

(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2007-295151

(P2007-295151A)

(43) 公開日 平成19年11月8日(2007.11.8)

(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 14 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2006-118796 (P2006-118796)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社
(22) 出願日	平成18年4月24日 (2006. 4. 24)	(74) 代理人	110000280 特許業務法人サンクレスト国際特許事務所
		(72) 発明者	山下 和寿 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
		Fターム(参考)	5K033 CB01 CB15 CC02 DA15 DB02 DB05 DB17 DB22 EA06 EA07

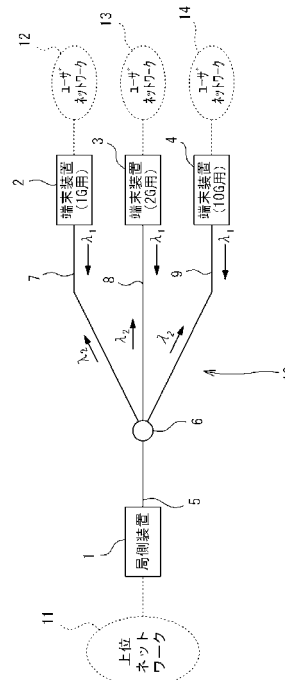
(54) 【発明の名称】 PONシステムとこれに使用する局側装置及び端末装置

(57) 【要約】

【課題】 局側装置と端末装置との間のクロック同期を前提としなくても、各端末装置からの上り信号を衝突させずに配置できるようにする。

【解決手段】 局側装置1と、この局側装置1に接続された光ファイバ5から光カプラ6を介して複数の光ファイバ7, 8, 9に分岐した構成を成す光ファイバ網10と、その分岐した各光ファイバ7, 8, 9の終端にそれぞれ接続された複数の端末装置2, 3, 4とを含み、局側装置1が、特定のゲートフレーム(GATE)に対応するレポートフレーム(REPORT)に含まれるタイムスタンプTSと自身のPONカウンタとの差から往復伝搬時間(RTT)を求め、この往復伝搬時間(RTT)を差し引いた送信開始時刻でその後のゲートフレーム(GATE)を各端末装置2, 3, 4へ配布するPONシステムにおいて、局側装置1に、前記タイムスタンプTSの変動を吸収できる余裕を見込んでその後のゲートフレーム(GATE)を配布させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

局側装置と、この局側装置に接続された光ファイバから光カプラを介して複数の光ファイバに分岐した構成を成す光ファイバ網と、その分岐した各光ファイバの終端にそれぞれ接続された複数の端末装置とを含み、前記局側装置が、受信したPON制御フレームに含まれるタイムスタンプと自身のPONカウンタとの差から前記PON制御フレームを送出した端末装置との間の往復伝搬時間を求め、当該端末装置からの上り信号を到着させる時刻からこの往復伝搬時間を差し引いた送信開始時刻でゲートフレームを当該端末装置へ配布するPONシステムにおいて、

前記局側装置が前記タイムスタンプの変動を吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んで前記各端末装置へゲートフレームを配布することを特徴とするPONシステム。

10

【請求項 2】

前記局側装置が前記各端末装置の送信開始時刻の変動を吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んで前記各端末装置へゲートフレームを配布する請求項 1 に記載のPONシステム。

【請求項 3】

前記局側装置が前記各端末装置の送信継続時間の変動を吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んで前記各端末装置へゲートフレームを配布する請求項 1 又は 2 に記載のPONシステム。

20

【請求項 4】

局側装置と、この局側装置に接続された光ファイバから光カプラを介して複数の光ファイバに分岐した構成を成す光ファイバ網と、その分岐した各光ファイバの終端にそれぞれ接続された複数の端末装置とを含み、前記局側装置が、特定のゲートフレームに対応するレポートフレームに含まれるタイムスタンプと自身のPONカウンタとの差から前記レポートフレームを送出した端末装置との間の往復伝搬時間を求め、当該端末装置からの上り信号を到着させる時刻からこの往復伝搬時間を差し引いた送信開始時刻でゲートフレームを当該端末装置へ配布するPONシステムにおいて、

前記局側装置が、送信開始時刻が前記特定のゲートフレームの到着時刻の直前に設定された前記レポートフレームに含まれるタイムスタンプにより前記往復伝搬時間を測定することを特徴とするPONシステム。

30

【請求項 5】

上り信号の帯域割当を目的とするゲートフレームとレポートフレームのやり取りにおいて、前記局側装置は、前記端末装置での送信待ち時間が所定の短時間か否かの更新条件を備えており、この更新条件を満たすレポートフレームを受信した場合だけ前記レンジング処理を行って往復伝搬時間を更新する請求項 4 に記載のPONシステム。

【請求項 6】

上り信号の帯域割当を目的とするゲートフレームとレポートフレームのやり取りにおいて、前記局側装置は、帯域割当量を計算した時点で直ちに前記ゲートフレームを送信するのではなく、その時点から送信開始時刻の近くに遅延させて前記ゲートフレームを送信する請求項 4 又は 5 に記載のPONシステム。

40

【請求項 7】

前記局側装置は、前記特定のゲートフレームに対応して返信される時間間隔が異なる二つ以上のレポートフレームのタイムスタンプを用いて測定した各往復伝搬時間の差から、前記局側装置と前記各端末装置とのクロックの周波数差を測定するクロック差測定処理を行い、

この周波数差によって発生し得る前記各端末装置の送信開始時刻の変動を吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んで前記各端末装置へゲートフレームを配布する請求項 4 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のPONシステム。

【請求項 8】

50

前記周波数差によって発生し得る前記各端末装置の送信継続時間の変動を吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んで前記各端末装置へゲートフレームを配布する請求項 7 に記載の P O N システム。

【請求項 9】

前記局側装置は、前記クロック差測定処理で得られた周波数差を前記端末装置に通知し、この通知を受けた前記端末装置が、当該周波数差が小さくなるように自身のクロックを調整する請求項 7 又は 8 に記載の P O N システム。

【請求項 10】

前記局側装置と前記通知を受けた前記端末装置は、前記通知と前記調整を前記周波数差が所定範囲内に収まるまで行い、その後、帯域割当通信を含む主信号通信を行う請求項 9

10

【請求項 11】

前記周波数差が所定範囲を逸脱したことを前記局側装置が観測した場合に、その逸脱した周波数差を当該端末装置に通知し、この通知を受けた前記端末装置が、前記逸脱した周波数差が小さくなるように自身のクロックを調整する請求項 9 又は 10 に記載の P O N システム。

【請求項 12】

複数の端末装置と光ファイバを介して P 2 M P 形態で接続され、受信した P O N 制御フレームに含まれるタイムスタンプと自身の P O N カウンタとの差から前記 P O N 制御フレームを送出した端末装置との間の往復伝搬時間を求め、当該端末装置からの上り信号を到着させる時刻からこの往復伝搬時間を差し引いた送信開始時刻でゲートフレームを当該端末装置へ配布する P O N システムの局側装置において、

20

前記タイムスタンプの変動を吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んで前記各端末装置へゲートフレームを配布することを特徴とする P O N システムの局側装置。

【請求項 13】

複数の端末装置と光ファイバを介して P 2 M P 形態で接続され、特定のゲートフレームに対応するレポートフレームに含まれるタイムスタンプと自身の P O N カウンタとの差から前記レポートフレームを送出した端末装置との間の往復伝搬時間を求め、当該端末装置からの上り信号を到着させる時刻からこの往復伝搬時間を差し引いた送信開始時刻でゲートフレームを当該端末装置へ配布する P O N システムの局側装置において、

30

送信開始時刻が前記特定のゲートフレームの到着時刻の直前に設定された前記レポートフレームに含まれるタイムスタンプにより前記往復伝搬時間を測定することを特徴とする P O N システムの局側装置。

【請求項 14】

局側装置と光ファイバを介して P 2 M P 形態で接続され、前記局側装置から配布されるゲートフレームに設定された送信開始時刻に自身のローカル時刻が達した場合に上り信号を送信開始し、レポートフレームを送信する場合は当該レポートフレームを送信するときのローカル時刻を当該レポートフレームに記載する P O N システムの端末装置において、

前記局側装置とのクロックの周波数差に関する情報を含む制御フレームを前記局側装置から受け取り、この周波数差が小さくなるように自身のクロックを調整することにより、前記局側装置からの下り信号に基づいた網同期を行わず、自立したクロックで上り信号の送信タイミングを生成することを特徴とする P O N システムの端末装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、局側装置と複数の端末装置の間の通信が時分割多重される、P O N システムとこれに使用する局側装置及び端末装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

PONシステム (Passive Optical Network System) は、一つの局側装置 (OLT: Optical Line Terminal) と複数のユーザ端末装置 (ONU: Optical Network Unit) を光ケーブル等のパッシブ素子を介して接続された P2MP (Point To Multipoint) 形態の光ファイバネットワークシステムである。このPONシステムのうち、GE-PON (Gigabit Ethernet-PON) は、イーサネット (Ethernet: 登録商標) 技術をベースとしたギガビットクラスの伝送システムを経済的に実現するもので、IEEE 802.3ahTMとして2004年6月に標準化された高速光アクセス方式の一つである。

上記PONシステムでは、局側装置から各端末装置に送信される下り信号については、各端末装置向けの信号を整列させて伝送するTDM (Time Division Multiplexing) 方式が採用され、各端末装置から局側装置に送信される上り信号については、互いの信号が衝突しないような正しいタイミングで光信号を送出するTDMA (Time Division Multiple Access) 方式が採用されている。このTDMA方式での信号送出手のタイミングを正確に行うには、端末装置の時計と局側装置の時計が正確に同期している必要がある。

10

【0003】

このため、例えば上記IEEE 802.3ahTMによる標準規格では、局側装置はローカルクロックをカウントして局側装置の時計 (以下、PONカウンタという。) を生成すること、PON下り信号の伝送クロックをローカルクロックに同期させること、及び、端末装置に送信するPON制御フレームには送信時点のPONカウンタの値をタイムスタンプ (以下、TSと略記することがある。) として記すことが規定されている。

また、端末装置としては、ローカルクロックをPON受信信号に内包されるクロックに同期させること、ローカルクロックをカウントして端末装置のPONカウンタを生成するとともに、PON制御フレームを受信したときはそのフレームに記されているタイムスタンプの値でPONカウンタを更新すること、送信許可はPONカウンタの値で指示され、端末装置は自身のPONカウンタが指示された範囲にあるときPONに送信すること、このときの伝送クロックをローカルクロックに同期させることが規定されている (非特許文献1参照)。

20

【0004】

また、上記標準規格には、往復伝搬時間を求めるレンジング処理に関して、局側装置が端末装置からPON制御フレームを受信したときに、そのPON制御フレームに付されているタイムスタンプと自身のPONカウンタとの差から、当該端末装置との間の往復伝搬時間を求める方法が記載されている。この往復伝搬時間を求めた局側装置は、その往復伝搬時間を勘案して、その後のPON制御フレームを各端末装置に配布するようになってい

30

【0005】

一方、PONシステムにおいては今後さらに伝送速度の高速化が予想されるが、かかる高速化の要請に対応するため、タイムスロットごとに異なるレートの信号を生成するマルチレート・パースト回路を付加することにより、端末装置ごとにサービス容量を増加させるようにしたPONシステムにおけるサービス容量の増加方式が知られている (特許文献1参照)。

このように、特定の端末装置に対する伝送速度を高速化する場合でも、既存のサービスを維持したまま新たな高速サービスを導入できるようにして、複数の伝送レートを共存させる必要があり、この場合は、局側装置と各端末装置との通信が異なる複数の伝送レートで行われることになる (以下、マルチレートPONという。)

40

【0006】

【非特許文献1】IEEE Std 802.3ah (登録商標) -2004 (64. Multipoint MAC Control)

【特許文献1】特開平8-8954号公報 (請求項1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前記標準規格においては、局側装置は下り方向に固定の伝送レートの信号を継続して送

50

出することが前提になっており、端末装置は、その固定レートの下り信号からクロックを再生し、そのクロックに基づいて自身のPONカウンタをインクリメントする。このように、前記標準規格が想定するPONシステムでは、局側装置と端末装置との間でクロックの同期がとられているので、タイムスタンプが到着するインターバルの長短に関係なく、局側装置と端末装置のPONカウンタの同期が正確であることになっている。

【0008】

しかし、例えば前記したマルチレートPONにおいては、下り方向の伝送レートが固定されないことから、下り信号から再生されたクロックでインクリメントされる端末装置のPONカウンタが速くなったり遅くなったりするため、このようなPONカウンタで正確な時刻を表すことができない。

10

また、マルチレートPONにおいては、端末装置の能力によってはある種の伝送レート（例えば、超高速の10Gの伝送レート）の信号を正しく認識できないことも想定されるが、このような場合に、伝送信号による連続的なクロック同期を前提とする運用は望ましくない。このため、一般に、マルチレートPONにおいては、局側装置と各端末装置のクロックは独立している。もっとも、これらのクロックの理想的な周波数は一致しているが、実際には、規定された範囲内の微小な不一致が避けられない。

【0009】

上記のように、厳密なクロック同期を前提としないマルチレートPONにおいては、端末装置がPON制御フレームを送信するときそのフレームに付したTSは、その時点の局側装置のPONカウンタの値とは一致しない。

20

すなわち、局側装置が測定する往復伝搬時間（以下、RTT (Round Trip Time) と略記することがある。）は、局側装置が端末装置からレポートフレーム等PON制御フレームを受信したときのPONカウンタの値（ T_r と表記）から、当該PON制御フレームのタイムスタンプTSを差し引くことで算出されるが、局側装置と端末装置のクロック同期が厳密に図られていない場合には、タイムスタンプそのものに両装置のクロックの差分が含まれるため、正確な往復伝播時間を算出することができない。

【0010】

局側装置と端末装置のクロックの周波数差が一定であると仮定した場合、この周波数差に基づく時間的なずれは、端末装置が受信したPON制御フレームのTSで自身のPONカウンタを更新してから、更に局側装置へPON制御フレームを送信するまでの時間によ

30

っても変化する。従って、前記標準規格に従って、 $RTT = T_r - TS$ で往復伝播遅延を計算して、それ以降の端末装置の送信許可時間を決定した場合、複数の端末装置間で上り信号が衝突する恐れがあり、また、直前のRTTとの差が一定値を超えた場合には、リンクの切断に至るという恐れもある。

【0011】

本発明は、このような実情に鑑み、往復伝搬時間を勘案したPON制御フレームを局側装置が各端末装置に配布するPONシステムにおいて、両装置間のクロック同期を前提としなくても、各端末装置からの上り信号を衝突させずに配置できるようにすることを第一の目的とする。

40

また、本発明は、往復伝搬時間を勘案したPON制御フレームを局側装置が各端末装置に配布するPONシステムにおいて、両装置間のクロック同期を前提としなくても、往復伝搬時間を正確に求め、各端末装置からの上り信号を衝突させずに効率よく配置できるようにすることを第二の目的とする。

さらに、本発明は、往復伝搬時間を勘案したPON制御フレームを局側装置が各端末装置に配布するPONシステムにおいて、両装置間のクロック周波数の差を測定し、各端末装置からの上り信号を衝突させずにさらに効率よく配置できるようにすることを第三の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

50

第一の本発明は、局側装置と、この局側装置に接続された光ファイバから光カプラを介して複数の光ファイバに分岐した構成を成す光ファイバ網と、その分岐した各光ファイバの終端にそれぞれ接続された複数の端末装置とを含み、前記局側装置が、受信したPON制御フレームに含まれるタイムスタンプと自身のPONカウンタとの差から前記PON制御フレームを送出した端末装置との間の往復伝搬時間を求め、当該端末装置からの上り信号を到着させる時刻からこの往復伝搬時間を差し引いた送信開始時刻でゲートフレームを当該端末装置へ配布するPONシステムにおいて、前記局側装置が前記タイムスタンプの変動を吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んで前記各端末装置へゲートフレームを配布することを特徴とする。

【0013】

10

なお、上記第一の本発明において、「変動を吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んで」とは、そのような変動が生じていても、各端末装置の上り信号が衝突しない程度に十分なガードタイムをバースト間に設定して送信許可を与えることを意味する。

第一の本発明によれば、局側装置と各端末装置とのクロックの周波数差によって発生する、タイムスタンプの変動を吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んでその後のゲートフレームを配布するようにしたので、局側装置と各端末装置との間でクロック同期をさせなくても、各端末装置からの上り信号を衝突させずに配置することができ、前記第一の目的が達成される。

【0014】

20

局側装置と各端末装置とのクロックの周波数差によって発生する時間的ぶれは、レポートフレームに含まれるタイムスタンプだけでなく、各端末装置の送信開始時刻や各端末装置の送信継続時間に対しても影響し得る。

従って、第一の本発明において、当該周波数差によって発生する各端末装置の送信開始時刻や送信継続時間の変動についても評価し、これらの変動も吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んでゲートフレームを配布することが好ましい。端末装置の送信開始時刻の変動を評価する場合には、端末装置への送信許可をかなり先に予約する場合でも、クロックの周波数差に起因する上り信号の衝突を回避できる。また、端末装置の送信継続時間の変動を評価する場合には、その時間をかなり長くする場合でも、クロックの周波数差に起因する上り信号の衝突を回避できる。

30

【0015】

第二の本発明は、局側装置と、この局側装置に接続された光ファイバから光カプラを介して複数の光ファイバに分岐した構成を成す光ファイバ網と、その分岐した各光ファイバの終端にそれぞれ接続された複数の端末装置とを含み、前記局側装置が、特定のゲートフレームに対応するレポートフレームに含まれるタイムスタンプと自身のPONカウンタとの差から前記レポートフレームを送出した端末装置との間の往復伝搬時間を求め、当該端末装置からの上り信号を到着させる時刻からこの往復伝搬時間を差し引いた送信開始時刻でゲートフレームを当該端末装置へ配布するPONシステムにおいて、前記局側装置が、送信開始時刻が前記特定のゲートフレームの到着時刻の直近に設定された前記レポートフレームに含まれるタイムスタンプにより前記往復伝搬時間を測定することを特徴とする。

40

【0016】

上記第二の本発明によれば、送信開始時刻が特定のゲートフレームの到着時刻の直近に設定されたレポートフレームに含まれるタイムスタンプによって往復伝搬時間を測定するようにしたので、端末装置での送信待ち時間が殆ど無い状態で上記レポートフレームが局側装置に返信される。このため、局側装置と端末装置とのクロックの周波数差があっても、その差が端末装置からのタイムスタンプに殆ど影響せず、往復伝搬時間を正確に求めることができる。

従って、第二の本発明によれば、両装置間のクロック同期を前提としなくても、往復伝搬時間を正確に求めることができ、前記第二の目的が達成される。

【0017】

50

また、第二の本発明では、上り信号の帯域割当を目的とする本来のゲートフレームとレポートフレームのやり取りにおいて、レポートフレームを受信する度に往復伝搬時間の更新を行う必要はなく、端末装置での送信待ち時間（ゲートフレームの受信からレポートフレームの送信までの時間）が所定の短時間である場合にだけ、本来のレポートフレームを受信した時に前記レンジング処理を行って往復伝搬時間を更新すれば足り、その更新条件を満たさない場合に、往復伝搬時間のレンジング処理を再度実行すればよい。

このため、レポートフレームを受ける度に往復伝搬時間の計算と更新を行う従来の場合（前記標準規格の場合）に比べて、レンジング処理の回数が減少し、局側装置での演算負荷を低減することができる。

【0018】

10

また、上り信号の帯域割当を目的とする本来のゲートフレームとレポートフレームのやり取りにおいては、局側装置は、帯域割当量を計算した時点で直ちに本来のゲートフレームを送信するのではなく、その時点から送信開始時刻の近くに遅延させて本来のゲートフレームを送信することが好ましい。

この場合、ゲートフレームの送信時刻を送信開始時刻の近くに遅らせることで、端末装置での送信待ち時間を可及的に短くでき、両装置間のクロックの周波数差に基づく端末装置のタイムスタンプのぶれが小さくなり、上記した更新条件が満たされ易くなるという利点がある。

【0019】

第二の本発明において、局側装置は、時間間隔が異なる二つ以上のレポートフレームに対応するゲートフレームを送信するようにしてもよい。この場合、その二つ以上のレポートフレームのタイムスタンプを用いて複数の往復伝搬時間を計算することができ、それらの往復伝搬時間の差から、局側装置と各端末装置とのクロックの周波数差を測定するクロック差測定処理を行うことができる。

20

従って、そのようにして求めた周波数差によって発生し得る、各端末装置の送信開始時刻や送信継続時間の変動を求め、この変動を吸収できる余裕を前記上り信号を到着させる時刻に見込んでその後のゲートフレームを配布することにより、局側装置と各端末装置との間でクロック同期をさせなくても、各端末装置からの上り信号を衝突させずに配置できるようになり、前記第三の目的が達成される。

【0020】

30

また、上記のクロック差測定処理を行う場合には、局側装置に、そのクロック差測定処理で得られた周波数差を各端末装置に通知させることにしてもよい。この場合に、その通知を受けた各端末装置が、前記周波数差が小さくなるように自身のクロックを調整するようにすれば、両装置間の時間的ずれが少なくなり、上り信号を更に効率的に配置することができる。

【0021】

また、前記局側装置と前記通知を受けた各端末装置が、前記通知と前記調整を周波数差が所定範囲内に収まるまで行い、その後、帯域割当通信を含む主信号通信を行うようにすれば、上り信号を配置する場合に、クロックの周波数差に起因する時間的ずれを局側装置において補償する必要がなくなり、処理が簡便になる。

40

更に、クロックの周波数差が所定範囲を逸脱したことを局側装置が観測した場合に、その逸脱した周波数差を各端末装置に通知し、この通知を受けた各端末装置が、その逸脱した周波数差が小さくなるように自身のクロックを調整することにしてもよい。

【発明の効果】

【0022】

以上の通り、本発明によれば、往復伝搬時間を考慮したPON制御フレームを局側装置が各端末装置に配布するPONシステムにおいて、両装置間のクロック同期を前提としなくても、各端末装置からの上り信号を衝突させずに配置することができる。

また、本発明によれば、上記PONシステムにおいて、両装置間のクロック同期を前提としなくても、往復伝搬時間を正確に求めることができる。これによって、各端末装置が

50

らの上り信号を衝突させずに効率よく配置することができる

さらに、本発明によれば、上記PONシステムにおいて、両装置間のクロック周波数の差を測定することができる。これによって、各端末装置からの上り信号を衝突させずにさらに効率よく配置することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

〔PONシステムの全体構成〕

図1は本発明が想定するマルチレートPONシステムの概略構成図である。

図1において、局側装置(OLT)1は、複数の端末装置(ONU)2,3,4に対する集約局として電話局等に設置されており、各端末装置2,3,4は、それぞれPONシステムの加入者宅に設置されている。局側装置1には1本の光ファイバ(幹線)5が接続されている。この光ファイバ5は光カプラ6を介して複数の光ファイバ(支線)7,8,9に分岐した構成になっており、これによって光ファイバ網10が構成されている。分岐した各光ファイバ7,8,9の終端にはそれぞれ前記端末装置2,3,4が接続されている。また、局側装置1は上位ネットワーク11と接続され、各端末装置2,3,4はそれぞれのユーザネットワーク12,13,14と接続されている。

【0024】

図1では、簡単のために3個の端末装置2,3,4が接続された形態を例示しているが、実際には、一つの光カプラ6から32分岐して32個の端末装置を接続することが可能である。また、図1では光カプラ6が一つだけのトポロジを例示しているが、分岐数の少ない光カプラ6を縦列に複数段配置することにより、広い地域に分散している端末装置を短い光ファイバで局側装置1と接続することもできる。

このPONシステムでは、下りの光波長と上りの光波長を分けて波長分割多重(WDM: Wavelength Division Multiplexing)している。すなわち、局側装置1と端末装置2,3,4間の上り方向通信には単一の波長1のレーザ光が使用され、下り方向通信にはその波長1とは異なる単一の波長2のレーザ光が使用されている。

【0025】

従って、PONメディア(光ファイバ5,7,8,9)と局側装置1及び各端末装置2,3,4の送受信器の間にはWDMフィルタが備えられており、受信すべき波長成分のみ受信器に送られ、かつ、送信器が出力する光信号はWDMフィルタを介して受信光と多重されて光ファイバ5,7,8,9に送られる。なお、上記各波長1,2は、IEEE Std 802.3ahTM-2004のClause60に従う場合には、1260nm 1 1360、及び、1480nm 2 1500の範囲で選択することができる。

このPONシステムは下り方向にマルチレートでバースト送信が行われるマルチレートPONシステムであって、各端末装置2,3,4の上り方向の伝送レートが互いに異なっている。図1の例では、各端末装置2,3,4の情報通信レートはそれぞれ1G、2G及び10Gbpsであり、1GbpsのGE-PONをベースとして、2Gbpsの信号及び10Gbpsの信号が時分割多重化され、局側装置1に送信されるようになっている。

【0026】

〔局側装置の構成〕

図2は、本発明に係る局側装置1のPONインタフェース部の一例を示している。

図2に示すように、下り方向に送信すべきフレームは一旦下りバッファ16に保存された後、送信制御回路17の指示に基づき符号化回路18に送られる。符号化回路18は送信フレームを所定の方法及び所定のレートに基づいて符号化するとともに、シリアルなビット信号として送信器19に送る。送信器19はシリアルなビット信号を光信号に変換し、WDMフィルタ(図示しない)によって上り光信号と双方向多重した後、PONシステムの光ファイバ5に送出する。

【0027】

PONシステムの光ファイバ5から受信した光信号はWDMフィルタ(図示しない)に

10

20

30

40

50

よって上り光信号のみが受信機 20 に入力され、受信器 20 によって電気信号に変換された後、データリカバリ回路 21 に入力される。データリカバリ回路 21 は送信元の端末装置 2, 3, 4 が変調したレートでビットデータを復元し、ビットデータを符号同期回路 22 に送る。符号同期回路 22 は復元されたビットデータから、送信元の端末装置 2, 3, 4 が実施した符号化方法に基づき符号の境界を検出するとともに、復号処理を行いフレームを復元する。復元されたフレームはフレーム種別分別回路 23 に入力され、PON 制御フレームとそれ以外のフレームが分別される。PON 制御フレームはタイムスタンプ抽出回路 24 を経て、制御フレーム処理回路 25 に送られる。

【0028】

タイムスタンプ抽出回路 24 はタイムスタンプ TS を読取り、それを PON 時刻管理回路 25 に送る。制御フレーム処理回路 26 は PON 制御フレームの種別を判断し、端末装置 2, 3, 4 の登録処理に関するものを登録処理回路 27 に送り、端末装置 2, 3, 4 への帯域割当に関するものを帯域割当回路 28 に送る。登録処理回路 27 は登録処理の起動を帯域割当回路 28 に指示するとともに、登録要求のあった端末装置 2, 3, 4 との間で定められたシーケンスに基づいた PON 制御フレームをやりとりし、その端末装置 2, 3, 4 を登録させるか、或いは、登録を拒否する。

10

【0029】

端末装置 2, 3, 4 を登録させる場合は、登録処理回路 27 はその端末装置 2, 3, 4 への継続的な帯域割当を帯域割当回路 28 に指示する。

帯域割当回路 28 は、登録処理回路からの登録処理起動の指示に基づき、登録要求をポーリングするための送信許可を割当て、ゲートフレーム（帯域割当のための PON 制御フレーム）の発行を制御フレーム処理回路 26 に指示する。また、帯域割当回路 28 は、制御フレーム処理回路 26 からレポートフレーム（帯域割当要求の PON 制御フレーム）を受けると、所定のポリシーに基づいた帯域割当処理を実行し、個々の端末装置 2, 3, 4 に対する送信許可を割当て、ゲートフレームの発行を制御フレーム処理回路 26 に指示する。

20

【0030】

制御フレーム処理回路 26 は、登録処理回路 27 または帯域割当回路 28 からゲートフレームの発行指示を受けると、対応したゲートフレームを構成し、前記送信制御回路 17 に送る。なお、端末装置 2, 3, 4 の登録及び帯域割当に関するシーケンスの詳細については後述する。

30

クロック生成回路 29 は理想的な周波数 f を中心として、所定の周波数範囲で自律的に発振し、基準クロックを生成する。PON 時刻管理回路 25 は基準クロックをカウントして PON カウンタを生成し、この PON カウンタを PON インタフェース部の各要部に配布する。また、PON 時刻管理回路 25 は、PON 制御フレームのタイムスタンプを受け取ると、そのフレームの送信元の端末装置 2, 3, 4 との間での往復伝搬時間 RTT を計算し、この RTT 情報を PON インタフェース部の各要部に配布する。

【0031】

このとき、PON 時刻管理回路 25 は、直前の RTT との変化を調べ、変動が所定の範囲を超えた場合は、アラームを生成する。このアラームを受けた場合、登録処理回路 27 は当該端末装置 2, 3, 4 の登録を拒否するなどの必要な処理を行う。

40

送信制御回路 17 は制御フレーム処理回路 26 から PON 制御フレームを受け取ると、一旦下りバッファ 16 に保存するとともに、一般の下りフレームの送信に優先して、PON に送信させる。送信処理は前述の通りである。このとき、PON カウンタの最新の値を参照して、PON 制御フレームにタイムスタンプ TS を付すとともに、フレームチェックシーケンスを TS の値を反映した値に設定する。

【0032】

〔端末装置の構成〕

図 3 は、本発明に係る端末装置 2, 3, 4 の PON インタフェース部の一例を示している。

50

PONの光ファイバ7, 8, 9から受信した光信号はWDMフィルタ(図示しない)によって下り光信号のみが受信機31に入力され、受信器31によって電気信号に変換された後、データリカバリ回路32に入力される。データリカバリ回路32は当該端末装置2, 3, 4が想定する所定のレート(本実施形態では、1G、2G又は10G)でビットデータを復元し、ビットデータを符号同期回路33に送る。符号同期回路33は復元されたビットデータから、送信元の局側装置1が実施した符号化方法に基づき符号の境界を検出するとともに、復号処理を行いフレームを復元する。

【0033】

復元されたフレームはフレーム種別分別回路34に入力され、PON制御フレームとそれ以外のフレームが分別される。PON制御フレームはタイムスタンプ抽出回路35を経て、制御フレーム処理回路36に送られる。

10

タイムスタンプ抽出回路35はタイムスタンプTSを読み取り、PON時刻管理回路37に送る。制御フレーム処理回路36はPON制御フレームの種別を判断し、登録処理に関するものを登録処理回路38に送る。送信許可に関するもの(ゲートフレーム)であった場合は、ゲートフレームに記載されている送信許可情報を送信制御回路39に通知する。

【0034】

送信許可情報は、データ種別(登録要求または通常要求:通常要求の場合は帯域要求強制の有無)、送信開始時刻及び送信持続時間で構成されている。登録処理回路38は局側装置1との間で定められたシーケンスに基づいたPON制御フレームをやりとりし、当該端末装置2, 3, 4を登録させる。制御フレーム処理回路36は、登録処理回路38からPON制御フレームの発行指示を受けると、対応したPON制御フレームを構成し、送信制御回路39に送る。なお、端末装置2, 3, 4の登録及び送信許可に関するシーケンスの詳細については後述する。

20

【0035】

クロック生成回路40は理想的な周波数fを中心として、所定の周波数範囲で自律的に発振し、基準クロックを生成する。PON時刻管理回路37は基準クロックをカウントしPONカウンタを生成する。PONカウンタの値は送信制御回路39から参照可能になっている。また、PON制御フレームのタイムスタンプTSを受け取ると、その値でPONカウンタを更新する。このとき、直前のPONカウンタとの変化を調べ、変動が所定の範囲を超えた場合は、アラームを生成する。このアラームを受け、登録処理回路38は登録を取り下げるなどの必要な処理を行う。

30

【0036】

上り方向に送信すべきフレームは一旦上りバッファ41に保存されている。上りバッファ41の状態は送信制御回路39が管理している。送信制御回路39は、制御フレーム処理回路36から送信すべきPON制御フレームを受け取ると、一旦上りバッファ41に保存する。また、送信許可で帯域要求強制を指示された場合は、上りバッファ41の状態を反映したレポートフレーム(PON制御フレームの一種)を生成する。

送信制御回路39は制御フレーム処理回路36から送信許可の通知を受けると、送信許可のデータ種別が通常要求である場合には、送信制御回路39はPONカウンタが送信開始時刻に到達した時点で送信器43に発光を指示し、送信持続時間が経過するまでは発光指示を持続する。

40

【0037】

このとき、発光指示に先立って、上りバッファ41に送信持続時間に見合った量の送信フレームの取り出しを指示する。ただし、帯域要求強制を指示された場合は、レポートフレームを送信しなければならないので、その分上りバッファ41から取り出すデータ量を差し引くとともに、レポートフレームを送信フレーム列に挿入する。このとき極端な例として、レポートフレームのみが送信される場合もある。

他方、当該端末装置2, 3, 4が未登録の状態であって、制御フレーム処理回路36から登録要求のPON制御フレームを受け取った場合は、送信許可のデータ種別が登録要求であるから、送信制御回路39はPONカウンタが送信開始時刻に到達した時点から、送

50

信持続時間の範囲でランダムな時間ウェイトした後に、送信器に発光を指示し、登録要求のPON制御フレームを送出する時間だけ発光指示を持続する。このとき、発光指示に先立って、上りバッファ41に当該フレームの取り出しを指示する。

【0038】

レポートフレームおよび上りバッファ41から取り出されたフレームは、符号化回路42によって所定の方法および所定のレートに基づいて符号化され、シリアルなビット信号として送信器に送られる。

このとき、送信しようとしているフレームがPON制御フレームであれば、PONカウンタの最新の値を参照して、そのフレームにタイムスタンプTSを付す。送信器43は発光指示がある期間、シリアルなビット信号を光信号に変換し、PONに送出する。一方、送信器43は発光指示がない期間は発光しない。

10

【0039】

〔往復伝搬時間(RTT)の計算方法〕

図4は、局側装置1による端末装置2, 3, 4との間の往復伝搬時間(RTT)を測定する方法を示すシーケンス図である。なお、図4においては、局側装置1をOLT、RTTを測定する特定の端末装置をONU(A)と表示してある。

図4において、OLTは、自身のPONカウンタがT4のとき、ONU(A)から上りのPON制御フレームUS1を受信したとする。このUS1には、ONU(A)がその制御フレームUS1を送出したときの、当該ONU(A)のPONカウンタの値T3が、タイムスタンプTSとして記されている。

20

【0040】

一方、ONU(A)がUS1を送出する前にOLTから受信した下りのPON制御フレームのうち、直近のものをDS1とすると、このDS1には、OLTがそのPON制御フレームを送出したときの、当該OLTのPONカウンタの値T1が、タイムスタンプTSとして記されている。ONU(A)はDS1を受信した時点において、自身のPONカウンタの値をDS1のTS値(=T1)で更新する。

ここで、当該ONU(A)の往復伝搬時間は、一般に次の式で算出される。

$$RTT(A) = (T4 - T1) - (T3 - T2)$$

また、ONU(A)のT2は、DS1に記されたTS(=T1)によってT1に更新される($T2 = T1$)から、結局、 $RTT(A) = T4 - T3$ となる。なお、T3は、制御フレームUS1のタイムスタンプTSと同じであるから、 $RTT(A) = T4 - TS$ と表現することもできる。

30

【0041】

このように、一般に、OLTは、下りの制御フレームの受信時刻Tr(図4ではT4)と、その制御フレームに記されているTSから、 $RTT = Tr - TS$ として、制御フレームを送出したONU(A)との間のRTTを求めることができ、OLTとONU(A)の基準クロックの同期が維持されている場合には、上記した往復伝搬時間の算出式は常に正確に成立している。

OLTはONU(A)に対して上り帯域を割当てする場合、事前に送信許可情報を記載したゲートフレームをONU(A)に与える。送信許可情報は送信開始時刻と送信持続時間で構成される。送信開始時刻はONU(A)からの上り信号を到着させる時刻からRTTを差し引いたものである。ここで、上り信号を到着させる時刻は、各ONUからの上り信号を稠密に配置させる場合、ONU(A)の直前に上り送信することになっているONUからの上り信号が終了する時刻に、精度に起因するずれを吸収するため、所定のガードタイムを加えたものになっている。

40

ところが、OLTとONU(A)の基準クロックの同期が維持されていない場合には、上りのPON制御フレームUS1のタイムスタンプTSとしてのT3は、OLTの時刻に照らした場合の真のT3とは微妙に異なっている恐れがあり、この場合には、前記した($Tr - TS$)は真のRTTを表さないことになる。また、OLTとONU(A)の基準クロックの周波数差が一定($\neq 0$)だとすると、($Tr - TS$)とRTTの時間的ずれは、

50

図 4 における T 2 と T 3 の時間間隔が大きくなるほど拡大する。

【 0 0 4 2 】

そこで、本実施形態では、O L T が、当該 O L T と O N U (A) とのクロックの周波数差によって発生するタイムスタンプ T S のぶれを評価し、このぶれを吸収できる余裕を見込んでその後のゲートフレームを配布する伝送制御方法を採用することにより、O L T と O N U (A) との間のクロック同期を前提としなくても、上り信号を衝突させずに配置できるようにしている。

また、本実施形態では、O L T が、送信開始時刻 T 3 が特定のゲートフレーム D S 1 の到着時刻 T 2 の直前に設定されたレポートフレーム U S 1 に含まれるタイムスタンプ T S により R T T を測定することにより、O L T と O N U (A) との間のクロック同期を前提としなくても、R T T を正確に求められるようにしている。

10

【 0 0 4 3 】

〔クロック差を考慮した伝送制御方法〕

図 5 は、上記伝送制御方法とレンジング処理の一例を示すシーケンス図である。

図 5 の例では、上記伝送制御方法を O N U の登録に採用している。また、図 5 においては、局側装置 1 を O L T、レンジング処理等を行う特定の端末装置を O N U (B) と表示してある。

図 5 に示すように、まず、O L T は登録要求をポーリングするための送信許可フレーム D G A T E (P O N 制御フレームの一種である登録用のゲートフレーム) を O N U (B) にブロードキャストする。O L T は後の処理のために D G A T E のタイムスタンプ T S の値 T d g (D G A T E の発信時刻) を記憶しておく。

20

【 0 0 4 4 】

新たに登録したい O N U (B) は D G A T E を受信すると、この D G A T E に記されている T S で自身の P O N カウンタを更新する。そして、D G A T E に指示された送信許可時間内に、登録要求フレーム R E G R E Q (P O N 制御フレームの一種) を O L T に対して送出する。

そこで、O L T は O N U (B) の登録要求を受理する場合は、登録フレーム R E G I S T E R (P O N 制御フレームの一種) を O N U (B) に送信する。更に、O L T は O N U (B) から登録確認フレーム R E G A C K (P O N 制御フレームの一種) を送出させるために、通常の送信許可フレーム G A T E (P O N 制御フレームの一種である通常のゲートフレーム) を O N U (B) に送信する。

30

【 0 0 4 5 】

R E G I S T E R の応答として、O N U (B) は G A T E に記された送信許可期間に R E G A C K を送出する。O L T は R E G A C K を受信し、これによって O N U (B) の登録手続きが終了する。

本実施形態では、図 3 に示す O N U において、下り信号からデータのみを抽出しクロックを抽出しない構成になっていることから明らかな通り、O L T からの連続的な信号に含まれるクロックをもとにしたクロック同期を行わない。従って、O L T と O N U の基準クロックの周波数は厳密には一致しないが、理想的な周波数 f を基準として、周波数差はある範囲以内になるよう構成されている。なお、このクロックの周波数差を(比で表して) $d f$ とすると、その上限 $d f_{max}$ は、通常、 $\pm 100 \text{ ppm}$ 程度に設定することができる。

40

【 0 0 4 6 】

O L T は、O N U (B) から R E G R E Q を受信したとき、式 $(T r - T S)$ 、すなわち、 $(R E G R E Q \text{ の受信時刻} - R E G R E Q \text{ に記されている} T S)$ によって、第一段階の $R T T 1 (B)$ を求める。

更に、O L T は、式 $(T S - T d g)$ 、すなわち、 $(R E G R E Q \text{ に記されている} T S - D G A T E \text{ の発信時刻})$ と、前記 $d f_{max}$ とから、R E G R E Q のタイムスタンプ T S に内方されている時間的なぶれの上限 R_{max} を評価する。この R_{max} は、具体的には、 $(T S - T d g) \times d f_{max}$ によって算出される。

50

【0047】

OLTは、ONU(B)にREGACK用のGATE(送信持続時間をTL(B)とする)を与えるに際して、他のONUへ与えた送信許可との関連において、他のONUの送信と衝突なく、かつ、無駄なく上り帯域が使われるように、OLTへの到着時刻TT(B)を決定するとともに、RTT1(B)を勘案して(具体的にはRTT1(B)を差し引いて)送信開始時刻を決める。ONU(B)の上り信号がすべて到着し終える時刻TE(B)は $TE(B) = TT(B) + TL(B)$ なので、ONU(B)の直後に送信させるONU(ONU(N)と表記)の上り信号をOLTに到着させる時刻TT(N)はTE(B)に所定のバーストギャップを加えたものとする。

また、OLTは、前記送信開始時刻とGATEを送信するであろう時刻との差と前記dfmaxとからONU(B)が解釈する送信開始時刻の変動(Smax)を算出し、dfmaxがONU(B)の送信持続時間にもたらず変動(Lmax)も算出する。 10

【0048】

そして、OLTは、これらのぶれと前記Rmaxとを勘案して、直前のONUの送信と衝突しないよう、更に調整した送信開始時刻をGATEに記載する。

より具体的に言えば、OLTの基準クロックに対してONU(B)の基準クロックが速い場合、RTT1(B)は実際より小さくなっている反面、ONU(B)が上り信号を送信開始する時刻はOLTの時刻を基準にすると早まっている。すなわち、ONU(B)からの上り信号はTT(B)より $Smax - Rmax$ だけ早く到着する。

逆に、OLTの基準クロックに対してONU(B)の基準クロックが速い場合、ONU(B)からの上り信号は $Rmax - Smax$ だけ早く到着する。OLTはONU(B)の基準クロックが速いか遅いかわからないため、いずれであってもONU(B)からの上り信号が、直前のONUの送信と衝突しないよう、OLTは $TT(B) + |Rmax - Smax|$ に補正する。 20

ONU(B)の基準クロックが遅かった場合、上り信号がすべて到着し終える時刻はOLT時刻を基準にすると遅くなるため、ONU(N)の上り信号と衝突する恐れがある。これを防ぐために、TT(N)を $TT(N) + Smax + Lmax$ に補正する。ここで、もとのTT(N)は前記補正したTT(B)をもとに求められたものとする。OLTはONU(N)に対してGATEを与えるに際しては、ONU(B)と同様の調整をさらに加える(以後同様)。これらの調整は、効率の点で限界を追究したものであるので、多少の効率を犠牲にした変形は本発明の範囲内である。 30

【0049】

このように、本実施形態のPONシステムでは、OLTとONU(B)のクロックの周波数差によって発生する、登録要求フレーム(図5ではREGREQ)に含まれるタイムスタンプTSの変動や、ONU(B)の送信開始時刻と送信継続時間の変動を算出し、この変動を吸収できる余裕を見込んでその後のゲートフレーム(図5ではGATE)を配布するようにしたので、OLTとONU(B)との間でクロック同期をさせなくても、他のONUからの上り信号を衝突させずに配置することができる。

【0050】

[クロック差を考慮したレンジング処理]

図5に示すように、本実施形態のOLTは、上記の登録処理を行った後、以下の方法で更に第二段階のレンジング処理を行う。 40

OLTは、レポートフレーム(PON制御フレームの一種であって、帯域要求を記載)を強制するGATEを送出する。このGATEとREPORTは当該第二回目のレンジング処理の精度を高めるのが目的であり、GATEをONU(B)が受信するであろう時刻に、できる限り送信開始時刻を近づけている。

【0051】

すなわち、ONU(B)からのREPORTの送信開始時刻が、ONU(B)へのGATEの到着時刻(ONU(B)のPONカウンタはGATEのタイムスタンプTSで更新されるため、結局はGATEのTSに等しい。)に対してごく僅かな時間差Tしか離れ 50

ていない直近に設定されている。具体的には、IEEE 802.3ahTMにおいて、上記時間差 T は $16 \mu s$ 以上となっており、ここでは $16 \mu s$ 程度の短時間 (T_{min}) に設定する。この短時間は、IEEE 802.3ahTM で認められている時間差の上限 ($1 ms$) の $1/100$ 程度である。

そして、OLT は、RTT の再計算用の GATE に対応する上記 REPORT を受信したときに、式 ($T_r - T_s$)、すなわち、(REPORT の受信時刻 - REPORT のタイムスタンプ T_s) から、正確な $RTT_2(B)$ を求める。

【0052】

このように、本実施形態の PON システムでは、送信開始時刻が GATE の到着時刻の直近に設定された REPORT に含まれるタイムスタンプ T_s によって $RTT_2(B)$ を測定するようにしたので、ONU (B) での送信待ち時間が殆ど無い状態で REPORT が OLT に返信される。このため、OLT と ONU (B) とのクロックの周波数差があっても、その差が ONU (B) のタイムスタンプ T_s に殆ど影響せず、 $RTT_2(B)$ を正確に求めることができる。従って、OLT と ONU (B) 間のクロック同期を前提としなくとも、往復伝搬時間を正確に求めることができるし、往復伝搬時間が正確であるから、各 ONU からの上り信号をできるだけ稠密に配置することも可能となる。

10

【0053】

ところで、本実施形態の OLT としては、PON 制御フレームを受信する度に式 ($T_r - T_s$) で RTT を算出して更新するのではなく、ある更新条件に従って選択的に更新するものを採用することができる。

20

例えば、本来の帯域割当を目的とした GATE - REPORT において、ONU での経過時間 (GATE を受信してから ONU による送信開始までの時間) が所定の範囲内 (例えば、 $20 \mu s$ 以内) にある場合 (以下、RTT 更新条件という。) に、OLT がその REPORT を受信したときに RTT を更新することにしてもよい。

【0054】

この場合においては、ある特定の ONU の RTT を更新してから、予め決められた期限内 (例えば、 $1 s$ 以内等) にその ONU との間での GATE - REPORT が上記 RTT 更新条件を満たさなかったか、或いは、その ONU から PON 制御フレームを受信したときの ($T_r - T_s$) とその時点の RTT との差が一定値を超えた場合に、OLT が再度前記第二段階のレンジング処理を実行するようにすればよい。

30

このため、REPORT を受ける度に RTT の計算と更新を行う従来の場合 (前記標準規格の場合) に比べて、レンジング処理の回数が減少し、OLT での演算負荷を低減することができる。

【0055】

更に、本実施形態において、OLT は REPORT に基づいて帯域割当量を計算した時点で直ちに GATE を送信するのではなく、ONU での経過時間ができる限り短くなるよう、意図的に遅延させるようにしてもよい。具体的には、レポートを到着させたい時刻に対して、 $RTT_2(B)$ と R_{min} とを差し引いた時刻を限度として、この限度近くまで遅延させる。この場合には、GATE の送信時刻を意図的に遅らせることで、ONU (B) での送信待ち時間を可及的に短くでき、OLT と ONU (B) との間でのクロックの周波数差に基づく ONU (B) のタイムスタンプ T_s のぶれが小さくなり、前記 RTT 更新条件が満たされ易くなる。

40

従って、この場合には、REPORT がほぼ確実に前記 RTT 更新条件を満たすことになるので、REPORT を受信する度に式 ($T_r - T_s$) で RTT を更新してもよい。

また、主信号用の GATE 送信も意図的に遅延させることにより、送信開始時刻の変動が小さくなり、上り信号をより稠密に配置することができる。

【0056】

〔RTT とクロック差の測定〕

図 6 は、本発明の別実施形態のレンジング処理を示すシーケンス図である。

図 6 に示すように、この別実施形態では、OLT は、正確な RTT の算出を行う第二段

50

階のレンジング処理において、二つのREPORTの送信を強制する一つのGATEを送出する。このGATEには一つのタイムスタンプTSと二つの送信許可が含まれている。

このとき、一つ目の第1のREPORT用の送信許可は、前記レンジング処理におけるREPORT用の送信許可と同様に、GATEの受信時刻と直近の送信時刻とされている。他方、二つ目の第2のREPORT用の送信許可は、ONU(B)での経過時間を出来るだけ長くするのが望ましい。

【0057】

従って、第1のREPORTを受信した時の式($T_r - T_s$)は、OLTとONU(B)の正確なRTTを反映しており、また、これら二つのREPORTが伝送される間でのRTTの変化は比較的小さいので、第1のREPORT受信時の($T_r - T_s$)と第2のREPORT受信時のそれとの差は、OLTとONUとの間のクロック周波数の差に起因すると言える。

10

従って、この別実施形態では、OLTは上記の測定から、RTTとともにクロック周波数の差 df を算出するようにしている。従って、この場合には、予め設定された固定値である前記 df_{max} による時間的ずれではなく、実際に測定された上記 df によるずれを勘案して、GATEによって送信開始時刻を調整することができる。

この場合、OLTはONU(B)の基準クロックが速いか遅いかわかっているため、 S_{max} 、 L_{max} は正負の値(遅くなる方が正)をとると考え、 $T_T(B)$ の補正については、 $T_T(B) - S_{max}$ とし、さらに、 $T_T(N)$ の補正については $T_T(N) + S_{max} + L_{max}$ とすればよい(以後同様)。これらの調整は、効率の点で限界を追究したものであるため、多少の効率を犠牲にした変形は本発明の範囲内である。

20

【0058】

なお、図6の例では、第1のREPORTの送信時間をGATEの受信時間と近接させた場合を例示しているが、 df の測定方法はこれに限定されない。すなわち、精度は劣るものの、ONUでの経過時間が異なる独立した二つのGATE-REPORTから、RTTと df を算出してもよい。この場合、OLT或いはONUのクロック周波数が環境条件等で経時変化するので、 df の計算もRTTと同様に継続的に実施する。本来のGATE-REPORT処理では測定条件が満足されない場合、前記第二段階のレンジングを起動する。

【0059】

30

[端末装置の変形例]

図7は、本発明の別実施形態に係る端末装置2, 3, 4のPONインタフェース部を示している。

この図7に示す端末装置2, 3, 4のインタフェース部は、図3に示すそれとほぼ同様の構成になっているので、同じ構成要素については図面に同一の符号を付してその説明を省略し、ここでは差異点のみ説明する。

【0060】

この別実施形態では、基準クロック生成回路が、外部より周波数が制御可能なVCXO45で構成され、このVCXO45の周波数制御を制御フレーム処理回路36が行う点が、図3の場合と異なる。

40

初期状態においては、制御フレーム処理回路36はVCXO45の周波数を中央値に設定している。このときのVCXO45の実際の周波数は理想的な周波数 f を中心として定められた周波数範囲に位置する。この図7のONUに対応したOLTは、図2のOLTと同様に、ONUの登録処理とレンジング処理を行い、第二段階のレンジング処理の結果として、クロックの周波数差 df を求めることができるものとする。

【0061】

そこで、OLTは、周波数差 df をもとにして、ONUとの基準クロック周波数のずれを一種のPON制御フレームとして、当該ONUに通知する。

これに対して、この別実施形態のONUは、上記PON制御フレームを受信すれば制御

50

フレーム処理回路36が、その周波数のずれdfが小さくなるように前記VCXO45を制御する。なお、周波数ずれの通知は、周波数差dfの情報そのものでもよいし、速くするか遅くするかそのままにするかの簡略な情報であってもよい。また、この通知にはPON制御フレームではなく、OAMフレームのような別種のフレームを用いてもよい。

【0062】

このようなレンジング処理とONUでの基準クロックの調整を、周波数差dfが十分小さな所定範囲内に収まるまで行った後に、本来の帯域割当通信を含む主信号通信を行うようにすれば、OLTにおいてクロックの周波数差に基づく時間的ずれを補償する必要がなくなるので、dfによるずれを勘案するOLTでの処理をスキップすることにしてもよい。

10

或いは、ONUの登録後に集中して、レンジング処理とONUの基準クロックの調整を行うことによって、dfによるずれを勘案する処理をOLTに実装しないようにしてもよい。この場合、継続的なレンジングにより周波数差dfの変化をトレースし、ずれが大きくなった段階で、再調整を行うようにすればよい。

【0063】

なお、本実施形態の図1では、マルチレートPONシステムに本発明を適用した場合を例示したが、本発明は、各端末装置の伝送レートが固定の通常のPONシステムに採用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【0064】

20

【図1】本発明が想定するマルチレートPONシステムの概略構成図である。

【図2】本発明の局側装置のPONインタフェース部の一例を示す回路図である。

【図3】本発明の端末装置のPONインタフェース部の一例を示す回路図である。

【図4】往復伝搬時間(RTT)の測定方法を示すシーケンス図である。

【図5】本発明の伝送制御方法とレンジング処理の一例を示すシーケンス図である。

【図6】本発明の別実施形態のレンジング処理を示すシーケンス図である。

【図7】本発明の別実施形態に係る端末装置のPONインタフェース部を示す回路図である。

【符号の説明】

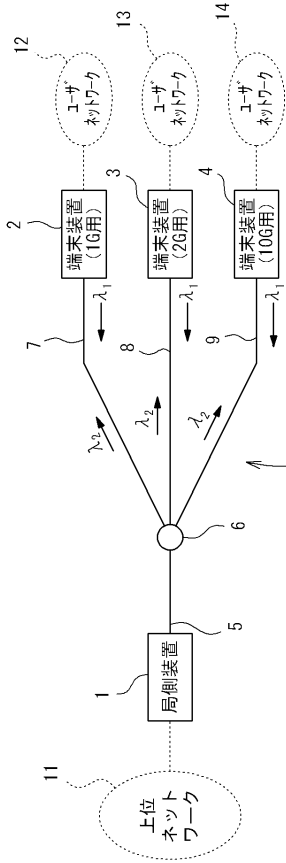
【0065】

30

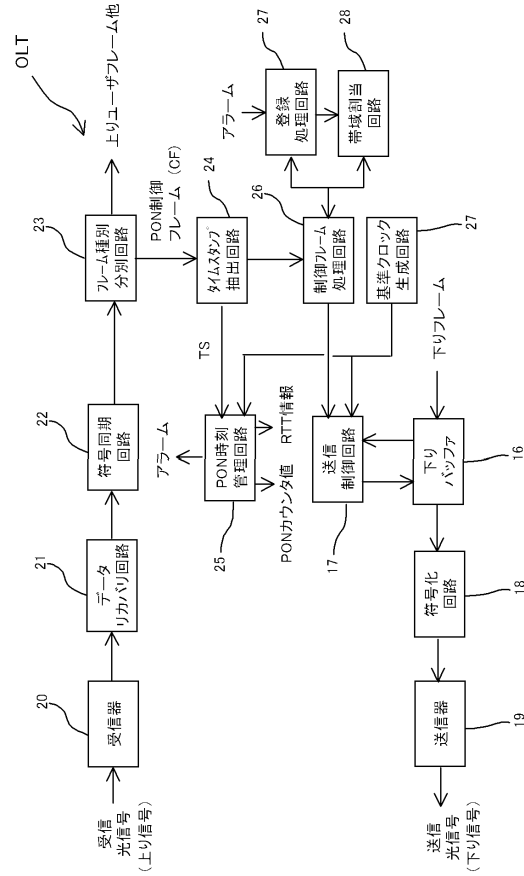
1	局側装置
2	端末装置(1G用)
3	端末装置(2G用)
4	端末装置(10G用)
5	光ファイバ
6	光カプラ
7	光ファイバ
8	光ファイバ
9	光ファイバ
10	光ファイバ網
GATE	ゲートフレーム
REPORT	レポートフレーム
TS	タイムスタンプ
RTT	往復伝搬時間

40

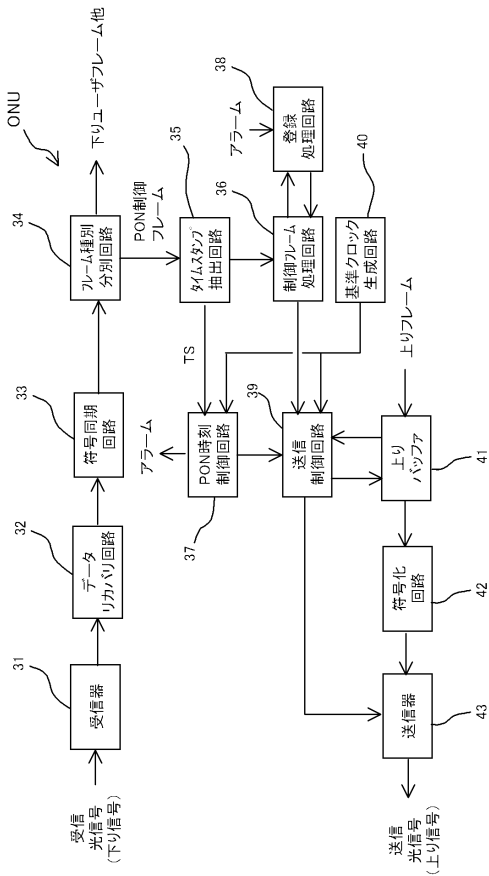
【 図 1 】



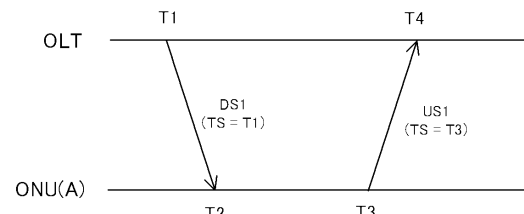
【 図 2 】



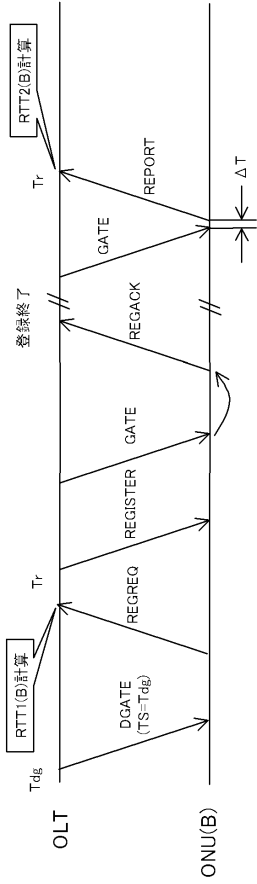
【 図 3 】



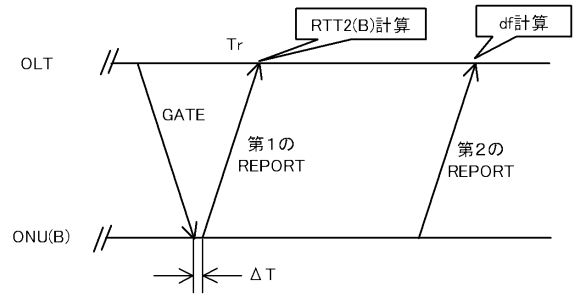
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

