

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-195449

(P2017-195449A)

(43) 公開日 平成29年10月26日 (2017. 10. 26)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 H04L 12/44 (2006.01) H04L 12/44 200 5K033

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-83173 (P2016-83173)	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(22) 出願日	平成28年4月18日 (2016. 4. 18)	(74) 代理人	110001634 特許業務法人 志賀国際特許事務所
		(72) 発明者	堀 卓也 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	坂本 健 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	松本 卓郎 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

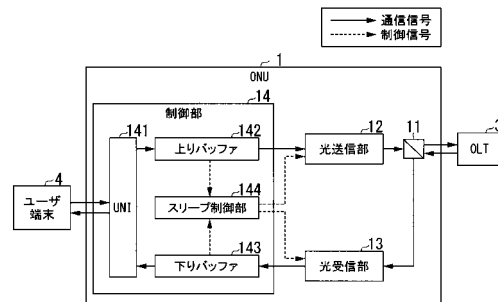
(54) 【発明の名称】 加入者側通信装置及びスリープ制御方法

(57) 【要約】

【課題】自律スリープ方式でスリープモードに移行するONUにおいて、スリープ期間中に生じた上りトラヒックの遅延をより低減することができる技術を提供すること。

【解決手段】実施形態の加入者側通信装置は、局側通信装置に対して上り維持信号を送信することでリンクを維持し、信号の送受信が可能なノーマルモードと省電力動作を実現する省電力モードとのいずれかの動作モードで動作し、省電力モードは上り維持信号を送信するアクティブモードと上り維持信号を送信しないスリープモードとからなり、省電力モードにおいてリンクが切断されない範囲でアクティブモード及びスリープモードを繰り返し実行するスリープ制御部と、省電力モードでの動作中に受信された上りデータをノーマルモードに移行するまで蓄積する上りバッファ部とを備え、スリープ制御部はスリープモードでの動作中に上りデータが受信された場合に自装置をノーマルモードに移行させる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

加入者側通信装置が局側通信装置に対して上り維持信号を送信することによって前記局側通信装置との間のリンクを維持する通信システムにおける前記加入者側通信装置であって、

前記加入者側通信装置は、信号の送受信が可能なノーマルモードと、一部機能の休止によって省電力動作を実現する省電力モードとのいずれかの動作モードで動作し、

前記省電力モードは、前記局側通信装置とのリンクを維持するための上り維持信号を送信するアクティブモードと、前記上り維持信号を送信しないスリープモードとからなり、

前記省電力モードにおいて、前記局側通信装置とのリンクが切断されない範囲で前記アクティブモード及び前記スリープモードを繰り返し実行するスリープ制御部と、

前記省電力モードでの動作中に受信された上りデータを、自装置が前記ノーマルモードに移行するまで蓄積する上りバッファ部と、

を備え、

前記スリープ制御部は、前記スリープモードでの動作中に上りデータが受信された場合に、自装置を前記ノーマルモードに移行させる、

加入者側通信装置。

【請求項 2】

前記通信システムは、一の局側通信装置に対して複数の加入者側通信装置を備えるポイント・トゥ・マルチポイント型の通信システムである、

請求項 1 に記載の加入者側通信装置。

【請求項 3】

前記通信システムが、前記上り維持信号と、前記局側通信装置から前記加入者側通信装置に送信される下り維持信号とによって、前記局側通信装置と前記加入者側通信装置との間のリンクを維持する場合、

前記スリープ制御部は、下り維持信号以外の信号が受信された場合に自装置を省電力モードからノーマルモードに移行させる、

請求項 1 又は 2 に記載の加入者側通信装置。

【請求項 4】

前記スリープモードは、少なくとも信号を送信する機能を有する送信部が休止された状態の動作モードである、

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の加入者側通信装置。

【請求項 5】

前記省電力モードにおいて、前記上り維持信号が送信される時間間隔の最大値は、前記局側通信装置がリンク断を判定する閾値時間よりも短い時間である、

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の加入者側通信装置。

【請求項 6】

前記スリープ制御部は、前記省電力モードでの動作中に前記局側通信装置に対してデータを送信する必要が生じた場合において、前記データが前記アクティブモードでの動作期間内に送信可能なデータである場合、前記アクティブモードでの動作期間内に前記データの送信を前記送信部に指示する、

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の加入者側通信装置。

【請求項 7】

前記スリープ制御部は、前記省電力モードでの動作中に優先度の低い上りデータが受信された場合、前記ノーマルモードへの移行を中止するか、又は前記上りデータについて遅延が許容される範囲内で前記ノーマルモードへの移行を遅らせる、

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の加入者側通信装置。

【請求項 8】

加入者側通信装置が局側通信装置に対して上り維持信号を送信することによって前記局側通信装置との間のリンクを維持する通信システムにおける前記加入者側通信装置が行う

10

20

30

40

50

スリープ制御方法であって、

前記加入者側通信装置が、信号の送受信が可能なノーマルモードと、一部機能の休止によって省電力動作を実現する省電力モードとのいずれかの動作モードで動作し、

前記省電力モードが、前記局側通信装置とのリンクを維持するための上り維持信号を送信するアクティブモードと、前記上り維持信号を送信しないスリープモードとからなる場合に、

前記省電力モードにおいて、前記局側通信装置とのリンクが切断されない範囲で前記アクティブモード及び前記スリープモードを繰り返し実行するスリープ制御ステップと、

前記省電力モードでの動作中に受信された上りデータを、自装置が前記ノーマルモードに移行するまで蓄積する上りバッファステップと、

を有し、

前記スリープ制御ステップにおいて、前記スリープモードでの動作中に上りデータが受信された場合に、自装置を前記ノーマルモードに移行させる、

スリープ制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信機器の消費電力を削減する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

光アクセスネットワークの代表的な構成として、スター型トポロジを有するPON (Passive Optical Network) がある。PONは光ファイバを用いた光信号の変調に基づくネットワークであり、従来のメタル配線を用いたネットワークよりも広帯域化を図ることができる。

【0003】

図5は、PONのシステム構成の概略を示す図である。PON99は、親局となるOLT10 (光加入者線終端盤: Optical line terminal) と、ユーザ通信端末30をPON99に収容する1以上のONU20 (加入者側通信装置: Optical network unit) とを備える。図5には、1以上のONU20の例としてONU20-1~20-n (nは1以上の整数) が、各ONU20によってPON99に収容されるユーザ通信端末の例としてユーザ通信端末30-1~30-nが示されている。OLT10及び各ONU20は光ファイバで接続され、光ファイバ線路途中に配置された光スプリッタ40によって光信号が分岐又は集約される。PON99は、光スプリッタ40による光信号の分岐又は集約のみによって多くのユーザ通信端末30を収容することができるため、経済性にも優れたネットワークである。

【0004】

現時点では、Ethernet (登録商標) PON (EPON) や Gigabit PON (GPON) 等の1ユーザ当たりの最大帯域が1Gb/sを越えるギガビットクラスのPONが商用化に至っているが、近年の通信トラフィック量の爆発的な増大に伴い、親局とユーザ通信端末との間を接続する光アクセスネットワークには更なる高速化が求められているのが現状である。しかしながら、例えば10Gb/sへの広帯域化を実現する10Gb/s EPON (10G-EPON) などの場合には、OLTやONUなどの光アクセス装置の消費電力も大幅に増加する。

【0005】

一方、昨今の環境問題に対する意識の高まりを受け、通信システムに対する省電力化の要求も日々厳しさを増している。特に光アクセスネットワークにおいては、全体の光通信ネットワークに対する消費電力の60%をONUが占めると言われている。よって、ONUの消費電力の削減は、広帯域化に応じて増大するONUの消費電力を低減するために非常に重要な課題となっている。

【0006】

10

20

30

40

50

光アクセスネットワークの省電力化を実現する方法として、OLTやONUがデータの送受信を行わない期間に他の機能ブロックを休止させることで、必要最低限の機能ブロックにのみ給電を行うスリープ機能がある。スリープ機能によって他の機能ブロックを休止させている状態は一般にスリープモードと呼ばれる。これに対して、OLTやONUがスリープモードにはなく通常の動作を行っている状態はノーマルモードと呼ばれる。

【0007】

このような省電力化の方法は、省電力効果はもちろんのこと、スリープ機能を実現するために必要なシステムのシンプル性（低コスト性）や、スリープモードとノーマルモードと間の遷移に起因する遅延時間などの指標に基づいて評価されるのが一般的である。当然ながら、省電力効果が高く、システムがシンプルであり、かつ遅延時間が短いスリープ機能が優れている。

10

【0008】

また、スリープ機能は、他の機能ブロックのスリープによってリンク断を生じるものであってはならない。OLTとONUとは、MPCP (MultiPoint Control Protocol) と呼ばれる制御プロトコルで定期的にGATE及びREPORTと呼ばれるメッセージをやり取りしている。GATEメッセージは、OLTがONUに対して送信を指示するメッセージであり、REPORTメッセージは、ONUがOLTに対して上りデータの送信を要求するメッセージである。MPCPでは、所定時間の間にREPORTがONUから送信されない場合、OLTが当該ONUのリンクを切断するリンク断メッセージ (DER: De register) を送信する。換言すれば、OLTとONUとの間でGATE及びREPORT

20

【0009】

上記のようなスリープ機能を実現する方式としては、OLT制御スリープ方式と、自律スリープ方式との2種類の方式に大別できる。OLT制御スリープ方式では、OLTとONUとの間で送受信されるメッセージに基づくネゴシエーションが行われる。このネゴシエーションの一つにスリープ遷移メッセージの送受信がある。スリープ遷移メッセージは、OLTがスリープモードに遷移して良いONUをスリープさせるために送信するメッセージである。このようなOLT制御スリープ方式に関する手続きは、SIEPON (Service Interoperability in Ethernet Passive Optical Network) として標準化されている (例えば非特許文献1参照)。

30

【0010】

このOLT制御スリープ方式では、OLTが各ONUのスリープ状態を最適に制御することが可能なため、ONUは送受信機能とともにスリープ状態とすることが可能であり、省電力効果は大きい。また遅延時間の最小化のための制御をOLTに実装することにより、遅延時間の短いスリープ機能を実現することができる。しかしながら、このような方式ではOLTに各ONUのスリープ状態を管理する機能 (ステートマシン) が必要となる。そのため、装置が複雑化し高価になってしまう可能性がある。これに対して自律スリープ方式では、スリープモードとノーマルモードとの間の状態遷移を、ONUがOLTの制御によらず自律的に制御する。この方式ではOLTに、各ONUのスリープ状態を管理する機能を必要としないため装置構成が複雑化することがない。そのため、スリープ機能をより低コストで実現することができる。自律スリープ方式では、ONUは、OLTとのリンクを維持しつつ、省電力効果を最大化し、かつ遅延時間を最小化するように自装置を制御する必要がある。例えば特許文献1には、リンク断を生じない自律スリープ方式を実現する技術が開示されている。

40

【0011】

図6は、自律スリープ方式を実現する従来技術の概略を示す図である。図6は、ONUが、リンク断を生じない所定のタイミング (t_1) から所定のスリープ期間 (t_k) だけ

50

光送信部（ONU Tx）の動作を休止させる例を示している。この場合ONUは、スリープモードへの遷移後に経過した時間を測定するタイマ機能を備えている。ONUは上りバッファに蓄積された全てのデータの送信を終えると、所定の閾値時間の経過後に光送信部への給電を休止させ、スリープモードに移行する。このとき、ONUは下りデータの光受信部（ONU Rx）への給電は停止せずに通常動作を継続させる。スリープモードに移行したONUは、仮にOLTからGATEメッセージが受信されたとしても、スリープ期間中である限りREPORTメッセージを含めた一切の信号を送信しない。このスリープ期間は、リンク断に陥らない範囲内で最長の値に最適化され、ONUはスリープモードへの移行及びスリープモードからの復帰を自律的に制御する。ONUがこのような制御を行うことによって、リンク断が生じ無い範囲内で最大の省電力効果を得ることのできる光アクセスネットワークを実現することができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特許第5392927号公報

【非特許文献】

【0013】

【非特許文献1】IEEE Std 1904.1, Service Interoperability of Ethernet Passive Optical Network

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかしながら、従来技術においては、ONUはスリープモードに遷移した後、決められた時間だけ必ずスリープモードで動作することになる。つまり、スリープモード中に上りトラヒックが生じた場合でも、定められたスリープ期間内においては送信されることはない。上りデータは上りバッファに蓄積され、スリープ期間が経過してノーマルモードに遷移した後にまとめて送信される。そのため、従来技術によるスリープモードの制御では、上りデータが受信されてから送信されるまでの遅延が大きくなってしまいう課題があった。特に、フレームの優先度に応じて送受信が制御されるようなシステムでは、スリープモードへの移行が、システムの許容範囲を超える遅延を生じる要因となる可能性がある。このように、従来技術では、スリープモード中に発生する上りトラヒックに対する遅延が十分に考慮されているとはいえない。

30

【0015】

上記事情に鑑み、本発明は、自律スリープ方式でスリープモードに移行するONUにおいて、スリープ期間中に生じた上りトラヒックの遅延をより低減することができる技術を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明の一態様は、加入者側通信装置が局側通信装置に対して上り維持信号を送信することによって前記局側通信装置との間のリンクを維持する通信システムにおける前記加入者側通信装置であって、前記加入者側通信装置は、信号の送受信が可能なノーマルモードと、一部機能の休止によって省電力動作を実現する省電力モードとのいずれかの動作モードで動作し、前記省電力モードは、前記局側通信装置とのリンクを維持するための上り維持信号を送信するアクティブモードと、前記上り維持信号を送信しないスリープモードとからなり、前記省電力モードにおいて、前記局側通信装置とのリンクが切断されない範囲で前記アクティブモード及び前記スリープモードを繰り返し実行するスリープ制御部と、前記省電力モードでの動作中に受信された上りデータを、自装置が前記ノーマルモードに移行するまで蓄積する上りバッファ部と、を備え、前記スリープ制御部は、前記スリープモードでの動作中に上りデータが受信された場合に、自装置を前記ノーマルモードに移行させる、加入者側通信装置である。

40

50

【 0 0 1 7 】

本発明の一態様は、上記の加入者側通信装置であって、前記通信システムは、一の局側通信装置に対して複数の加入者側通信装置を備えるポイント・トゥ・マルチポイント型の通信システムである。

【 0 0 1 8 】

本発明の一態様は、上記の加入者側通信装置であって、前記通信システムが、前記上り維持信号と、前記局側通信装置から前記加入者側通信装置に送信される下り維持信号とによって、前記局側通信装置と前記加入者側通信装置との間のリンクを維持する場合、前記スリープ制御部は、下り維持信号以外の信号が受信された場合に自装置を省電力モードからノーマルモードに移行させる。

【 0 0 1 9 】

本発明の一態様は、上記の加入者側通信装置であって、前記スリープモードは、少なくとも信号を送信する機能を有する送信部が休止された状態の動作モードである。

【 0 0 2 0 】

本発明の一態様は、上記の加入者側通信装置であって、前記省電力モードにおいて、前記上り維持信号が送信される時間間隔の最大値は、前記局側通信装置がリンク断を判定する閾値時間よりも短い時間である。

【 0 0 2 1 】

本発明の一態様は、上記の加入者側通信装置であって、前記スリープ制御部は、前記省電力モードでの動作中に前記局側通信装置に対してデータを送信する必要が生じた場合において、前記データが前記アクティブモードでの動作期間内に送信可能なデータである場合、前記アクティブモードでの動作期間内に前記データの送信を前記送信部に指示する。

【 0 0 2 2 】

本発明の一態様は、上記の加入者側通信装置であって、前記スリープ制御部は、前記省電力モードでの動作中に優先度の低い上りデータが受信された場合、前記ノーマルモードへの移行を中止するか、又は前記上りデータについて遅延が許容される範囲内で前記ノーマルモードへの移行を遅らせる。

【 0 0 2 3 】

本発明の一態様は、加入者側通信装置が局側通信装置に対して上り維持信号を送信することによって前記局側通信装置との間のリンクを維持する通信システムにおける前記加入者側通信装置が行うスリープ制御方法であって、前記加入者側通信装置が、信号の送受信が可能なノーマルモードと、一部機能の休止によって省電力動作を実現する省電力モードとのいずれかの動作モードで動作し、前記省電力モードが、前記局側通信装置とのリンクを維持するための上り維持信号を送信するアクティブモードと、前記上り維持信号を送信しないスリープモードとからなる場合に、前記省電力モードにおいて、前記局側通信装置とのリンクが切断されない範囲で前記アクティブモード及び前記スリープモードを繰り返し実行するスリープ制御ステップと、前記省電力モードでの動作中に受信された上りデータを、自装置が前記ノーマルモードに移行するまで蓄積する上りバッファステップと、を有し、前記スリープ制御ステップにおいて、前記スリープモードでの動作中に上りデータが受信された場合に、自装置を前記ノーマルモードに移行させる、スリープ制御方法である。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 4 】

本発明により、自律スリープ方式でスリープモードに移行するONUにおいて、スリープ期間中に生じた上りトラヒックの遅延をより低減することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 5 】

【 図 1 】 実施形態におけるPON100のシステム構成の概略を示す図である。

【 図 2 】 実施形態のONU1の機能構成の具体例を示すブロック図である。

【 図 3 】 各動作モード間の遷移の具体例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図4】実施形態のONU1における自律スリープ方式のスリープ制御の動作例を示す図である。

【図5】PONのシステム構成の概略を示す図である。

【図6】自律スリープ方式を実現する従来技術の概略を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

<実施形態>

図1は、実施形態におけるPON100のシステム構成の概略を示す図である。PON100は、ONU1-1~1-n(nは1以上の整数)と、光スプリッタ2と、OLT3とを備える。ONU1-k(1 ≤ k ≤ n)は、ユーザ通信端末4-kをPON100に収容する加入者側の光回線終端装置である。以下、特に区別する必要が無い場合には、ONU1-1~1-nをONU1と記載し、ユーザ通信端末4-1~4-nをユーザ通信端末4と記載する。

10

【0027】

光スプリッタ2は、各ONU1とOLT3との間で光信号の分配及び集約を行う分配器である。光スプリッタ2は、OLT3から送信される下り通信方向の光信号を各ONU1に分配し、各ONU1から送信される上り通信方向の光信号を集約してOLT3に送信する。

【0028】

OLT3は、PON100における収容局側の光回線終端装置である。OLT3は、各ONU1の上り通信を上位側のネットワークに中継し、上位側のネットワークから受信される下り通信を各ONU1に中継する。

20

【0029】

PON100では、OLT3が各ONU1から送信される維持信号(以下、「上り維持信号」という。)を継続して受信することにより、各ONU1とOLT3との間のリンクが維持される。

【0030】

図2は、実施形態のONU1の機能構成の具体例を示すブロック図である。ONU1は、バスで接続されたCPU(Central Processing Unit)やメモリや補助記憶装置などを備え、ONUプログラムを実行する。ONU1は、ONUプログラムの実行によって光信号入出力部11、光送信部12、光受信部13及び制御部14を備える装置として機能する。なお、ONU1の各機能の全て又は一部は、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)やPLD(Programmable Logic Device)やFPGA(Field Programmable Gate Array)等のハードウェアを用いて実現されてもよい。ONUプログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、例えばフレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置である。ONUプログラムは、電気通信回線を介して送信されてもよい。

30

【0031】

光信号入出力部11は、自装置とOLT3との間で光信号の入出力を行う。光信号入出力部11は、光送信部12から出力された送信用のデジタルデータを光信号に変換して光ファイバに出力するとともに、OLT3から受信された光信号をデジタルデータに変換して光受信部13に出力する。

40

【0032】

光送信部12は、上りバッファ部142から送信データを取得して光信号入出力部11に出力する。光受信部13は、光信号入出力部11から出力された受信データを下りバッファ部143に出力する。

【0033】

制御部14は、データの送受信を制御する機能部である。制御部14は、UNI141、上りバッファ部142、下りバッファ部143及びスリープ制御部144を備える。U

50

NI141は、自装置とユーザ通信端末4とを接続する通信インタフェースである。上りバッファ部142及び下りバッファ部143は、磁気ハードディスク装置や半導体記憶装置などの記憶装置を用いて構成される。上りバッファ部142は、UNI141によって受信される上り通信方向の受信データ(以下、「上りデータ」という。)を蓄積する。下りバッファ部143は、光受信部13から出力される下り通信方向の送信データ(以下、「下りデータ」という。)を蓄積する。

【0034】

スリープ制御部144は、自装置における自律スリープ方式の省電力動作を実現する機能部である。スリープ制御方式144は、自装置の動作モードをノーマルモード又は省電力モードのいずれかに制御する。ノーマルモードは光信号の送受信が可能な動作モードである。省電力モードは一部の機能部の動作が休止された状態にある動作モードである。スリープ制御部144は、自装置を間欠的に省電力モードで動作させることによって自装置の消費電力を削減する。

10

【0035】

さらに、省電力モードにはアクティブモードとスリープモードとがあり、スリープ制御部144は省電力モードにある自装置をアクティブモード又はスリープモードのいずれかに制御する。アクティブモードは、OLT3とのリンクを維持するための上り維持信号を送信可能な省電力モードである。スリープモードは、少なくとも光信号の送信機能が休止される省電力モードである。スリープモードでは、上りデータの受信及び蓄積が可能であれば、光信号の送信以外の機能が休止されてもよい。例えば、本実施形態のONU1では、上りバッファ部142はスリープモードにおいても休止されず、かつ上りバッファ部142単体で上りデータが受信されたか否かを検出する機能(以下、「上り受信検出機能」という。)を有する。

20

【0036】

図3は、各動作モード間の遷移の具体例を示す図である。図3の例は、ノーマルモード及びアクティブモードで動作中のONU1はスリープモードに移行し、スリープモードで動作中のONU1がノーマルモード又はアクティブモードに移行することを表している。各動作モードへの移行は、動作モードごとに予め設定されている所定の閾値時間(以下、「設定時間」という。)の経過、又は所定のイベントの発生に応じて行われる。図3において、 T_{normal} はノーマルモードの設定時間を表している。 T_{active} はアクティブモードの設定時間を表し、 T_{sleep} はスリープモードの設定時間を表している。なお、各ONU1に対する設定時間の設定は、どのような方法で行われてもよい。例えば、各ONU1の設定時間は、OAM(Operation, Administration, and Maintenance)機能等を有する収容局側の通信装置から設定されてもよい。また、例えばONU1は、設定時間を示す情報が記録媒体から情報を読み出すことにより、自装置に設定時間を設定する構成を備えてもよい。また、例えばONU1は、設定時間の設定操作の入力をネットワークやキーボード等の入力装置を介して受け付ける機能を備えてもよい。

30

【0037】

例えば、ONU1がノーマルモードにある状態を仮定する。この場合ONU1は、ノーマルモードでの動作時間が設定時間 T_{normal} に達するとスリープモードに移行する(ステップS101)。スリープモードに移行したONU1は、スリープモードでの動作時間が設定時間 T_{sleep} に達するとアクティブモードに移行する(ステップS102)。一方で、スリープモードで動作中のONU1は、上りデータの受信が検出されたことを契機にノーマルモードに移行する(ステップS103)。このタイミングでノーマルモードに移行することにより、ONU1は上りデータを迅速にOLT3に送信することができる。なお、省電力モードからノーマルモードへの移行は、アクティブモードでの動作中に行われてもよい。この場合、アクティブモードでは、維持信号を送信する機能に加え、上り受信検出機能が動作可能である必要がある。

40

【0038】

また、アクティブモードに移行したONU1は、アクティブモードでの動作時間が設定

50

時間 T_{active} に達すると、上り維持信号を OLT3 に送信してスリープモードに移行する（ステップ S104）。 T_{sleep} 及び T_{active} は、ONU1 と OLT3 との間のリンクが切断されない範囲でスリープモードをより長くとることができるように設定されるため、上りデータが受信されない状況においてスリープモードとアクティブモードとの間で動作モードを遷移させることにより、ONU1 と OLT3 との間のリンクが切断されない範囲で省電力効果を最大化することができる。

【0039】

なお、上記のスリープ制御によって動作が休止される代表的な機能部としては光送信部 12 が挙げられるが、上記の動作モードの遷移が可能な範囲であれば光送信部 12 以外の機能部もスリープ制御の対象とされてよい。また、スリープモードは、休止の対象となる機能部に依りて複数設けられても良い。例えば、光送信部 12 のみ休止させる第 1 のスリープモード、第 1 のスリープモードにおける休止対象に加えて制御部 14 の上り通信機能も一部休止させる第 2 のスリープモード、第 2 のスリープモードにおける休止対象に加えて光受信部 13 を休止させる第 3 のスリープモード、第 3 のスリープモードにおける休止対象に加えて制御部 14 の下り通信機能も一部休止させる第 4 のスリープモードなどのスリープモードが設けられても良い。この場合、それぞれのスリープモードに応じた設定時間がスリープモードごとに設定されてもよい。

10

【0040】

一般に、複数のスリープモードを設け、より多くの機能を休止対象としてスリープ制御を行うほど得られる省電力効果は大きくなる。その一方で、大きな省電力効果を得ようとするほど、復帰タイミングが遅れたり、制御信号（例えば維持信号）の送受信が中断されたりすることによる遅延の長大化やリンク断などが発生しやすくなる。また、休止対象の機能部を過度に多くすることによって、送信データの受信ロスが発生する可能性も高まる。本実施形態の ONU1 のように、省電力モードを複数の動作モードに分類し、各動作モードの遷移条件をシステムの用途や特性に応じて適切に設定することによって、省電力効果を最大化しつつ、低遅延かつリンク断に陥ることのないスリープ機能を実現することができる。

20

【0041】

例えば、各動作モードの遷移条件の設定方法として、上りデータが継続して受信されない状況では、その経過時間に応じてスリープ効果を大きくする方法が考えられる。また、他の設定方法として、フレームの優先度を統計的に分析し、低優先度のフレームの受信頻度が高い場合にはスリープ効果を大きくし、高優先度のフレームの受信頻度が高い場合にはスリープ効果を小さくする方法も考えられる。

30

【0042】

図 4 は、実施形態の ONU1 における自律スリープ方式のスリープ制御の動作例を示す図である。ONU1 のスリープ制御部 144 は、ノーマルモードでの動作時において、上りデータが受信されない状態（以下、「非受信状態」という。）が設定時間 T_{normal} の間継続した場合に自装置を省電力モード（具体的にはアクティブモード）に移行させる（ステップ S201）。このとき、ONU1 が非受信状態であるか否かは上りバッファ部 142 によって判定される。上りバッファ部 142 は、非受信状態にある ONU1 において上りデータが受信されたことを検出すると、データ受信の検出をスリープ制御部 144 に通知する。スリープ制御部 144 は、上りバッファ部 142 の通知の有無に応じて、自装置を省電力モードに移行させるか否かを決定する。

40

【0043】

なお、 T_{normal} が短いほど省電力モードに移行するまでの時間が短くなり省電力効果は大きくなる。一方で、 T_{normal} が短すぎると頻りに省電力モードとノーマルモードとの間の遷移が繰り返されることとなり、遅延時間のばらつきが増大し、通信品質が劣化する要因となる。そのため、一般に T_{normal} は、例えば数 100 ミリ秒以上から 1 秒の間で設定される。

【0044】

50

また、アクティブモードでの動作時において、アクティブモードでの動作時間が設定時間 T_{active} に達した場合、スリープ制御部 144 は上り維持信号を OLT3 に送信して自装置をスリープモードに移行させる（ステップ S202）。このタイミングで上り維持信号が送信されることにより、省電力モードでの動作中において ONU1 と OLT3 との間のリンクが維持される。

【0045】

また、スリープモードでの動作時において、非受信状態が設定時間 T_{sleep} の間継続した場合、スリープ制御部 144 は自装置をアクティブモードに移行させる（ステップ S203）。一方、非受信状態が設定時間 T_{sleep} の間継続しなかった場合、スリープ制御部 144 は自装置をノーマルモードに移行させる（ステップ S204）。

10

【0046】

なお、省電力モードでの動作中に受信された上りデータは、上りバッファ部 142 に蓄積される。省電力モード（具体的にはスリープモード）からノーマルモードに移行した ONU1 は、再び通常動作を開始することにより、省電力モードでの動作中に蓄積された上りデータを OLT3 に送信する。例えば、ステップ S204 の契機となった上りデータ D が時刻 t_0 において ONU1 に受信されたとする（ステップ S211）。この場合、受信された上りデータ D が上りバッファ部 142 に保持される。上りバッファ部 142 は、上りデータ D が受信されたことを検出し、スリープ制御部 144 に通知する。スリープ制御部 144 は、上りバッファ部 142 の通知に応じて自装置のノーマルモードへの移行を開始する。ノーマルモードへの移行が時刻 t_1 において完了すると、ONU1 は通常動作を開始する。通常動作を開始した ONU1 は、上りバッファ部 142 に保持された上りデータ D を時刻 t_1 において OLT3 に送信する（ステップ S212）。設定時間 T_{sleep} は、ONU1 と OLT3 との間のリンクが切断されない範囲に設定されているため、ONU1 は、スリープモードでの動作中に蓄積された上りデータを、ノーマルモードへの移行後に即座に OLT3 に送信することができる。

20

【0047】

なお、省電力モードをアクティブモード又はスリープモードのいずれの動作モードから開始するかは任意である。省電力モードをアクティブモードから開始する場合のメリットとしては、上り維持信号の送信直後にスリープモードに遷移するため、 T_{sleep} にある程度長い時間を設定したとしてもリンク断が生じる可能性が小さい点が挙げられる。一方で、省電力モードをアクティブモードから開始する場合には、ノーマルモードへの遷移の頻度が高い場合においては、ONU1 がアクティブモードで動作する時間がトータルとして短くなるため、省電力効果が抑制されてしまうというデメリットがある。

30

【0048】

他方、省電力モードをスリープモードから開始する場合のメリットとしては、ノーマルモードへの遷移の頻度が高い場合において、ONU1 がスリープモードで動作する時間がトータルとして長くなるため、省電力効果が高まる点が挙げられる。一方で、省電力モードをスリープモードから開始する場合には、 T_{sleep} に過度に長い時間が設定されると、ノーマルモードから省電力モードへの遷移に要する時間に揺らぎが生じ、アクティブモードへの遷移が遅れる可能性がある。その結果、上り維持信号の送信が遅れ、リンク断が生じる可能性が高まるというデメリットがある。

40

【0049】

このように構成された実施形態の ONU1 は、PON100 の用途や特性に応じて、設定時間や省電力モードの開始時の動作モードが適切に設定されることにより、省電力効果を維持しつつ、低遅延な自律スリープ機能を低コストで実現することができる。

【0050】

また、ONU1 は、省電力モードでの動作中における上りデータの受信に応じて省電力モードからノーマルモードに移行する。このような構成を備えることによって、ONU1 は、省電力効果を高めつつ、上りデータの遅延を低減することができる。例えば、ノーマルモードへの遷移後、最初の上りデータを送信するまでの時間は、例えば 5 ミリ秒以内と

50

することが望ましい。

【0051】

以下、実施形態のONU1の変形例について記載する。

【0052】

<第1の変形例>

PON100が、OLT3から送信される維持信号(以下、「下り維持信号」という。)をONU1が継続して受信することによってONU1とOLT3との間のリンクを維持する形態のPONである場合、スリープ制御部144は下りデータの受信に応じて自装置を省電力モードからノーマルモードに移行させるように構成されてもよい。この場合、下りバッファ部143は、下りデータに対する上り受信検出機能と同様の検出機能(以下、「下り受信検出機能」という。)を有する。この場合、スリープ制御部144は、省電力モードでの動作中において、下り維持信号以外の信号が受信された場合に、自装置をノーマルモードに移行させる。すなわち、この場合、ノーマルモードへの遷移の契機は、上りデータの受信及び下り維持信号を除く下りデータの受信となる。そのため、上りデータ及び下りデータの両方に対して遅延時間を低減することができる。よって、特に高い通信品質を要求するユーザに対しても低遅延なスリープ機能を実現できることになる。

10

【0053】

<第2の変形例>

ONU1は、省電力モードにおける上り維持信号の送信間隔の最大値が、OLT3においてリンク断が検出される閾値時間よりも短く設定されてもよい。省電力モードで動作中のONU1が、スリープモードから定期的にアクティブモードに移行して上り維持信号を送信することによって、ONU1とOLT3との間のリンク断を確実に回避することができる。その上で、上り維持信号の送信間隔の最大値を、リンク断が検出されない範囲での最大値とすることにより、リンク断を回避しつつ省電力効果を高めることができる。

20

【0054】

この場合、スリープモードからアクティブモードへの遷移条件である設定時間 T_{sleep} は、少なくとも上り維持信号の応答に必要な時間に設定される。例えば、設定時間 T_{sleep} は、スリープモードでの動作中のONU1が、MPCPによるREPORTメッセージの送信に要する時間に基づいて設定される。REPORTメッセージの送信に要する時間とは、ONU1がREPORTメッセージの送信処理を開始してから、REPORTメッセージがOLT3によって受信されるまでの時間である。このような方法では、設定時間 T_{sleep} は1秒以内に設定されるのが一般的である。

30

【0055】

なお、設定時間 T_{sleep} は、ONU1がPON100内でやり取りされるMPCPのメッセージに加え、上位ネットワークを含む範囲内でやり取りされる他のプロトコルのメッセージについても応答可能な時間間隔に設定されてもよい。他のプロトコルの一例としては、ARP(Address Resolution Protocol)やSIP(Session Initiation Protocol)、TCP(Transmission Control Protocol)、HTTP(Hypertext Transfer Protocol)などが挙げられる。各プロトコルにおいて要する応答時間はプロトコルに応じて異なる。

40

【0056】

このような複数のプロトコルについて応答可能な設定時間 T_{sleep} を設定する方法の一例として、各プロトコルに要する応答時間の最大値を設定する方法と、受信されたメッセージごとにプロトコルに応じた応答時間を設定する方法とが挙げられる。前者の方法は、実装が容易であり低コストでの実現が可能である一方で、設定時間 T_{active} を長く設定する必要があるため省電力効果が抑制される。また、後者の方法は、設定時間 T_{active} を長く設定する必要がないため高い省電力効果が得られる一方で、受信されたメッセージごとにプロトコルに応じた設定時間 T_{sleep} を使い分ける必要があるため装置の構成が複雑化し高コストとなる可能性がある。しかしながら、システムの用途や特性に応じてこれらの方法が適切に選択されることによって、様々なプロトコルに対する

50

応答を可能にするスリープ機能を実現することができる。その結果、リンク断やセッション断などを回避しつつ、省電力効果を最大化することができる。

【0057】

<第3の変形例>

ONU1は、メッセージ長の短い上りデータをアクティブモードでの動作中に送信するように構成されてもよい。この場合、スリープ制御部144は、省電力モードでの動作中に受信されたメッセージがアクティブモードとして動作する期間 T_{active} の間に送信を完了することができるか否かを判定する。スリープ制御部144は、自装置がアクティブモードに移行した後、 T_{active} の間に送信を完了できると判定された上りデータの送信を指示する。

10

【0058】

このように構成されたONU1では、省電力モードでの動作中に上りデータが受信された（又は発生した）場合であっても、メッセージ長によっては必ずしもノーマルモードに移行する必要がなくなる。そのため、ONU1がノーマルモードで動作する時間をトータルとして短くすることができ、より高い省電力効果を得ることができる。このようなメッセージ長の短い上りデータの一例として、OLT3がONU1に対して応答を要求するOAMメッセージが挙げられる。ONU1が上記のように構成されることにより、OAMメッセージに対する応答をノーマルモードに移行することなく送信することが可能となる。

【0059】

なお、ONU1が、ある上りデータについて、 T_{active} の間に送信を完了することができるか否かを判定する方法は、実際のフレーム長に基づく方法と、フレーム長の推定値に基づく方法とに分けられる。前者の方法では、まずスリープ制御部144は、フレームの所定箇所に埋め込まれたフレーム長 L の情報を取得する。この場合、フレーム長 L の上りデータの送信に必要な時間 T_L は次の式(1)によって表される。

20

【0060】

$$T_L = \quad \times L \quad \dots \text{式(1)}$$

【0061】

式(1)における \quad は、単位フレーム長あたりの送信に要する時間であり、ONU1の性能に応じて決定される。スリープ制御部144は、算出された T_L が T_{active} を越えない場合にその上りデータの送信が T_{active} の間に完了できると判定する。この方法は、フレーム内部に保持される正確なフレーム長の情報に基づくため、より正確に上りデータを送信できる一方で、フレームを解析する機能がスリープ制御部144に必要なため装置の構成が複雑化し高コストとなる可能性がある。

30

【0062】

また後者の方法では、スリープ制御部144は上りバッファの使用量に基づいてフレーム長を推定する。スリープ制御部144は、上りバッファ部142を監視し、上りデータの受信による上りバッファの使用量の増加量が所定の閾値を越えない場合に、受信された上りデータの送信を指示する。例えば、上りバッファの監視機能は、上述の上り受信検出機能によって実現することができる。この場合、上りバッファ部142は、上りバッファの使用量の増加量が所定の閾値を越えたことをスリープ制御部144に通知する。スリープ制御部144は、上りバッファ部142の通知によって上りバッファの使用量を監視する。なお、スリープ制御部144は、上りバッファの使用量の増加量が所定の閾値を越えた場合には自装置をノーマルモードに移行させることにより受信された上りデータをOLT3に送信する。この方法は、上りバッファの監視を、上り受信検出機能に含めることが容易であるため低コストでの実現が可能である一方で、推定されたフレーム長に基づくため、上りデータの送信の正確性が前者の方法に比べて劣る可能性がある。

40

【0063】

いずれにせよ、システムの用途や特性に応じてこれらの方法が適切に選択されることによって、省電力効果をより高めることが可能となる。

【0064】

50

< 第 4 の変形例 >

ONU 1 は、省電力モードからノーマルモードに移行するか否かを、受信された上りデータの優先度に応じて判定してもよい。具体的には、スリープ制御部 144 は、省電力モードでの動作中に上りデータが受信された場合、許容される遅延時間の範囲内でノーマルモードへの移行を遅らせるか又は中止してもよい。この場合、スリープ制御部 144 は、ノーマルモードへの移行を遅らせるか又は中止させるかの判定や、ノーマルモードへの移行をどれだけ遅らせるかの決定、自装置をノーマルモードで動作させる時間の決定などを、上り受信データの優先度に基づいて決定する。

【0065】

なお、この場合、上り受信データの優先度を識別する機能が必要となるが、この機能は、上述の上り受信検出機能によって実現することができる。また、上記制御の対象となる上りデータの優先度は、1つ（例えば最低の優先度のみ）であってもよいし、複数であってもよい。ONU 1 がこのように構成されることにより、省電力効果をより高めることが可能となる。

10

【0066】

以上説明した実施形態の自律スリープ方式の適用対象となるPONは、どのような形態のPONであってもよい。例えば、適用対象となるPONは、シングルスター型であってもよいし、ポイント・トゥ・マルチポイント型であってもよい。また、適用対象となるPONは、GE-PONや10G-EPONなどのイーサネット（登録商標）に特化したPONであってもよいし、GPONやXG-PONなどのITU（International Telecommunication Union）によって標準化されたPONであってもよい。また、適用対象となるPONは、TDM（Time Division Multiplexing）系のPONだけではなく、NG-PON2（Next Generation PON2）などのTWDMPON（Time and Wavelength Division Multiplexing PON）であってもよい。また、ONU 1 は、第1～第4の変形例で説明した構成を適宜組み合わせることによって構成されてもよい。

20

【0067】

上述した実施形態におけるONU 1 をコンピュータで実現するようにしてもよい。その場合、この機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって実現してもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含んでもよい。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよく、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであってもよく、FPGA（Field Programmable Gate Array）等のプログラマブルロジックデバイスを用いて実現されるものであってもよい。

30

40

【0068】

以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0069】

本発明は、加入者側通信装置と局側通信装置との間での維持信号の送受信によって、加入者側通信装置と局側通信装置との間のリンクを維持する通信システムに適用可能である

50

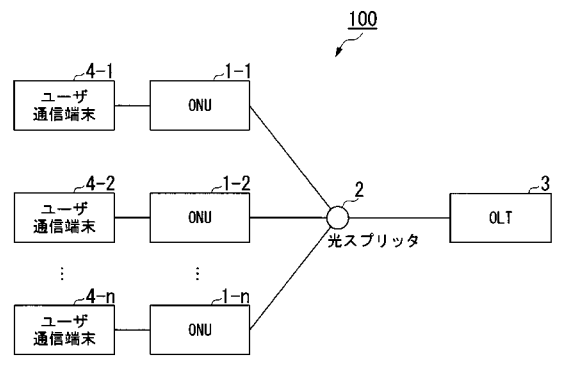
。

【符号の説明】

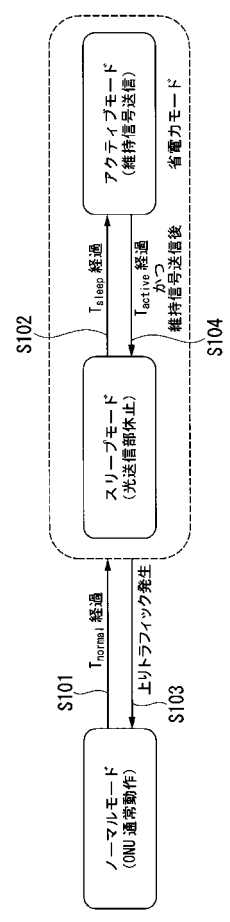
【0070】

100 ... PON (Passive Optical Network)、 1 ... ONU (Optical Network Unit)
 、 11 ... 光信号入出力部、 12 ... 光送信部、 13 ... 光受信部、 14 ... 制御部、
 142 ... 上りバッファ部、 143 ... 下りバッファ部、 144 ... スリープ制御部、 2
 ... 光スプリッタ、 3 ... OLT (Optical Line Terminal)、 4, 4-1 ~ 4-n ... ユーザ
 通信端末、 99 ... PON、 10 ... OLT、 20, 20-1 ~ 20-n ... ONU
 、 30, 30-1 ~ 30-n ... ユーザ通信端末、 40 ... 光スプリッタ

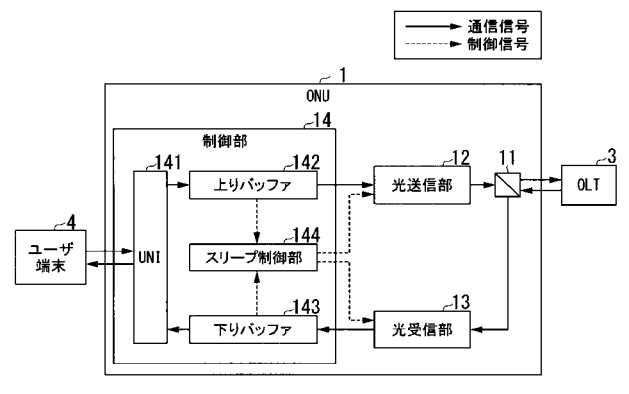
【図1】



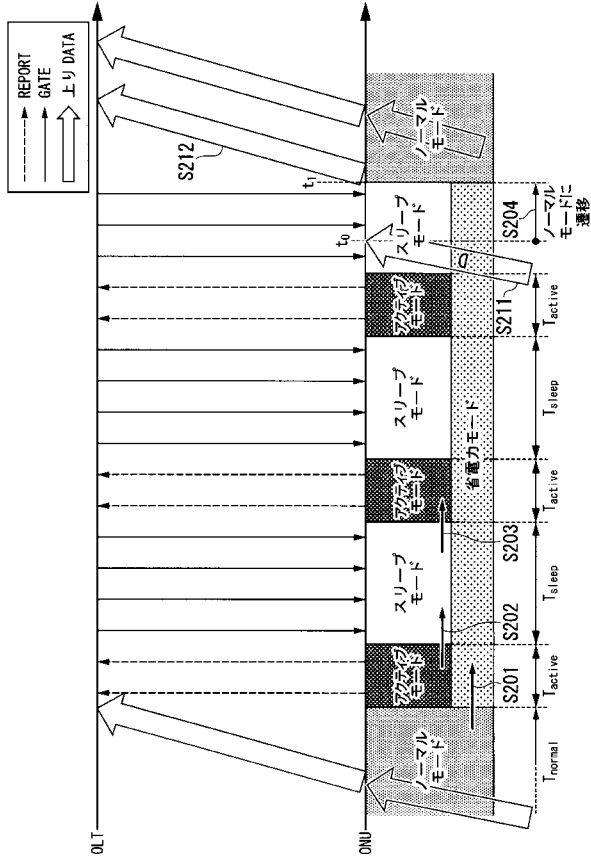
【図3】



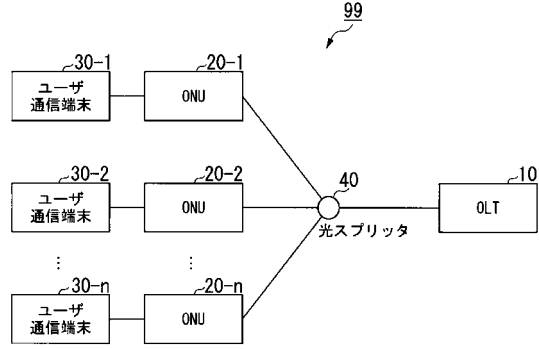
【図2】



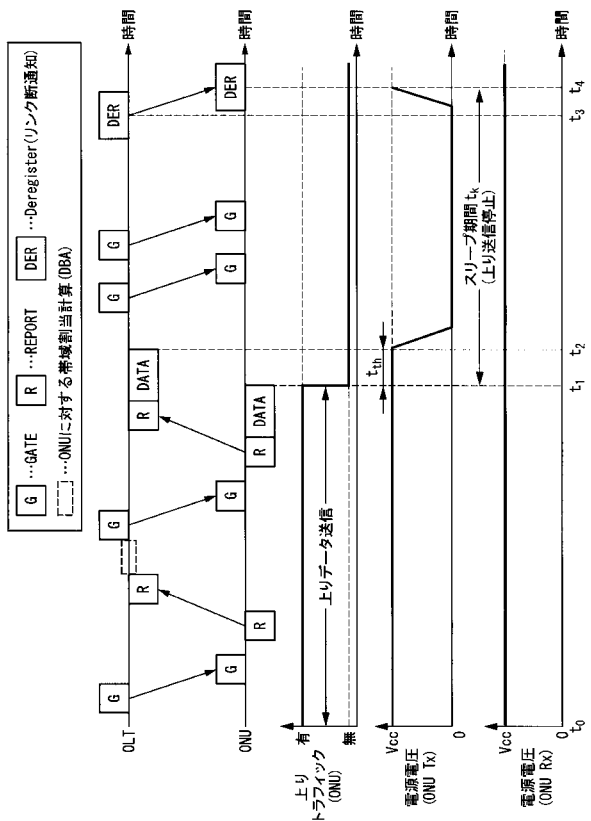
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 鳶津 聡志

東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5K033 DA01 DA15 DB13 DB20 DB25 EB04