

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4410818号  
(P4410818)

(45) 発行日 平成22年2月3日(2010.2.3)

(24) 登録日 平成21年11月20日(2009.11.20)

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

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2007-265777 (P2007-265777)	(73) 特許権者	000153465 株式会社日立コミュニケーションテクノロジー
(22) 出願日	平成19年10月11日(2007.10.11)		シエ 東京都品川区南大井六丁目26番3号
(65) 公開番号	特開2009-94962 (P2009-94962A)	(74) 代理人	110000350 ポレール特許業務法人
(43) 公開日	平成21年4月30日(2009.4.30)	(72) 発明者	池田 博樹 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
審査請求日	平成21年3月6日(2009.3.6)	(72) 発明者	水谷 昌彦 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	菅原 俊樹 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受動光網システムおよび局側光伝送路終端装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光分配網を介して信号伝送速度の異なる複数種類の加入者接続装置(ONU)と接続される受動光網(PON)の局側光伝送路終端装置(OLT)であって、

上記光分配網に結合される光送受信部と、

広域網と接続される送受信回線インタフェースと、

上記送受信回線インタフェースで上記広域網から受信したパケットをヘッダ部に宛先ONUの識別情報を含む下りフレームに変換する下りフレーム処理部と、

上記下りフレームを宛先ONUの信号伝送速度に応じた速度で変調し、上記光送受信部に接続された電気/光変換部に出力する下り送信制御部とを備え、

上記下り送信制御部が、変調速度を切り換えて新たな下りフレームを送信するとき、上記電気/光変換部に対して、現在の変調速度で変調された通信終了通知を出力し、変調速度を切り換えて、新たな信号伝送速度のクロック同期ビットを含む通信開始通知を出力した後、上記新たな信号伝送速度をもつ下りフレームを上記電気/光変換部に出力することを特徴とする局側光伝送路終端装置。

【請求項2】

前記各ONUの識別情報と信号伝送速度との対応関係を記憶したONU管理テーブルを備え、

前記下りフレームが、上記ONU管理テーブルが示す前記宛先ONUの識別情報と対応する信号伝送速度で変調されることを特徴とする請求項1に記載の局側光伝送路終端装置

## 【請求項 3】

前記下りフレーム処理部が、前記下りフレームを前記ONU管理テーブルが示す信号伝送速度別にバッファメモリに蓄積し、

前記下り送信制御部が、上記バッファメモリから読み出された下りフレームを前記信号伝送速度に応じた速度で変調して、前記電気/光変換部に出力することを特徴とする請求項 2 に記載の局側光伝送路終端装置。

## 【請求項 4】

前記各ONUの識別情報と、信号伝送速度と、優先度との対応関係を記憶したONU管理テーブルを備え、

前記下りフレーム処理部が、前記下りフレームを前記ONU管理テーブルが示す信号伝送速度別、優先度別にバッファメモリに蓄積し、

前記下り送信制御部が、上記バッファメモリに信号伝送速度別に蓄積された下りフレームを優先度順に読み出し、前記信号伝送速度に応じた速度で変調して、前記電気/光変換部に出力することを特徴とする請求項 1 に記載の局側光伝送路終端装置。

## 【請求項 5】

前記下り送信制御部が、前記通信開始通知を送信した後、同一の信号伝送速度をもつ複数の下りフレームを前記電気/光変換部に出力することを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れかに記載の局側光伝送路終端装置。

## 【請求項 6】

前記ONUが、第 1 または第 2 の信号伝送速度を有し、

前記下り送信制御部が、前記変調速度の切り換えによって、それぞれ前記通信開始通知で開始し、前記通信終了通知で終了する第 1、第 2 の下り通信スロットを交互に形成し、上記第 1 の下り通信スロットで上記第 1 の信号伝送速度を有するONU宛の下りフレーム群を送信し、上記第 2 の下り通信スロットで上記第 2 の信号伝送速度を有するONU宛の下りフレーム群を送信することを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れかに記載の局側光伝送路終端装置。

## 【請求項 7】

前記通信開始通知が、該当するタイムスロットで送信される下りフレームの帯域を示す制御情報を含み、前記通信終了通知が、次のタイムスロットの長さを示す制御情報を含むことを特徴とする請求項 6 に記載の局側光伝送路終端装置。

## 【請求項 8】

前記光送受信部に接続された光/電気変換部と、

上記光/電気変換部から出力された受信信号を信号伝送速度に応じた速度で復調する復調部と、

上記復調部と前記送受信回線インタフェースとの間に接続された上りフレーム処理部と、

上記上りフレーム処理部に接続されたOLT制御部とを備え、

上記OLT制御部が、信号伝送速度別の複数のディスカバリフレームを生成し、

上記OLT制御部で生成されたディスカバリフレームが、前記下り送信制御部により、ディスカバリ対象となるONUの信号伝送速度に応じた速度で変調して、前記電気/光変換部に出力されることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 7 の何れかに記載の局側光伝送路終端装置。

## 【請求項 9】

前記OLT制御部が、信号伝送速度別の複数のレンジングフレームを生成し、

上記OLT制御部で生成されたレンジングフレームが、前記下り送信制御部により、レンジング対象となるONUの信号伝送速度に応じた速度で変調して、前記電気/光変換部に出力されることを特徴とする請求項 8 に記載の局側光伝送路終端装置。

## 【請求項 10】

光分配網を介して信号伝送速度の異なる複数種類の加入者接続装置 (ONU) と接続さ

10

20

30

40

50

れる受動光網（PON）の局側光伝送路終端装置（OLT）であって、

上記光分配網に結合される光送受信部と、

広域網と接続される送受信回線インタフェースと、

上記送受信回線インタフェースで上記広域網から受信したパケットをヘッダ部に宛先ONUの識別情報を含む下りフレームに変換する下りフレーム処理部と、

上記下りフレームの宛先ONUの信号伝送速度が、標準信号伝送速度よりも遅い場合、該下りフレームのビット列を標準信号伝送速度に対応したビット列に変換した後、標準信号伝送速度で変調し、上記光送受信部に接続された電気／光変換部に出力する下り送信制御部とを備え、

上記下り送信制御部が、信号伝送速度の異なるONU宛に新たな下りフレームを送信するとき、上記電気／光変換部に対して、現在の信号伝送速度で通信終了通知を出力し、新たな信号伝送速度のクロック同期ビットを含む通信開始通知を出力した後、上記新たな信号伝送速度の下りフレームを上記電気／光変換部に出力することを特徴とする局側光伝送路終端装置。

10

#### 【請求項11】

広域網に接続された局側光伝送路終端装置（OLT）と、光分配網を介して上記OLTに接続された信号伝送速度の異なる複数種類の加入者接続装置（ONU）とからなる受動光網（PON）システムであって、上記OLTが、

OLT制御部と、

上記光分配網に結合される光送受信部と、

上記OLT制御部で生成された制御パケットおよび上記広域網から受信したパケットをヘッダ部に宛先ONUの識別情報を含む下りフレームに変換する下りフレーム処理部と、

上記下りフレームを宛先ONUの信号伝送速度に応じた速度で変調し、上記光送受信部に接続された電気／光変換部に送出する下り送信制御部と、

上記光分配網に接続された光／電気変換部の出力信号を信号伝送速度に応じた速度で復調する復調部と、

上記復調部に接続された上りフレーム処理部とを有し、

上記下り送信制御部が、変調速度を切り換えて新たな下りフレームを送信するとき、上記電気／光変換部に対して、現在の變調速度で變調された通信終了通知を出力し、變調速度を切り換えて、新たな信号伝送速度のクロック同期ビットを含む通信開始通知を出力した後、上記新たな信号伝送速度をもつ下りフレームを上記電気／光変換部に出力することを特徴とする受動光網システム。

20

30

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0001】

本発明は、高速光アクセスネットワークに関し、更に詳しくは、光ファイバで各家庭まで高速インターネットサービスを提供できる受動光網：PON（Passive Optical Network）システム、およびPONシステムに適用される局側光伝送路終端装置：OLT（Optical Line Terminal）に関する。

##### 【背景技術】

##### 【0002】

IP（Internet Protocol）ネットワークでは、音声通信、データサービスに加えて、放送／電話／データ通信を融合したトリプルプレイ（triple play）サービスのよう、高速データ転送を必要とするビデオ配信サービスが活発化している。トリプルプレイサービスにおけるネットワークテレビ：IPTV（Internet Protocol Television）は、最も重要なブロードバンド応用の一つである。

##### 【0003】

受動光網（PON）システムは、各家庭に配置されたユーザ端末に、光ファイバ網を利用した高速、広帯域のインターネットアクセスを提供する。PONシステムは、それぞれがユーザ宅側に配置され、1台あるいは複数台のユーザ端末を収容する複数の加入者接続

40

50

装置：ONU (Optical Network Unit) と、これらのONUに光ファイバ網で接続された局側光伝送路終端装置：OLT (Optical Line Terminal) とからなる。

【0004】

PONシステムの光ファイバ網は、OLTに接続された集線光ファイバと、各ONUに接続された複数の支線光ファイバと、支線光ファイバと集線光ファイバとを結合する光スプリッタ(または光カプラ)とからなり、OLTと光スプリッタと間の光伝送路を複数のONUで共用できる光分配網：ODN (Optical Distribution Network) 形態となっている。

【0005】

PONシステムは、他のブロードバンドアクセス技術に比較して、光ファイバの敷設コストを大幅に低減できる。特に、G-PON (Gigabit-Capable PON) システムは、ギガビットレベルの高速度で可変長のデータフレーム転送が可能であり、エンドユーザに各種のブロードバンドネットワーク応用を提供できる。尚、G-PONに関しては、ITU-T勧告の非特許文献1～3に開示されている。

【0006】

【非特許文献1】ITU-T G.984.1 「Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics」

【非特許文献2】ITU-T G.984.2 「Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification」

【非特許文献3】ITU-T G.984.3 「Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Transmission convergence layer specification」

【特許文献1】特開2002-185989号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

然るに、従来のPONシステムでは、OLTには、OLTと同一の信号伝送速度をもつONUしか接続できないため、高速度の情報配信サービスを実現するために伝送速度を高速化したOLTを採用すると、既存の低速度のONUとの接続ができなくなるという問題がある。

【0008】

例えば、G-PON規格の2.4Gbps対応のONUは、2.4Gbps対応のOLTとしか通信できない。従って、通信キャリアが、インターネット接続サービスに10Gbps対応の新たなOLTを投入した場合、クロック周波数の違いによって10Gbpsの光信号を送受信できない既存の2.4Gbps対応のONUは、10Gbps対応の新たなOLTを経由したインターネットへの接続が不可能となってしまう。PONシステムにおいて、ONUは設置台数が多いため、OLTの高速化に伴って、既存の低速ONUを高速タイプのものに置き換えようとする、経済的な負担が膨大なものとなる。

【0009】

PONシステムは、高速化技術の進展によって、OLTとONUとの通信速度が、2.4Gbpsから10Gbps、10Gbpsから更に高速度へと改良されるが、PONシステムが一旦運用状態になると、上述したように、既存ONUの高速ONUへの交換コストが莫大なものとなる。従って、通信キャリアにとっては、ユーザに高速情報配信サービスを提供しようとしても、既存OLTを高速化された新たなOLTに置き換えることが事実上困難となる。すなわち、PONシステムには、OLTに信号伝送速度の異なる複数タイプのONUを接続できないという問題点がある。

【0010】

関連する従来技術の1つとして、例えば、特開2002-185989号公報(特許文献1)には、上位回路と複数の加入者回路とを共通データバスで接続し、各加入者が共通データバスを時分割で使用する1対Mの伝送システムにおいて、高速度の加入者回路に割り当てられた時間領域(タイムスロット)では、低速度の他の加入者回路が使用する時

10

20

30

40

50

間領域の  $k$  倍のクロック周波数を使用することが提案されている。但し、この従来技術は、各加入者回路に対してタイムスロットを固定的に割り当てる時分割多重化通信を前提としたものであり、OLT から送信される下りフレーム毎に宛先 ONU が異なる PON システムにおける上述した課題を解決したものではない。

【0011】

本発明の目的は、1つの局側光伝送路終端装置(OLT)に信号伝送速度の異なる複数種類の加入者接続装置(ONU)を接続可能にした受動光網(PON)システムを提供することにある。

本発明の目的は、信号伝送速度の異なる複数種類の加入者接続装置(ONU)を接続可能にしたPONシステム用の局側光伝送路終端装置(OLT)を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するため、本発明のPONシステムでは、光分配網を介して信号伝送速度の異なる複数種類の加入者接続装置(ONU)と接続される局側光伝送路終端装置(OLT)が、上記光分配網に結合される光送受信部と、広域網と接続される送受信回線インタフェースと、上記送受信回線インタフェースで上記広域網から受信したパケットをヘッド部に宛先ONUの識別情報を含む下りフレームに変換する下りフレーム処理部と、上記下りフレームを宛先ONUの信号伝送速度に応じた速度で変調し、上記光送受信部に接続された電気/光変換部に出力する下り送信制御部とを備えたことを特徴とする。

20

【0013】

更に詳述すると、本発明では、OLTが、各ONUの識別情報と信号伝送速度との対応関係を記憶したONU管理テーブルを備え、光分配網に送出される下りフレームが、上記ONU管理テーブルが示す宛先ONUの識別情報と対応する信号伝送速度で変調される。

【0014】

本発明の1実施例では、上記下りフレーム処理部が、各下りフレームを上記ONU管理テーブルが示す信号伝送速度別にバッファメモリに蓄積し、上記下り送信制御部が、上記バッファメモリから読み出された下りフレームを信号伝送速度に応じた速度で変調して、上記電気/光変換部に出力する。

【0015】

尚、上記ONU管理テーブルで、各ONUの識別情報と対応付けて、信号伝送速度と優先度とを記憶しておき、上記下りフレーム処理部に、各下りフレームを上記ONU管理テーブルが示す信号伝送速度別、優先度別にバッファメモリに蓄積させることによって、上記下り送信制御部に、上記バッファメモリに信号伝送速度別に蓄積された下りフレームを優先度順に読み出して、信号伝送速度に応じた速度で変調させることが可能となる。

30

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、同一のOLTに信号伝送速度の異なる複数種類にONUを収容することができるため、稼動中にPONシステムのOLTを高速化された新たなPLTに置き換えることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0017】

以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。以下の実施例では、本発明をITU規格のG-PONに適用した場合について説明するが、本発明は、G-PON以外の他のPONシステム、例えば、イーサネット(登録商標)フレームによる情報転送に適したGE-PON(Gigabit-Ethernet PON)や、PON区間で固定長のATMセルによって情報を転送するB-PON(Broadband PON)にも適用できる。

【0018】

図1は、本発明が適用されるPONシステムの構成図を示す。

PONシステムは、局側光伝送路終端装置(OLT)10と、複数の加入者接続装置(ONU)20(20-1~20-k)と、これらの要素を接続するPON区間の光分配網

50

ODNからなる。PON区間の光分配網は、OLT10に接続された集線光ファイバ11と、各ONU20-iに接続された支線光ファイバ12-i (i=1~k)とからなり、支線光ファイバ12-iは、光スプリッタ(光カブラ)13によって集線光ファイバ11から分岐されている。OLT10は、通常、キャリアやISP(Internet Service Provider)の所有するユーザ回線収容局に設置され、ONU20-i (i=1~k)は、オフィスやマンション等のビル、またユーザ宅に設置される。

【0019】

ONU20-iは、それぞれ複数のユーザ接続回線Lij (j=1~m)を有し、これらの接続回線を介して複数のユーザ端末TEを収容している。ユーザ端末は、例えば、TE-111、TE-112 (TE-k11、TE-k12)に示すように、宅内ルータまたは宅内スイッチ30-1 (30-k)を介して、ONU20-1 (ONU20-k)に接続される場合と、例えば、TE-21、TE-2m (TE-km)に示すように、ONU20-2 (ONU20-k)に直接的に接続される場合とがある。

NWは、複数のルータ40 (40-1~40-n)からなる広域ネットワーク (ISP網を含む)を示す。PONシステムに接続された各ユーザ端末TEは、ONU20-i、OLT10、ルータ40-1を介して、広域ネットワークNWに接続されたサーバ50 (50-1、50-2)と通信する。

【0020】

図1では簡単化のために、サーバ50-1、50-2がルータ40-1に直接接続されているが、実際のネットワークでは、これらのサーバ50-1、50-2とルータ40-1との間には、更に別のルータが存在し得る。また、ネットワークNWには、サーバ50-1、50-2の他に、各ユーザ端末からアクセス可能な多数のサーバが存在しているが、図1では省略されている。

【0021】

OLT10は、ルータ40-1経由で通信回線L1から、例えば、サーバ40-2が送信したユーザ端末TE-111宛のフレームを受信すると、この受信フレームをPON区間に固有の伝送レイヤプロトコルに従ったフレームフォーマット (G-PONではGEMフレーム)に変換して、光ファイバ11に送信する。PON区間では、OLT10が光ファイバ11に送信した下りフレームは、スプリッタ13で支線光ファイバ12-1~12-kに分岐され、全てのONU20-1~20-kにブロードキャストされる。

【0022】

各ONU20-iには、PON内で固有のポートIDが割り当てられている。各ONUは受信フレームのヘッダ部 (G-PONではGEMヘッダ)が示す宛先識別情報 (ポートID)を参照し、宛先識別情報が自ポートIDと一致したフレーム、または宛先識別情報がマルチキャストポートIDを示すフレームを受信処理し、それ以外の受信フレームは廃棄する。ユーザ端末TE-111宛のフレームを含むGEMフレームには、ONU20-1に固有のポートIDを含むGEMヘッダが付されている。従って、ONU20-1だけが、このGEMフレームを受信処理する。ONU20-1は、GEMフレームからGEMヘッダを外し、受信フレームのヘッダが示す宛先情報に従って、受信フレームをユーザ端末TE-111との接続回線L11に転送する。

【0023】

一方、ONU20-1~20-kからネットワークNWに向かう上りフレームは、光ファイバ11上での衝突を回避するため、OLT10が予め各ONUに割り当てた個別の送信時間帯を利用して送信され、光ファイバ11上で時分割多重された状態でOLT10に到達する。OLT10は、必要に応じてフォーマット変換した後、光ファイバ11から受信した上りフレームをルータ40-1に転送する。

【0024】

本発明では、OLT10には、信号伝送速度の異なる複数のONUが接続される。以下の説明では、ONU20-1~20-kは、2.4Gbpsまたは10Gbpsの何れかの信号伝送速度をもつものと仮定する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

図2は、ユーザ端末とONUとの間の通信プロトコルと、OLT10とルータ40-1との間の通信プロトコルとがイーサネットの場合に、OLT10がルータ40-1から受信する下り通信フレームF1のフォーマットと、PON区間の下りGEMフレーム70のフォーマットを示す。

## 【 0 0 2 6 】

ルータ40-1からの受信フレームF1は、IPパケット60とL2ヘッダ63とからなる。IPパケット60は、IPヘッダ61とIPペイロード62とからなる。IPヘッダ61には、送信元IPアドレス(SA)611、宛先IPアドレス(DA)612、その他のヘッダ情報が含まれる。

10

ここで、IPヘッダの送信元IPアドレス(SA)611は、IPパケットの送信元、例えば、サーバ50-1のIPアドレスを示し、宛先IPアドレス(DA)612は、IPパケットの宛先となるユーザ端末のIPアドレスを示す。

## 【 0 0 2 7 】

本実施例の場合、L2ヘッダ63は、イーサネットヘッダであり、宛先MACアドレス(DMAC)631と、送信元MACアドレス(SMAC)632と、プロトコルタイプ634と、その他のヘッダ項目635を含む。L2ヘッダに続くパケットの種別を示すプロトコルタイプ634には、本実施例の場合、IPパケットであることを示す値が設定されている。また、DMAC631は、イーサネットフレームの宛先となるユーザ端末のMACアドレスを示し、SMACは、イーサネットフレームの送信元となるルータ40-1のMACアドレスを示している。通信の安全性を高めるために、ユーザ端末が、ルータ40-1との間に形成されたVLAN(Virtual LAN)を利用してフレームを送受信する場合、L2ヘッダ63にはVLAN識別子(VID)633が含まれる。

20

## 【 0 0 2 8 】

PON区間の下りGEMフレーム70は、5バイトのGEMヘッダ71と、可変長のGEMペイロード72とからなる。PON区間の下りフレームは、GEMヘッダ71に含まれるポートIDに従って受信制御が行われる。OLT10は、GEMペイロード72に、ルータ40-1からの受信フレームF1を設定し、GEMヘッダ71に、受信フレームF1を受信すべきONUを指定するためのポートIDを設定する。また、ルータ40-1からの受信フレームF1が、光ファイバ11に接続された全てのONUで受信すべきマルチキャストフレームの場合、OLT10は、GEMペイロード72に、ルータ40-1からの受信フレームF1を設定し、GEMヘッダ71に、予め決められたマルチキャスト用のポートIDを設定する。

30

## 【 0 0 2 9 】

図3は、OLT10から光ファイバ11に送信されるTC(Transmission Convergence)ダウンストリームフレーム(G-PONではGTCフレーム)80のフォーマットを示す。

GTCダウンストリームフレーム80は、ヘッダとなるPCBd(Physical Control Block downstream)81と、GTCペイロード82とからなる。GTCダウンストリームフレーム80の最大長は、例えばG-PONの場合、38880バイトとなる。図2で説明したGEMフレーム70は、図4にGEM(1)、GEM(2)で示すように、GTCペイロード82にマッピングされる。

40

## 【 0 0 3 0 】

本実施例では、1つのGTCダウンストリームフレーム80で、2.4Gbps ONU宛のGEMフレームを送信し、10Gbps ONU宛のGEMフレームは、別のGTCダウンストリームフレーム80で送信する。

## 【 0 0 3 1 】

図4は、信号伝送速度の異なる複数種類のONUと接続できる本発明のOLT10の第1の実施例を示す。

OLT10は、OLT制御部100と、集線光ファイバ11に接続された光送受信部1

50

01と、広域網側の回線L1に接続された送信回線インタフェース102Aおよび受信回線インタフェース102Bと、光送受信部101と送信回線インタフェース102Aとの間に設けられた上り信号処理回路と、光送受信部101と受信回線インタフェース102Bとの間に設けられた下り信号処理回路とからなる。

【0032】

上り信号処理回路は、光送受信部101で受信した光信号を電気信号に変換する光電気(O/E)変換部110と、O/E変換部110に接続された10Gbps復調回路111Aおよび2.4Gbps復調回路111Bからなる復調部と、復調回路111A、111Bの一方の出力を選択するセレクタ113と、セレクタ113に接続された上りフレーム処理部114とからなる。上りフレーム処理部114は、セレクタの出力信号から上りフレームを再生する上りフレーム終端部1141と、上りフレーム終端部1141に接続された上りフレーム解析部1142と、上りフレーム解析部1142から出力されたフレームを通信回線L1上のプロトコルに適合したフォーマットに変換する上りフレーム生成部1143とからなる。

10

【0033】

上りフレーム解析部1142は、上り受信フレームを解析し、受信フレームがPON区間における制御フレームの場合は、これをOLT制御部100に出力し、受信フレームが、ユーザフレームまたはルータ40-1に転送すべき制御フレームの場合は、これを上りフレーム生成部1143に転送する。

【0034】

上りフレーム生成部1143は、例えば、通信回線L1上のプロトコルがATMであれば、受信フレームをATMセル群に変換して、送信回線インタフェース102Aに転送する。フレームのフォーマット変換に必要な情報は、ネットワーク構成情報メモリ130から読み出される。本実施例では、通信回線L1上のプロトコルがイーサネットであり、上り受信フレームもイーサネットフレームの場合を想定しているため、上りフレーム生成部1143は、上りフレーム解析部1142から出力されたイーサネットフレームをそのまま送信回線インタフェース102Aに転送すればよい。

20

【0035】

一方、下り信号処理回路は、受信回線インタフェース102Bが通信回線L1から受信した下りフレーム(または下りパケット)を一時的に蓄積するための受信バッファ120と、受信バッファ120から読み出した下りフレームをPON区間に固有のフレームフォーマットに変換して出力する下りフレーム処理部121と、下りフレーム処理部121から出力された下りPONフレームを一時的にバッファリングするバッファメモリ122と、下り送信制御部123と、電気光(E/O)変換部124と、バッファメモリ122から読み出された下りフレームを10Gbps変調回路131Aと2.4Gbps変調回路131Bの何れかに選択的に振り分けるスイッチ130と、変調回路131A、131Bの一方の出力信号を選択的に上記E/O変換部124に供給するセレクタ132とからなる。E/O変換部124は、セレクタ132からの出力信号を光信号に変換して、光送受信部101に出力する。

30

【0036】

下りフレーム処理部121は、受信バッファ120から読み出した下りフレームを解析する下りフレーム解析部1210と、下りフレーム解析部1210から出力されたフレームを一時的にバッファリングするバッファメモリ1211と、OLT制御部100から供給された下り制御フレーム(または制御パケット)とバッファメモリ1211から読み出された下りユーザフレームをGEMフレームに変換するPONフレーム生成部1212とからなる。

40

【0037】

OLT制御部100は、各ONUから送信データの蓄積状態または送信データ長を示す制御フレームを受信して、帯域管理テーブル140によって、各ONUに割り当てべき上りフレームの送信時間帯を制御する。各ONUに割り当てられた上りフレームの送信時

50



間帯は、OLT制御部で生成された下り制御フレームによって、各ONUに通知される。

【0038】

ONU管理テーブル150には、図5の(A)に示すようにONU識別子(ポートID)151と、信号伝送速度(クロック周波数)152との対応関係が記憶されている。また、ヘッダ管理テーブル160には、下りフレームの宛先アドレス(DMAC)と、GEMヘッダに設定すべきポートIDとの対応関係を示す複数のテーブルエントリを含む。例えば、図1のユーザ端末TE-111、TE-112のMACアドレスを含むテーブルエントリは、ポートIDとして、ONU20-1のポートIDが記憶されている。

【0039】

PONフレーム生成部1212は、ヘッダ管理テーブル160から、下りフレームのL2ヘッダが示すDMACと対応するポートIDを検索し、ONU管理テーブル150から、このポートIDと対応する信号伝送速度(10Gbpsまたは2.4Gbps)を判定して、ポートIDを含むGEMヘッダを生成する。PONフレーム生成部1212は、上記GEMヘッダを付加することによって、バッファメモリ1211から読み出された下りユーザフレームとOLT制御部100から供給された下り制御フレームをGEMフレームに変換し、GEMフレームをバッファメモリ122に信号伝送速度別にバッファリングする。

【0040】

下り送信制御部123は、TCフレーム(本実施例ではGTCフレーム)を形成して、バッファメモリ122から読み出したGEMフレームをTCフレームのペイロードで送信する。下り送信制御部123は、スイッチ130によって、バッファメモリ122から読み出したGEMフレームを変調回路131Aまたは131Bに選択的に振り分ける。クロック周波数が10Gbpsのバッファ領域から読み出されたGEMフレームは、10Gbpsの変調回路131Aで変調され、クロック周波数が2.4Gbpsのバッファ領域から読み出されたGEMフレームは、2.4Gbpsの変調回路131Bで変調される。下り送信制御部123は、スイッチ130と連動してセクタ132を制御することによって、変調回路131A、131Bで生成された変調信号をE/O変換部124に選択的に出力する。

【0041】

上述したように、GEMヘッダが示すポートIDに応じて、適用すべき変調回路を切り換えることによって、例えば、図6に模式的に示すように、GEMフレームを宛先ONUの信号伝送速度に適合した周波数で変調できる。下りフレームは、光ファイバ網で全ONUに転送されるが、上記構成によって、各ONU20は、それぞれの信号伝送速度(クロック周波数)に一致したGEMフレームの中から、自ポートIDをもつGEMフレームを選択的に受信処理することが可能となる。

【0042】

OLT10は、各ONU20に上りフレームの送信帯域を割り当てているため、各ONUからの上りフレームの受信タイミングに合わせて、セクタ113を制御できる。従って、信号伝送速度が10GbpsのONUから上りフレームを受信する時は、セクタ113で10Gbps復調回路111Aの出力を選択し、信号伝送速度が4.2GbpsのONUから上りフレームを受信する時は、セクタ113で4.2Gbps復調回路111Bの出力を選択することによって、復調された上りフレーム信号を上りフレーム終端部1141に供給することができる。

【0043】

図7は、本発明のOLT10の第2の実施例を示す。

第2実施例のOLT10は、10Gbpsを標準的な信号伝送速度としている。本実施例では、下り信号処理回路のスイッチ130とセクタ132の間に、ビット列変換回路133を設け、このビット列変換回路133によって、2.4Gbps対応のONU宛に送信する下りフレームのビット列を10Gbpsのビット列に変換することを特徴としている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 4 】

OLT 10の光信号送受信部 101は、例えば、NRZ (Non Return to Zero) 形式の 10 Gbps の信号送受信を標準モードとしている。図 8 の (A) は、バッファメモリ 122 から読み出された 2.4 Gbps 対応の ONU 宛に送信されるフレームのビット列を示している。ビット列変換回路 133 で、上記送信フレームの各ビットを図 8 の (B) に示すように 4 通倍し、変調回路 134 で 10 Gbps のクロック周波数で変調すると、図 8 の (C) に示すように、2.4 Gbps の信号を擬似的に 10 Gbps の光信号として送信することができる。

## 【 0 0 4 5 】

一方、各 ONU から送信された上りフレームの送信信号は、10 Gbps の復調回路 111 で復調した後、ビット列変換回路 112 で 2.4 Gbps 信号に変換される。OLT 制御部 100 は、10 Gbps 対応の ONU から送信された上りフレームを受信する時は、復調回路 111 の出力をセレクタ 113 で選択し、2.4 Gbps 対応の ONU から送信された上りフレームを受信する時は、ビット列変換回路 112 の出力をセレクタ 113 で選択して、上りフレーム終端部 114 に供給する。

10

## 【 0 0 4 6 】

図 9 は、OLT 10 から ONU 20 への下りフレームの送信シーケンスの 1 例を示す。

OLT 10 は、下りフレームの宛先 ONU の信号送受信速度に対応した送信速度で各下りフレームを送信する。従って、OLT 10 に信号送受信速度の異なる複数種類の ONU が接続されている場合でも、各 ONU 20 は、それぞれの信号送受信速度に適合したクロック周波数で光信号を受信できる。クロック周波数速度や受信機の性能にも依存するが、通常、同期速度は、10 ~ 500 nsec のオーダーである。

20

## 【 0 0 4 7 】

図 9 に示した例では、OLT 10 は、(A) に示すように、下りフレームの送信帯域を 10 Gbps 用のスロットと、2.4 Gbps 用のスロットに分けている。10 Gbps 対応の各 ONU には、10 Gbps の信号速度で送信される通信開始通知 (制御フレーム) F10-1 によって、下り通信スロットの開始が通知され、10 Gbps の信号速度で送信される通信終了通知 F12-1 によって、下り通信スロットの終了が通知される。10 Gbps の下りデータフレーム (GEM フレーム) F11-1、F11-2、・・・は、通信開始通知 F10-1 の後で送信される。

30

## 【 0 0 4 8 】

同様に、2.4 Gbps 対応の各 ONU には、2.4 Gbps の信号速度で送信される通信開始通知 (制御フレーム) F10-2 によって、下り通信スロットの開始が通知され、下りデータフレーム F21-1、F21-2、・・・を送信した後、2.4 Gbps の信号速度で送信される通信終了通知 F12-2 によって、下り通信スロットの終了が通知される。

## 【 0 0 4 9 】

10 Gbps の各通信開始通知と、2.4 Gbps の通信開始通知は、クロック同期ビットと、ONU に対して各スロットで送信される下りデータフレームの帯域 (或いは送信ビット数) を通知するための帯域制御情報を含む。G-PON の場合、通信開始通知 F10-1 として、GTC フレームのヘッダとなる PCBd (Physical Control Block downstream) を使用できる。

40

## 【 0 0 5 0 】

10 Gbps 対応の各 ONT 22 は、図 9 (C) に示すように、通信開始通知 F10-1 の受信時にクロック同期を確立し、下りデータフレーム F11-1、F11-2、・・・のヘッダ (GEM ヘッダ) が示すポート ID を判定して、下りデータフレームを選択的に受信する。2.4 Gbps 対応の ONU は、10 Gbps の通信開始通知 F10-1 の光信号にはクロック同期できないため、図 9 (B) に示すように、10 Gbps のフレーム F10-1、F11-1、F12-1 は受信できない。

## 【 0 0 5 1 】

50

OLT 10は、通信終了通知 F 12 - 1を送信することによって、10 Gbps 対応の各 ONU に、10 Gbps の下り光信号の受信停止を準備させる。10 Gbps の下り光信号の受信停止を予告しておくことによって、下り光信号の速度が、2.4 Gbps の下りスロットで、10 Gbps から 2.4 Gbps に切り替ったとき、10 Gbps 対応の各 ONU が、同期エラー状態に陥るのを防止できる。尚、10 Gbps の通信終了通知 F 12 - 1によって、10 Gbps 対応の各 ONU に、後続する 2.4 Gbps の下りスロットの長さ(2.4 Gbps 光信号の帯域、或いはビット数)を予告するようにしてもよい。この場合、各 ONU は、10 Gbps の次の下りタイムスロットの開始を予期することが可能となる。

2.4 Gbps の下りスロットでは、OLT 10は、2.4 Gbps 対応の ONU を相手にして、上記と同様の動作を繰り返す。

#### 【0052】

図10は、OLT 1 - と ONU 20 との間で行われるディスカバリとレンジングの一般的なメッセージ・シーケンスを示す。

OLT 10 (OLT 制御部 100) は、新たな ONU が接続されたこと、または、接続中の ONU が正常に動作していることを確認するために、全 ONU 宛にディスカバリ用の「GATE」メッセージを周期的にブロードキャストする(501)。GATE メッセージを受信した各 ONU は、それぞれランダムな待ち時間が経過した時点で、ONU 情報を含む「REGISTER\_\_REQUEST」メッセージを OLT 10 に返信する(502)。

#### 【0053】

OLT 10 は、ONU 20 - 1 から REGISTER\_\_REQUEST メッセージを受信すると、ONU 情報を記憶した後、ONU 20 - 1 に「REGISTER」メッセージを返送する(503)。この後、OLT 10 は、ONU 20 - 1 に、ONT のポート ID を含む「GATE」メッセージを送信する(504)。GATE メッセージを受信した ONU 20 - 1 が、OLT 10 に「REGISTER\_\_ACK」メッセージを返送すると(505)、ONU 20 - 1 に関するディスカバリ処理が完了する。他の ONU についても、上記と同様の手順(502 ~ 505)が繰り返される。

#### 【0054】

次に、レンジングについて説明する。

PON システムでは、光分配網 ODN を形成する支線光ファイバの長さに違いがあるため、各 ONU 20 から送信された光信号が OLT 10 に到着するまでの時間に差異が発生する。そこで、OLT 10 は、レンジングによって、各 ONU 20 との間の物理的な距離(伝送路長)を測定して、各 ONU からの上りメッセージの送信タイミングを調整している。レンジングにおいて、OLT 10 は、各 ONU に、ONU 識別子(ポート ID)と時間情報などを含むレンジング用の GATE メッセージを送信する(510)。各 ONU は、自ポート ID を含む GATE メッセージを受信すると、ランダムな待ち時間が経過した時点で、ポート ID と時間情報を含む REPORT メッセージを OLT 10 に送信する(511)。

#### 【0055】

本発明の PON システムでは、OLT 10 は、以下に説明するように、信号伝送速度の異なる複数種類の ONU を相手にして、ディスカバリとレンジングを行う。

図11は、本発明の OLT 10 と ONU 20 との間で実行されるディスカバリのメッセージ・シーケンスの1例を示す。

本実施例では、OLT 10 は、10 Gbps 対応の ONU を対象としたディスカバリメッセージ(GATE)の送信と、2.4 Gbps 対応の ONU を対象としたディスカバリメッセージ(GATE)の送信とを別々のタイムスロットで実行する。

#### 【0056】

図11(A)に示すように、本実施例では、OLT 10 は、2.4 Gbps の下り通信開始通知 F 20 - 1 を送信した後、最初のディスカバリ制御フレーム、すなわち、ヘッダ

10

20

30

40

50

にブロードキャスト用のポートIDを含み、2.4 Gbps対応の全てのONTが受信するGATEメッセージF21-1をブロードキャストする。OLT10は、GATEメッセージF21-1を送信した後、2.4 Gbpsの下り通信終了通知F22-1する。この後、OLT10は、10 Gbpsの下り通信開始通知F20-2を送信し、10 Gbps対応の全てのONTが受信する10 GbpsのGATEメッセージF21-2をブロードキャストして、10 Gbpsの下り通信終了通知F22-1する。

【0057】

2.4 Gbps対応のONU、例えば20-1は、図11の(B)に示すように、2.4 Gbpsの制御フレームF20-1、21-1、22-1を受信し、10 Gbpsの制御フレームF20-2、21-2、22-2は受信しない。同様に、10 Gbps対応のONU、例えば20-2は、図11の(C)に示すように、10 Gbpsの制御フレームF20-2、21-2、22-2を受信し、2.4 Gbpsの制御フレームF20-1、21-1、22-1は受信しない。

10

【0058】

ONU20-1は、ディスカバリ制御フレーム(GATEメッセージ)F21-1(または通信終了通知F22-1)を基準にして、ランダムな待ち時間RD#1が経過した時点で、ONU情報を含むREGISTER\_REQUESTメッセージF23-#1をOLT10に返信する。ONU情報としては、例えば、G-PONの場合は、シリアルナンバー(SN)、GE-PONの場合は、ONUのMACアドレスが適用される。

2.4 Gbps対応の他のONU20-nも、ランダムな待ち時間RD#nが経過した時点で、ONU情報を含むREGISTER\_REQUESTメッセージF23-#nをOLT10に返信する。

20

【0059】

10 Gbps対応のONU20-2は、ディスカバリ制御フレーム(GATEメッセージ)F21-2(または通信終了フレームF22-2)を基準にして、ランダムな待ち時間RD#2が経過した時点で、ONU情報を含むREGISTER\_REQUESTメッセージF23-#2をOLT10に返信する。

【0060】

図12は、本発明のOLT10とONU20との間で実行されるレンジングのメッセージ・シーケンスの1例を示す。

30

OLT10は、図12の(A)に示すように、例えば、2.4 Gbpsの通信開始通知F30-1を送信した後、ディスカバリによって存在が確認済みとなっている2.4 Gbps対応のONUを順次を選択して、レンジング用の制御フレーム、すなわち、ONT識別子(ポートID)と時間情報などを含むレンジング用のGATEメッセージを送信し、ONUからの応答を待つ。

【0061】

例えば、OLT10が、ONT識別子が#1のONT20-1にGATEメッセージF31-1を送信すると、図12の(B)が示すように、ONT20-1が、時間情報を含むREPORTメッセージF32-1をOLT10に返送する。OLT10は、REPORTメッセージF32-1を受信すると、ONU20-1についてのレンジングを完了し、2.4 Gbps対応の次のONU、例えば、ONU20-3のONT識別子を含むGATEメッセージF31-3を送信して、ONUからの応答を待つ。この場合、図11の(C)に示すように、ONT20-1が、時間情報を含むREPORTメッセージF32-1をOLT10に返送する。

40

【0062】

このようにして、2.4 Gbps対応の全てのONUについて、レンジングが完了すると、OLT10は、10 Gbpsの通信開始通知F30-2を送信した後、ディスカバリによって存在が確認済みとなっている10 Gbps対応のONUを順次を選択して、レンジング用のGATEメッセージを送信し、ONUからの応答を待つ。10 Gbps対応のONU20-2は、図12の(D)に示すように、2.4 Gbpsの制御フレームF30

50

- 1、F31-1、F31-3に対しては無応答であり、10Gbpsの通信開始通知F30-2を受信すると、自ノード宛のGATEメッセージが受信されるのを待ち、自ノード宛のGATEメッセージを受信すると、時間情報を含むREPORTメッセージをOLT10に返送する。

【0063】

図13に、同一の信号伝送速度をもつ複数の下りフレーム(GEMフレーム)を1つのタイムスロット(TCフレーム)でまとめて送信する方法の1例を示す。図13の(A)は、バッファメモリ122に形成される10Gbps用のフレームキュー122Aと、2.4Gbps用のフレームキュー122Bを示している。

【0064】

図4、図7に示した下りフレーム処理部121のPONフレーム生成部1212は、GEMヘッダ部にポートIDを含むGEMフレームを生成すると、ONU管理テーブル150を参照して、上記ポート番号と対応する信号伝送速度(クロック周波数)を特定し、GEMフレームを信号伝送速度と対応するフレームバッファ122Aまたは122Bにバッファリングする。図において、GEMフレームは、A、B、C、Dの順序で生成されたことを示している。

【0065】

下り送信制御部123は、10Gbps用のタイムスロットと2.4Gbps用のタイムスロットを交互に設け、例えば、10Gbps用のタイムスロットにおいて、TCヘッダ部で10Gbpsの通信開始通知F10-1を送信した後、10Gbps用のフレームキュー122AからGEMフレームF11-1をFIFO(First-In First-Out)形式で順次に読み出し、TCフレームのペイロードを利用して送信した後、TCフレームの最後で10Gbpsの通信終了通知F12-1を送出する。下り送信制御部123は、次に、2.4Gbps用のタイムスロットにおいて、TCヘッダ部で2.4Gbpsの通信開始通知F10-2を送信した後、2.4Gbps用のフレームキュー122BからGEMフレームF11-2をFIFO形式で順次に読み出し、TCフレームのペイロードを利用して送信し、TCフレームの最後で2.4Gbpsの通信終了通知F12-2を送出する。

【0066】

ここでは、フレームキュー122A、122Bに蓄積された信号速度別のGEMフレームをFIFO形式で送信したが、例えば、図5の(B)に示すように、ONU管理テーブル150に、ONU識別子(ポート番号)と対応付けて、信号伝送速度(クロック周波数)152と優先度153を登録しておき、PONフレーム生成部1212が、バッファメモリ122A、122B内に、GEMフレームを優先度別にバッファリングするようにしてもよい。この場合、下り送信制御部123が、各タイムスロットにおいて、高優先度キューからGEMフレームを順次に読み出し、高優先度キューが空になった場合に、低優先度キューからGEMフレームを読み出すことによって、高優先度のフレームを優先的にONUに送信することが可能となる。

【0067】

以上の実施例では、10Gbps用、および2.4Gbps用の各タイムスロットにおいて、OLT10が、信号速度が同一の複数の下りフレームを連続的に送信したが、1つのTCフレームを10Gbps用タイムスロットと2.4Gbps用タイムスロットに分割し、各タイムスロットで、図9で説明した下りフレーム送信を行うようにしてもよい。

【0068】

実施例では、G-PONを例にして、本発明のPONシステムの動作を説明したが、本発明は、G-PON以外の他のPONにも適用できる。実施例で説明したG-PONでは、ポートIDがONU識別子となっているが、例えば、B-PONシステムの場合は仮想チャンネル識別子(VPI)、GE-PONの場合はデータのロジックリンク識別子(LLID: Logical link Identifier)をONUの識別子、換言すれば、PONシステムのリンクIDとして利用できる。従って、ONU管理テーブル150に、ONU識別子(リンクID)としてVPIまたはLLIDの値を登録し、これと対応付けて信号伝送速度(

10

20

30

40

50

クロック周波数) 152を記憶しておくことによって、B-PONまたはGE-PONでも、信号伝送速度の異なる複数種類のONUを1つのOLTに収容できる。

【0069】

また、実施例では、OLTが、TCフレームのヘッダ部を利用して、2.4Gbpsと10Gbpsの通信開始通知を送信したが、例えば、GE-PONの場合、これらの通知を個別のフレームとして送信できる。

本発明のPONシステムによれば、信号伝送速度の異なる複数種類のONUを1つのOLTに収容できるため、既存のONUをリプレースすることなく、OLTの性能を柔軟アップグレードできる。

【図面の簡単な説明】

10

【0070】

【図1】本発明が適用されるPONシステムの構成の1例を示す図。

【図2】OLT10がネットワークNW側のルータから受信する下りフレームのフォーマットと、PON区間で送信されるGEMフレームのフォーマットを示す図。

【図3】OLT10からPON区間の光ファイバ網に送信されるGTCフレームのフォーマットを説明するための図。

【図4】本発明のOLT10の第1の実施例を示すブロック構成図。

【図5】本発明のOLT10が備えるONU管理テーブルを示す図。

【図6】第1の実施例における下り送信信号を説明するための図。

【図7】本発明のOLT10の第1の実施例を示すブロック構成図。

20

【図8】第1の実施例における下り送信信号を説明するための図。

【図9】本発明のPONシステムにおける下りフレームの送信シーケンスの1例を説明するための図。

【図10】PONシステムにおけるディスカバリとレンジングの一般的なメッセージシーケンスを示す図。

【図11】本発明のPONシステムにおけるディスカバリのメッセージシーケンスを示す図。

【図12】本発明のPONシステムにおけるレンジングのメッセージシーケンスを示す図。

【図13】複数の下りフレームを1つのタイムスロットでまとめて送信する方法の1例を説明するための図。

30

【符号の説明】

【0071】

10：OLT、11、12：光ファイバ網、13：光カプラ、20：ONU、

30、40：ルータ、TE：ユーザ端末、

100：OLT制御部、101：光送受信部、102A：送信回線インタフェース、

102B：受信回線インタフェース、110：O/E変換部、111：復調回路、

114：上りフレーム処理部、1141：上りフレーム終端部、1142：上りフレーム

解析部、1143：上りフレーム生成部、120：受信バッファ、121：下りフレーム

処理部、122：バッファメモリ、

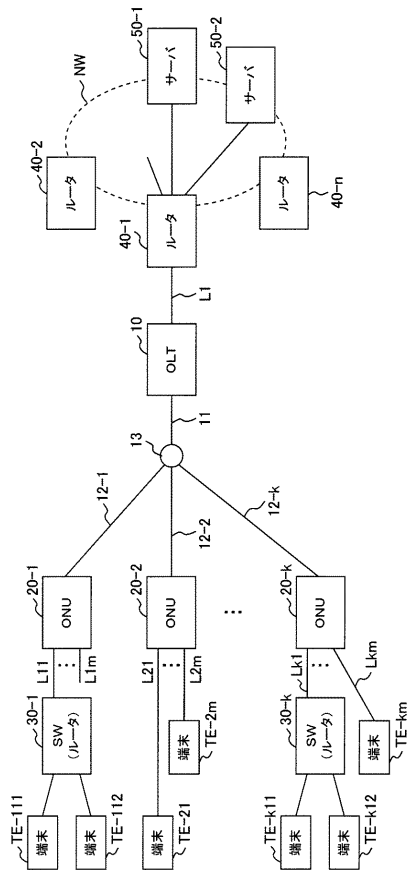
40

123：下り送信制御部、124：E/O変換部、130：スイッチ、131：変調回路、

113、132：セレクタ、112、133：ビット列変換回路。

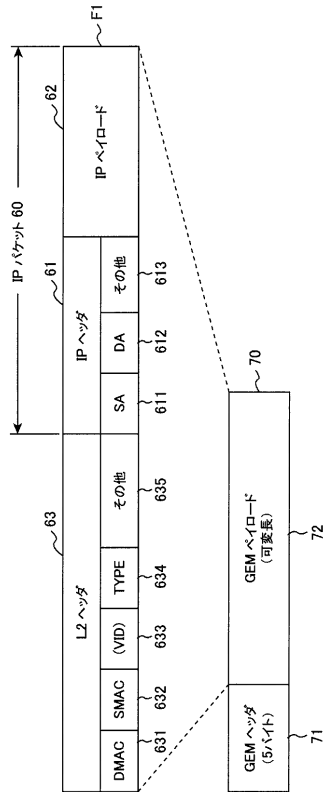
【図1】

図1



【図2】

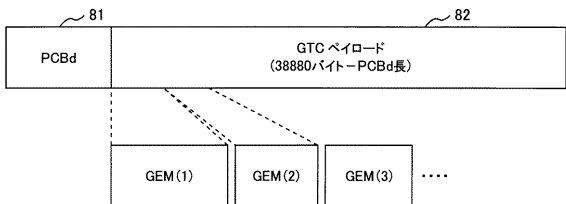
図2



【図3】

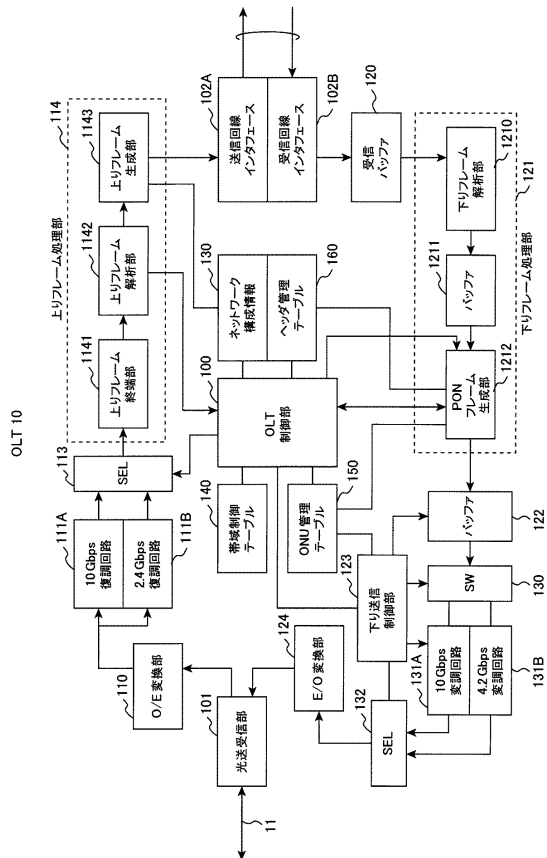
図3

GTCダウンストリームフレーム 80



【図4】

図4



【図5】

図 5

ONU 管理テーブル 150

(A)

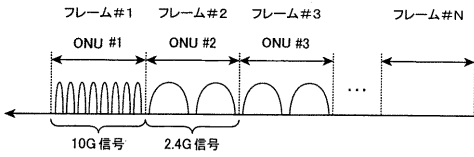
ONU 識別子	信号伝送速度 (クロック周波数)
20-1	2.4 Gbps
20-2	10 Gbps
20-3	2.4 Gbps
⋮	⋮

(B)

ONU 識別子	信号伝送速度 (クロック周波数)	優先度
20-1	2.4 Gbps	高
20-2	10 Gbps	高
20-3	2.4 Gbps	低
⋮	⋮	⋮

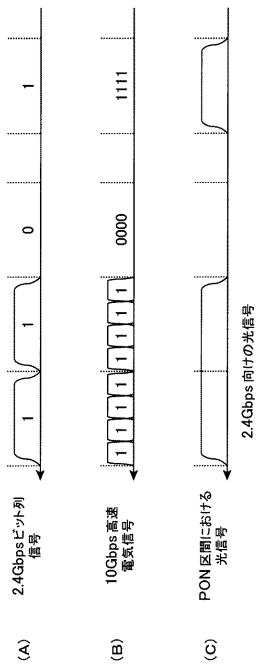
【図6】

図 6



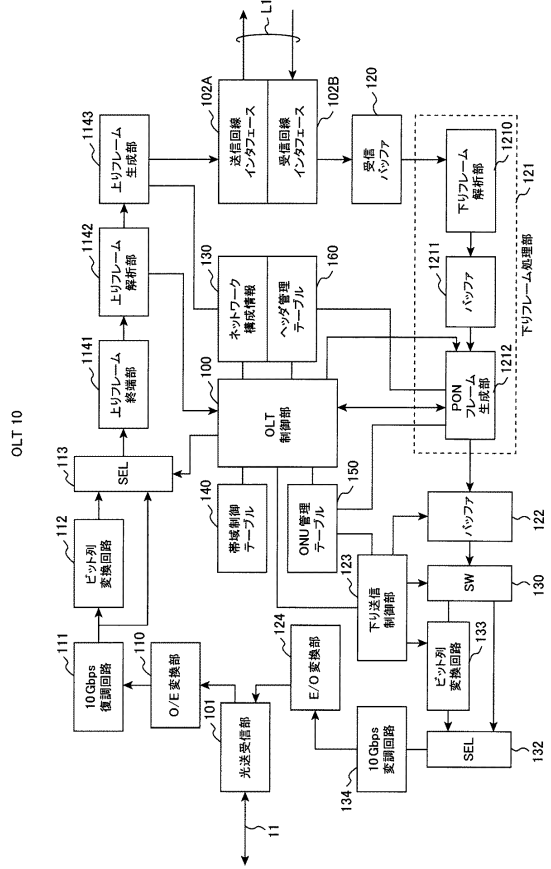
【図8】

図 8



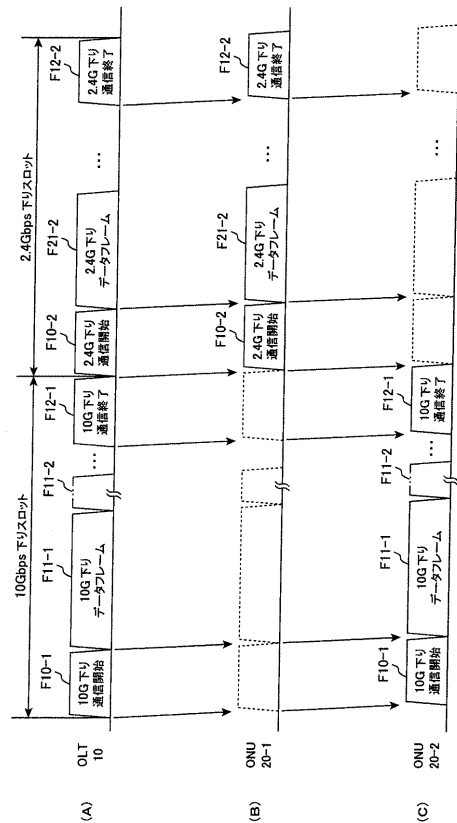
【図7】

図 7



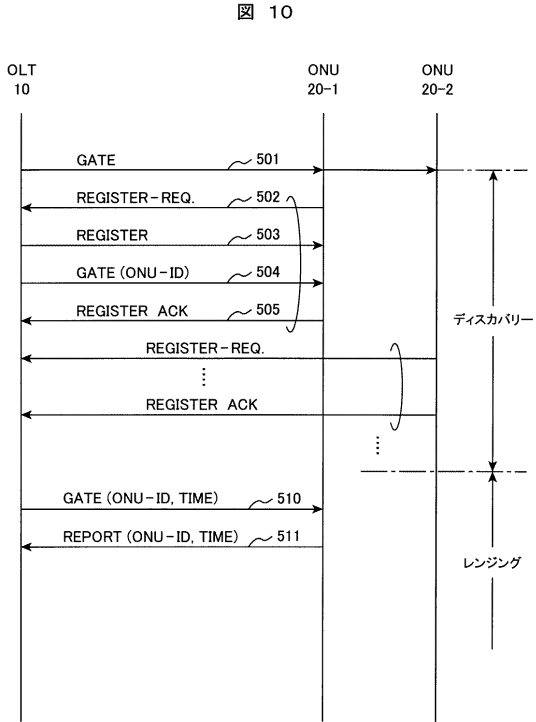
【図9】

図 9

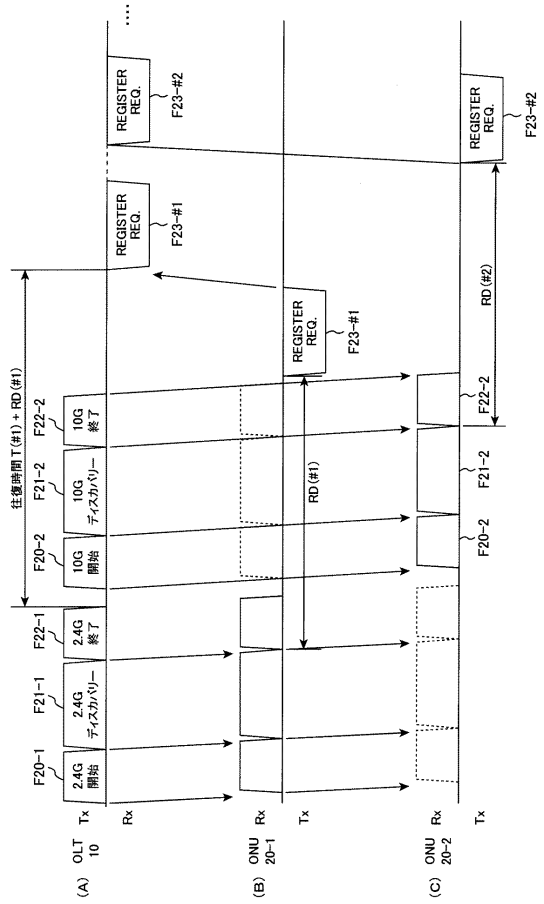




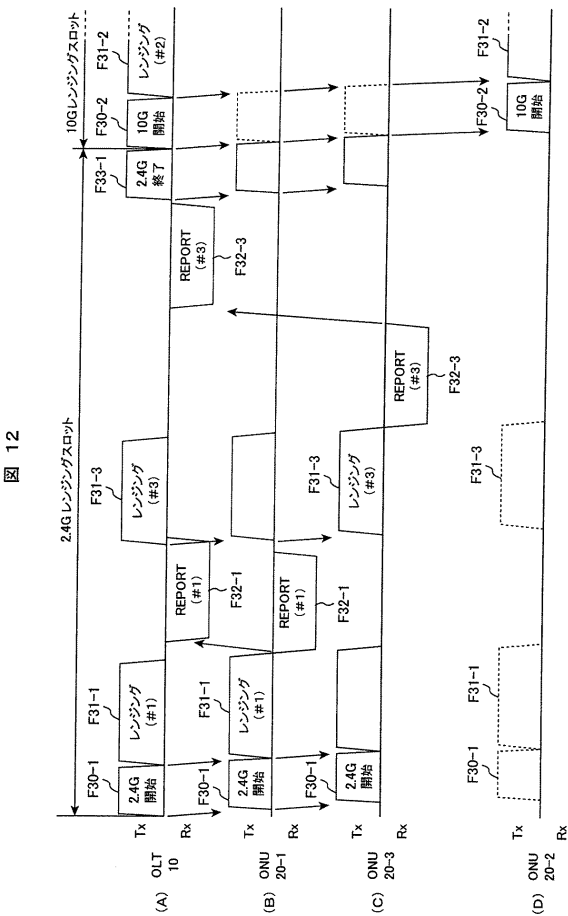
【図10】



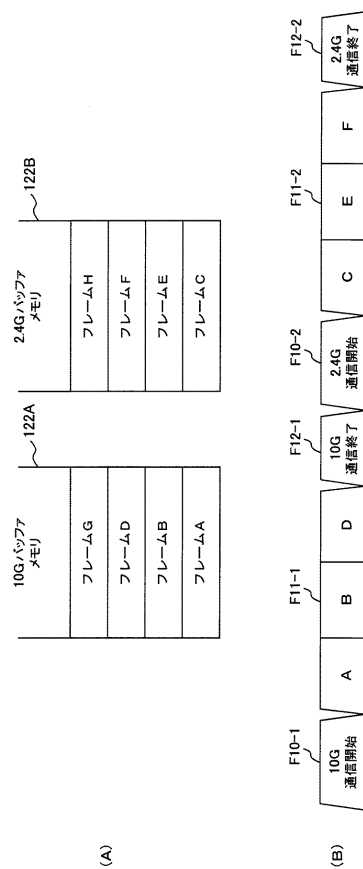
【図11】



【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

(72)発明者 郷原 忍

神奈川県川崎市幸区鹿島田890番地 株式会社日立製作所 ネットワークソリューション事業部  
内

審査官 岩田 玲彦

(56)参考文献 特開2003-174462(JP,A)

特開2000-165368(JP,A)

特開2007-135026(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/44