 T_b の補正に応じて決定される。これにより、期間 T_a の開始時点から $OLT101$ と $ONU102$ との間での通信を実現できる。

【 0 1 4 0 】

なお、期間 T_a , T_b の長さは特に限定されるものではない。期間 T_a が短いほど、 $OLT101$ が管理する起床期間 T_a と $ONU102$ により発生される起床期間 T_a とがずれやすくなるため、図 7 により説明される問題が生じやすくなる。一方、期間 T_a が長くなるほど $ONU102$ の省電力の効果が弱くなる。

20

【 0 1 4 1 】

これらの観点から期間 T_a の長さを適切に定めることができる。たとえば期間 T_a の最小値は、 $MPCP$ フレームの転送の周期 (上述の例では 500μ 秒) に設定される。これにより、期間 T_a の間に少なくとも 1 度は $OLT101$ と $ONU102$ との間で $MPCP$ タイムスタンプを同期させることができる。たとえば期間 T_a は、数百 m 秒 (一例では $500 m$ 秒) に設定される。たとえば期間 T_a の最大値は、スリープ期間 T_b の長さ以下に設定される。期間 T_a が期間 T_b より長いと、通信部が省電力状態である期間よりも通信部が動作可能な状態である期間が長くなるので、省電力の効果が弱くなる。したがって、期間 T_a の長さは期間 T_b の長さ以下であることが好ましい。

30

【 0 1 4 2 】

期間 T_b が短い場合にも、 $ONU102$ の省電力の効果が弱くなる。図 12 に示したように、期間 T_b は、 $ONU102$ の通信部の起動期間 T_c を含む。したがって期間 T_b の最小値は、起動期間 T_c として予め定義された期間に設定される。

【 0 1 4 3 】

$OLT101$ は、期間 T_b の間にも $ONU102$ に $MPCP$ フレームを送信する。 $OLT101$ が $MPCP$ フレームを $ONU102$ に送信してから所定の期間が経過するまでに $ONU102$ から $OLT101$ に $MPCP$ フレームが送信されない場合には、 $OLT101$ は $MPCP$ タイムアウトを検出する。したがって、好ましくは、期間 T_b の最大値は、 $MPCP$ タイムアウト期間以下である。一例では、 $MPCP$ タイムアウト期間は 1 秒に設定される。この場合には、期間 T_b の最大値は、1 秒より小さい値である。上記の観点から期間 T_b は、たとえば数百 m 秒 (一例では $500 m$ 秒) に設定される。

40

【 0 1 4 4 】

さらに、上記の各実施の形態では、起床期間 T_a およびスリープ期間 T_b の長さが予め設定されており、その設定された期間の長さに従って目標時刻が設定されるものとした。ただし、目標時刻の設定方法は、これに限定されるものではない。

【 0 1 4 5 】

起床期間 T_a とスリープ期間 T_b とが稠密に並べられている場合、 $OLT101$ が、起

50

床期間 T a の開始時刻および終了時刻を ONU 1 0 2 に指定してもよい。起床期間 T a とスリープ期間 T b とが稠密に並べられていない場合には、OLT 1 0 1 がさらに、スリープ期間 T b の開始時刻および終了時刻を ONU 1 0 2 に指定する。この場合、ONU 1 0 2 は、目標時刻とスリープモードの開始時刻との差からタイマ 6 1 のカウント値を設定することができる。目標時刻は、起床期間 T a の間の任意の時刻でよい。このような方法を用いることで、起床期間 T a の長さ、および / またはスリープ期間 T b の長さを変化させることができる。その場合にも、ONU 1 0 2 により起床期間 T a の間に目標時刻と M P C P タイムスタンプとの間の差分を求めることで、次に開始されるスリープ期間 T b の長さを補正することが可能となる。

【 0 1 4 6 】

10

今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

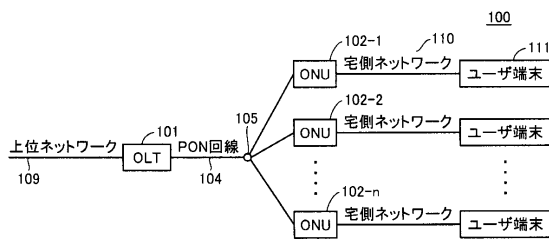
【符号の説明】

【 0 1 4 7 】

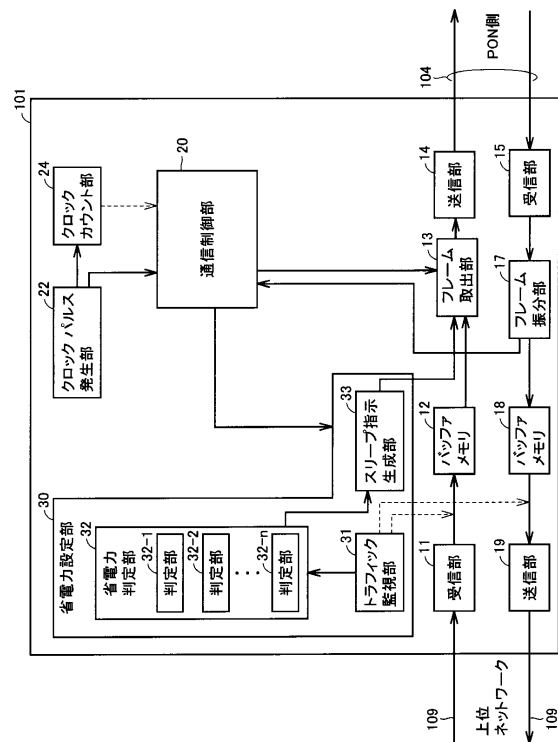
1 1 , 1 5 , 4 1 , 4 5 受信部、1 2 , 1 8 , 4 2 , 4 8 バッファメモリ、1 3 , 4 3 フレーム取出部、1 4 , 1 9 , 4 4 , 4 9 送信部、1 7 , 4 7 フレーム振分部、2 0 , 5 0 通信制御部、2 2 , 5 2 クロックパルス発生部、2 4 クロックカウンタ部、3 0 , 6 0 省電力設定部、3 1 トラフィック監視部、3 2 省電力判定部、3 2 - 1 ~ 3 2 - n 判定部、6 1 ファームウェア制御タイマ(タイマ)、6 2 スリープモード設定部、6 3 スリープ指示受信部、6 4 省電力フレーム生成部、1 0 0 P O N システム、1 0 1 O L T、1 0 2 , 1 0 2 - 1 ~ 1 0 2 - n O N U、1 0 4 P O N 回線、1 0 5 スプリッタ、1 0 9 上位ネットワーク、1 1 0 宅側ネットワーク、1 1 1 ユーザ端末。

20

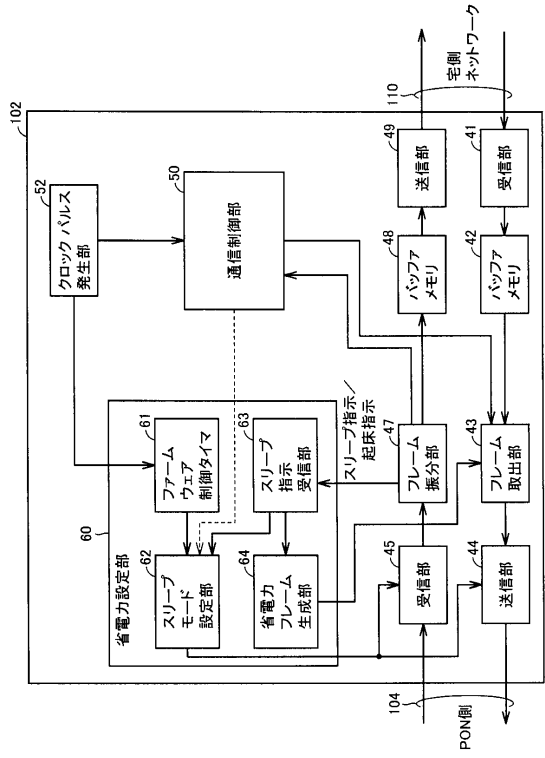
【 図 1 】



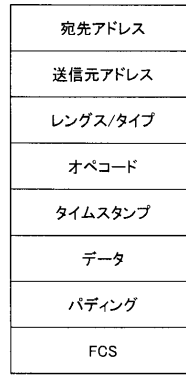
【 図 2 】



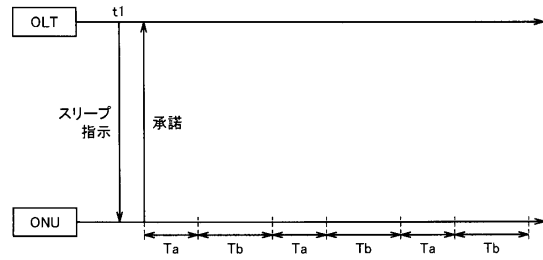
【図3】



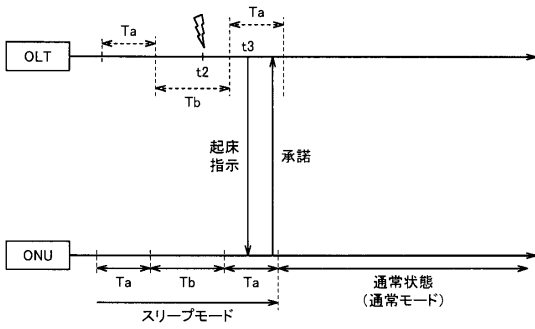
【図4】



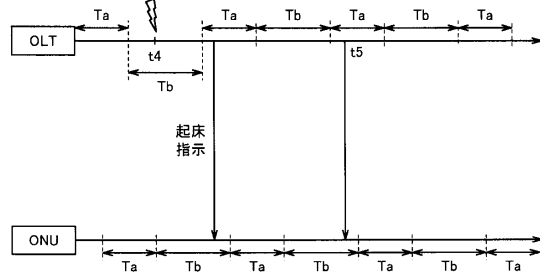
【図5】



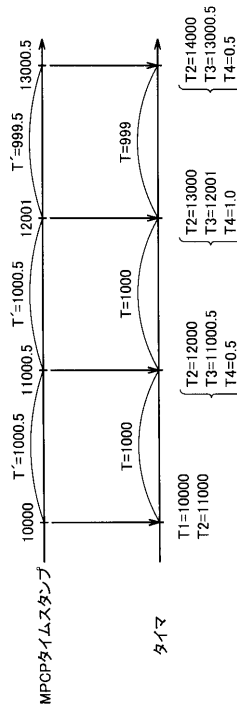
【図6】



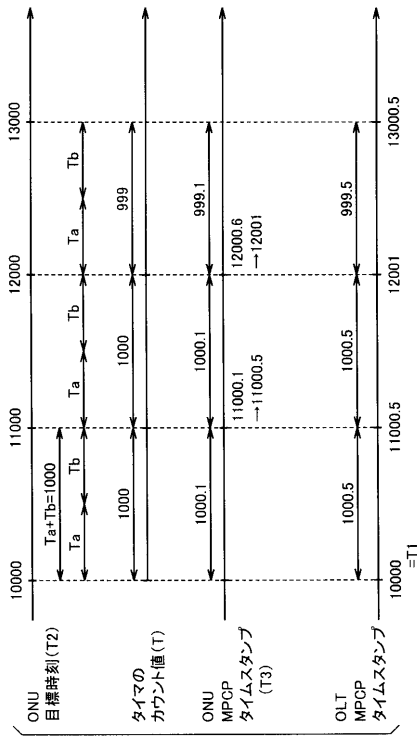
【図7】



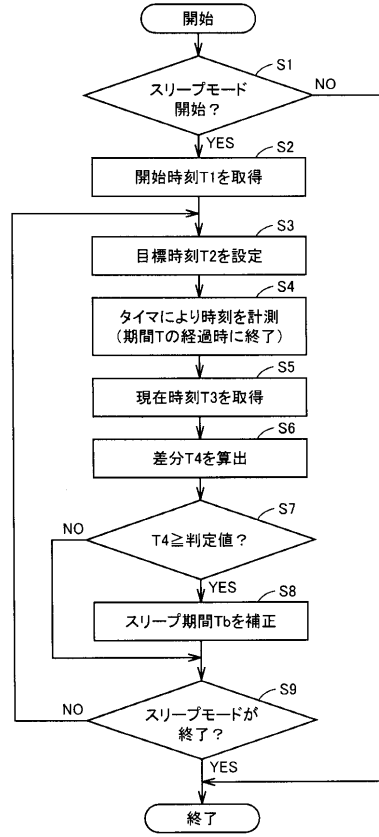
【図8】



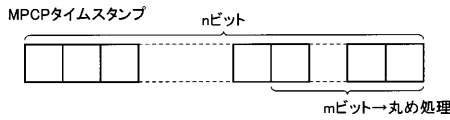
【図9】



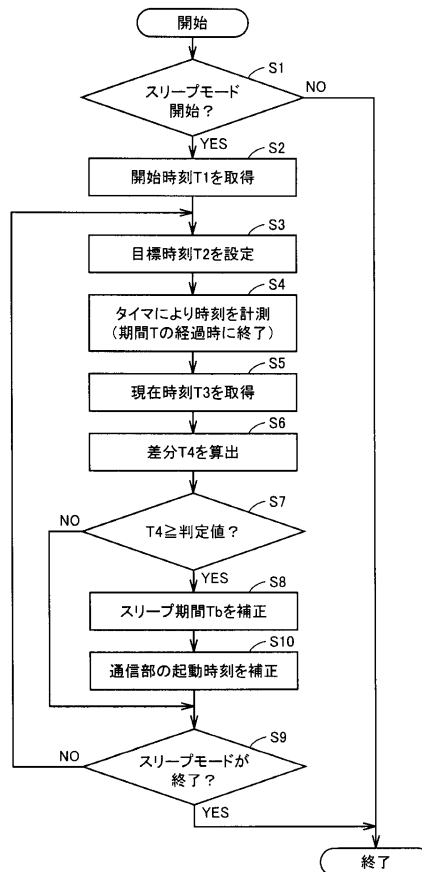
【図10】



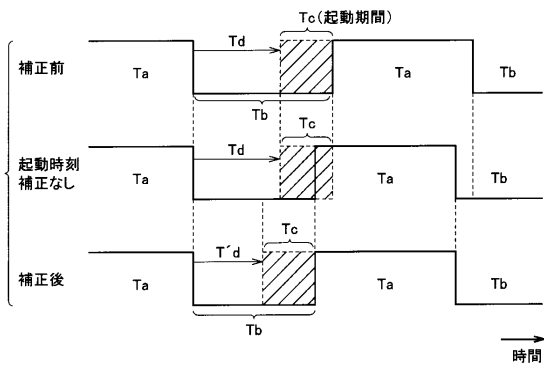
【図11】



【図13】



【図12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-009984(JP,A)
国際公開第2011/083564(WO,A1)
国際公開第2011/117917(WO,A1)
特開2001-256583(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
H04L 12/44