

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5086334号
(P5086334)

(45) 発行日 平成24年11月28日(2012.11.28)

(24) 登録日 平成24年9月14日(2012.9.14)

(51) Int.Cl.

H04L 12/44 (2006.01)

F 1

H04L 12/44 200

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2009-502179 (P2009-502179)
 (86) (22) 出願日 平成19年3月7日 (2007.3.7)
 (65) 公表番号 特表2009-531913 (P2009-531913A)
 (43) 公表日 平成21年9月3日 (2009.9.3)
 (86) 國際出願番号 PCT/GB2007/000788
 (87) 國際公開番号 WO2007/113461
 (87) 國際公開日 平成19年10月11日 (2007.10.11)
 審査請求日 平成22年3月8日 (2010.3.8)
 (31) 優先権主張番号 06251853.5
 (32) 優先日 平成18年3月31日 (2006.3.31)
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 390028587
 ブリティッシュ・テレコミュニケーションズ・パブリック・リミテッド・カンパニー
 BRITISH TELECOMMUNICATIONS PUBLIC LIMITED COMPANY
 イギリス国、イーシー1エー・7エー・ジエイ、ロンドン、ニューゲート・ストリート 81
 (74) 代理人 100108855
 弁理士 蔵田 昌俊
 (74) 代理人 100091351
 弁理士 河野 哲
 (74) 代理人 100088683
 弁理士 中村 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光ネットワークにアウトステーションを取り入れる方法およびアウトステーション

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光ネットワークにアウトステーションを取り入れる方法であつて、
 前記光ネットワークは、
 中央局と、
 前記中央局に光学的に接続された複数の以前に取り入れられたアウトステーションと、
 を有し、

前記光ネットワークは、
 前記以前に取り入れられたアウトステーションからデータトラフィックが標準データレートで受信される標準動作状態と、

前記以前に取り入れられたアウトステーションからのデータトラフィックの送信が前記標準動作状態に対して制限される設定状態と、で動作可能であり、

前記方法は、
 前記光ネットワークが前記設定状態であるときに、前記アウトステーションを前記光ネットワークに取り入れる設定動作を実行するステップを含み、

前記設定動作は、取り入れられている前記アウトステーションから設定データを送信するステップを含み、

前記設定データは前記標準データレートに対して低減されたデータレートで送信され、
 a) 前記低減されたデータレートは前記標準データレートの整数分の1であり、
 b) 前記設定データの各ビットを所定数の回数繰り返し、

10

20

前記所定数は、前記低減されたデータレートに対する前記標準データレートの比率である前記整数である、

方法。

【請求項 2】

前記設定データは識別子情報を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記設定動作は、識別子が前記取り入れられているアウトステーションに関連付けられる登録動作である、請求項 1 または 2 の何れか 1 項記載の方法。

【請求項 4】

レンジング動作は前記登録動作の後に行われ、

10

動作データは、前記取り入れられているアウトステーションによって前記標準データレートで送信される、請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】

前記光ネットワークは少なくとも 1 つの分岐ジャンクションを有し、

前記以前に取り入れられたアウトステーションからの信号は前記標準動作状態で前記分岐ジャンクションにおいてインターリーブされる、請求項 1 ないし 4 の何れか 1 項記載の方法。

【請求項 6】

前記以前に取り入れられたアウトステーションからのデータトラフィックが前記中央局に実質的に到達しない少なくとも 1 つの休止期間を取り入れることによって、前記以前に取り入れられたアウトステーションからのデータトラフィックの送信が前記標準動作状態に対して制限される、請求項 1 ないし 5 の何れか 1 項記載の方法。

20

【請求項 7】

中央局を有する光ネットワークで使用するアウトステーションであって、

前記アウトステーションは、

前記アウトステーションが標準ピットレートでデータ送信する標準動作状態と、

前記アウトステーションが前記標準ピットレートに対して低減されたピットレートでデータを送信する設定状態と、を有し、

前記アウトステーションは、前記中央局からの設定メッセージに、前記低減されたピットレートで送られるリターンメッセージで応答するように構成されており、

30

前記低減されたピットレートは前記標準ピットレートの整数分の 1 であり、

前記設定データの各ピットを所定数の回数繰り返し、

前記所定数は、前記低減されたピットレートに対する前記標準ピットレートの比率である前記整数である、

アウトステーション。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、中央局と複数のアウトステーション (outstation) とを有する光ネットワークの動作、とくに、光ネットワークにアウトステーションを取り入れることに関する。

40

【背景技術】

【0002】

新たなアウトステーションがアクティブにされるために、新たなアウトステーションは中央局側に設定データを送信する。しかしながら、新たなアウトステーションがネットワークと同期をとるまで、既にアクティブであるアウトステーションは、そのデータが新たなアウトステーションからの設定データとオーバーラップして干渉するかもしれないのではなく、通常はヘッドエンドにデータを送信するのを止めるように要求される。これは光ネットワークにおいて望ましくないダウン時間をもたらし得る。

【発明の開示】

【発明の概要】

50

【 0 0 0 3 】

本発明の 1 つの態様にしたがって、光ネットワークにアウトステーションを取り入れる方法であって、光ネットワークは、中央局と、中央局に光学的に接続された複数の以前に取り入れられたアウトステーションとを有し、光ネットワークは、以前に取り入れられたアウトステーションからデータトラフィックが標準データレートで受信される標準動作状態と、以前に取り入れられたアウトステーションからのデータトラフィックの送信が標準動作状態に対して制限されている設定状態とで動作可能であり、前記方法は、光ネットワークが設定状態であるときに、アウトステーションを光ネットワークに取り入れる設定動作を実行するステップを含み、設定動作は、取り入れられているアウトステーションから設定データを送信するステップを含み、設定データは標準データレートに対して低減されたレートで送信される、方法が提供される。

10

【 0 0 0 4 】

本発明の少なくとも 1 つの別の態様は、請求項に提供されている。次に、図面を参照して例示的にさらに詳しく本発明を説明する。

【 詳細な説明 】**【 0 0 0 5 】**

図 1 は、受動光ネットワーク(Passive Optical Network, PON)としても知られている光ネットワーク 10 を示しており、中央局 12(本明細書において光回線終端装置 (Optical Line Termination) またはOLT と称される)は、赤外線を搬送する光ファイバネットワーク 16 によって複数のアウトステーション 14(光ネットワークユニット (Optical Network Unit) またはONU と称される)に接続される。光ファイバネットワーク 16 は中継回線ファイバ (trunk fibre) 18 を含み、中継回線ファイバ 18 は、カプラまたはスプリッタによって形成されるジャンクション (junction) 21 において複数の分岐ファイバ 20 に接続される。分岐ファイバ 20 は、直接に接続された各アウトステーション 14 を有し得る。その代わりに、分岐ファイバの幾つかまたは全ては、複数の別の分岐ファイバに接続するために、別のカプラ 21 にそれぞれ接続されることもある。

20

【 0 0 0 6 】

ダウンストリーム方向、すなわち中央局 12 から進行する光は、各スプリッタにおいて分岐ファイバ間で均等に分配される。その結果、中央局からの信号は全アウトステーションに同報通信される。アップストリーム方向、すなわち中央局へ向かう方向において、スプリッタジャンクションに送り込まれた分岐ファイバからの光は効果的に結合される。したがって、少なくとも標準動作では、トラフィックを搬送するときに、1 つのアウトステーションからの信号が別のアウトステーションからの信号と重ならないように、アウトステーションからの信号を互いに同期させることが重要である。アウトステーションからの信号のタイミングは中央局によって制御され、中央局は、各アウトステーションがデータを送信するのを許される時間を規定する命令をアウトステーションに送信する。

30

【 0 0 0 7 】

標準動作を行うために、光ネットワークは、設定段階で設定データがアウトステーションに(およびアウトステーションから)送信されるように動作することができる。設定段階は、ネットワークが最初にインストールされるときに行われる。さらに、新たにインストールされたアウトステーションがネットワークにおいてトラフィックデータを搬送するためアクティブにされるとき、または所定の特性を備えた障害がネットワークにおいて検出されたときに、標準動作は中断されて、設定段階が行われる。

40

【 0 0 0 8 】

設定段階の一部として、中央局は、新たにインストールされたアウトステーションの各々に識別子を割り当てるよう構成されている。識別子は、アウトステーションから受信したシリアル番号メッセージに応答して割り当てられる。シリアル番号メッセージは、そのアウトステーションに関連付けられたシリアル番号を含んでいる(通常、アウトステーションが製造されたときに、アウトステーションのシリアル番号がそのアウトステーションに永久的に関連付けられる)。

50

【0009】

その後、アウトステーションに割り当てられた識別子は、さらなる設定動作を行うためにそのアウトステーションをアドレス指定するのに使用され得る。とくに、信号がアウトステーションからおよびアウトステーションへ進むための通過時間 (transit time) または往復時間 (round trip time, RTD) が測定されるレンジング動作 (ranging operation) を行うときに、識別子を使用することができる。レンジング動作を行うために、中央局は、選択されたアウトステーションに命令受信後 (直ちに、または命令を受信してから指定時間後に) 信号を戻すように命令する。命令を送信してからリターン信号が届くまでの経過時間から、中央局はそのアウトステーションとの往復時間を計算することができる。この往復時間はアウトステーションごとに恐らく異なるので、異なるアウトステーションからのトラフィックが同期するときに、これを考慮に入れる。各アウトステーションからの往復時間が分かると、中央局は動作段階に進むことができ、中央局はアウトステーションからトラフィックデータを受信する。

10

【0010】

しかしながら、信号が中央局とアウトステーションとの間の光ファイバ経路に沿って進むときに、波長分散 (chromatic dispersion) および他の歪み作用 (distorting effect) が起こる。その結果、アウトステーションが中央局から遠いとき、そのアウトステーションからの設定信号は、中央局でそれらを正確に読むことができない程度まで損なわれることがある。その結果、設定段階が行われる時間が長くなり過ぎることがある。これは、アウトステーションと中央局との間の距離が数十キロメートル、例えば少なくとも 10 km、少なくとも 80 km、または 100 km をも越える得る長距離ネットワーク (long range network) の場合に当てはまる可能性がとくに高い。

20

【0011】

中央局は、判読不可能なメッセージの再送信を要求するように構成され得る。しかしながら、これは開始段階に要する時間量を増加する。以前にインストールされたアウトステーションは有用なトラフィックを開始段階中に普通に送信することができないので、これは望ましくない。

【0012】

アウトステーションからの設定データが中央局において判読不可能になる危険性を低減するために、各アウトステーションは、データが動作状態で送信されるレートに対して低減されたレートで、少なくとも最初の設定データを送信するように構成される。とくに、中央局から識別子をまだ受信していないアウトステーションは、低減されたデータレートで中央局にそのシリアル番号を送信するように構成されている。アウトステーションが中央局から割り振られた識別子を受信すると、アウトステーションは、次の設定動作を行るために中央局によってアドレス指定され、アウトステーションは低減されたレートまたは標準レートでデータを送信する。低減されたレートで十分な設定動作が完了すると、アウトステーションは標準レートで送信するように命令され得る。例えば、アウトステーションをアドレス指定することができると、標準レートでそのアウトステーションに対してレンジング動作を行うことができる。レンジング動作を行う前または後で、アドレス指定可能なアウトステーションは、中央局における適応分散補償デバイスまたはアルゴリズムの実行に使用するトレーニングシーケンスを送信するように命令され得る。

30

【0013】

図 2 a を参照すると、中央局 12 は、中継回線ファイバ 18 によりアウトステーションからデータを受信する入力段 40 と、中継回線ファイバ 18 (または、ダウンストリーム方向における移送のための別の導波管) によりアウトステーションへデータを送信するネットワーク出力段 41 と、各アウトステーションがデータを送信する時間を制御するための、入力段 40 および出力段 41 に接続された中央制御装置 42 と、アウトステーションから受信者 (図示されていない) へデータトラフィックを出力する後部出力段 (back output stage) 46 とを有する。通信ネットワークのタイミングを制御するために、クロックユニット 47 がさらに設けられ、クロックは、この例では 10 GHz の中央のビットレートで中央のクロック信

40

50

号を提供する。入力段40は、受信した光信号を電気信号に変換するフォトダイオード55と、補償モジュール、例えば電子分散補償器(Electronic Dispersion Compensator)またはE D C 44と、受信データを検索するサンプリング回路49とを含んでいる。中央制御装置42、サンプリング回路49、および補償モジュール44は、データを操作して記憶するために少なくとも1つのメモリおよび少なくとも1つのプロセッサを有するプロセッサ機構(processor facility)において実施される。この例において、E D Cはアナログであり、したがってサンプリング/検出回路の前に置かれる。その代わりに、最初にサンプリング/検出を行って、次にビタビアルゴリズムを使用してディジタル補償を行うことが可能である。

【0014】

10

補償モジュール44は、中央局で受信されたデータを処理またはさもなければ等化する補償機能を実行して、アウトステーションと中央局との間の光経路に沿う任意のシンボル間干渉(inter symbol interference, ISI)に対してデータを補正するように構成されている。一般に、補償機能は複数の調整特性(adjustable characteristics)を有し、各特性は、補償アルゴリズムのデータの処理のしかたの態様を表わす。調整特性は、各係数がそれぞれの特性に関連付けられた1組の係数によって規定される。アルゴリズムの値または選択は歪みの程度および歪みの性質によって決まる。歪みはアウトステーションごとに異なるので、アウトステーションから最初のデータを受信すると、補償アルゴリズムはトレーニングモードで動作する(好ましくは、アウトステーションからデータのトレーニングシーケンスを受信すると、トレーニングアルゴリズムを含んでいるトレーニングモードは、受信データの歪みの性質に応じて係数を調整する)。歪みの程度がファイバ経路の長さに伴って大きくなるのは明らかである。

【0015】

20

図2bは、図1のアウトステーションをさらに詳しく示している。アウトステーションは、中央局12から光信号を受信する入力段60と、(i)複数の顧客端末からデータトラフィックを受信して、光ネットワークへ送信するためにデータトラフィックを(好ましくは電気領域(electrical domain)において)多重化して、(ii)光ネットワークによって顧客端末へ運ばれるトラフィックを送信するインターフェース段と、光出力段66と、アウトステーションの動作を制御する制御装置段69とを含む。制御装置段69およびインターフェース段からデータを受信する出力段66は、光信号を中央局へ送信するレーザ送信機67と、レーザ送信機67を駆動するレーザドライバユニット71と、制御装置段および/またはインターフェース段からのデータを処理する論理回路73であって、ドライバユニット71に接続されて、処理されたデータがレーザ送信機によって送信できるようにされている論理回路とを含む。アウトステーションはプロセッサ機構を含み、プロセッサ機構内では、アウトステーションを動作させるソフトウェアを記憶して実行することができ、プロセッサ機構は、データを操作および記憶するために少なくとも1つのメモリおよび少なくとも1つのプロセッサを有する。

【0016】

30

アウトステーションは、中央局から中央のビットレート(中央局のクロックユニット47によって決定され、ここでは10GHz)で、好ましくはスクランブルされたデータを受信する。クロックおよびデータ回復回路(clock and data recovery circuit, CDR)61が入力段60に設けられ、クロックおよびデータ回復回路は、中央局からのスクランブルされたデータを使用して、アウトステーションの制御装置段69によって使用されるローカルクロック信号を導き出すように構成されている(ローカルクロック信号は中央局で10GHzのビットレートである)。論理回路73はCDR61に接続され、そこからローカルクロック信号を受信し、論理回路は、ローカルクロック信号によって規定されたデータレートでデータを処理するように動作するように構成されている。このため、標準動作では、論理回路73からのデータはローカルクロック信号のレートに等しいビットレートで出力されることになる。すなわち、出力データは、この例では10GHzのレートで生じる遷移(transition)を伴うディジタルデータになる(幾つかの連続ビット間に遷移がなくても、通常

40

50

は、10 GHz のビットレートを示すデータには十分な遷移がある)。

【0017】

低減されたレートでデータを送信するために、パルス伸長技術 (pulse lengthening technique) が使用され、制御装置段(または、必要であればインターフェース段)から受信されたビットシーケンス内の各ビットを設定回数、ここでは4回繰り返す。各ビットを4回繰り返すことによって、論理回路からの見かけの (apparent) ビットレートは4分の1に低減される。レーザドライバにおける信号(およびレーザ送信機からの出力光信号)は、パルスシーケンスおよびパルス間のスペースによって形成され、その各々は、標準データレートの場合よりも幅が4倍広い。したがって、レーザから出力される信号は、同じ情報量を有するが、低減されたビットレート、ここでは中央局のビットレートが10 GHz であるので2.5 GHz を有する信号である。その結果、中央局でビットを検出するときにエラーをもたらす分散(すなわち、パルス広がり (pulse widening))の可能性は低減し、ビット誤り率(Bit Error Rate, BER)も低減する。10

【0018】

これは図3(a)および3(b)に示されている。図3(a)は、標準ビットレートでどのようにしてデータシーケンス1101がパルスシーケンスになるかを光ファイバによる送信前(左側)と送信後(右側)とで示している。パルス拡散 (pulse spread) により、起こり得る曖昧さ (possible ambiguity) が生じ、「0」ビットが現れる。図3(b)は同じデータシーケンスを示すが、パルス伸長技術にしたがって送信されたデータシーケンスを示している(送信前の図3(a)および3(b)のパルスのパルス幅は互いに調整されている (scale))。図3(b)において、論理回路は、元のシーケンスの各ビットが4回送信された新たなデータシーケンスを生成する。次に、レーザから得られるパルスシーケンスは、元のデータシーケンスと同じように見えるが、分割されたレート (divided rate) である。光ファイバによる送信後、(まだ存在している) 拡散は、拡散前のパルス幅のほんの僅かがあるので、エラーを生じる可能性は低い。20

【0019】

しかしながら、中央局は、通常、標準の10 GHz のレートで信号を受信するバーストモード受信機(図示されていない)を有する。受信機は、このレートで信号をサンプリングする10 GHz のクロックユニット47に接続されている。しかしながら、標準の10 GHz のレートで信号を受信するように構成された受信機は、(4分の1の)低減されたレートの2.5 GHz の信号をオーバーサンプリングする。さらに、アウトステーションによって標準で送信された2.5 Gbit/s のプリアンブルシーケンスは、十分遷移していない、または少なくとも適切なレートではないので、到来パルスにおけるサンプリング点の位置が正しくない(すなわち、位相がそろわない)ことがある。30

【0020】

したがって、パルスエッジ近くのサンプルにエラーがあるかもしれない。パルスエッジにおけるこれらのサンプルの検出における不確実性は、図3の検出されたビットシーケンス中の「X」で示されている。しかしながら、(パルスのオーバーサンプリングにより)冗長を取り込み、何らかのデジタル信号処理を用いているので、送信を正確に検出することが可能である。デジタル信号処理ステップは、(図3の検出されたビットシーケンス中の「X」間の「1」および「0」として示されている)オーバーサンプリングされたパルスの中央領域に対応するオーバーサンプリングシーケンス内の検出されたビットを識別するステップと、それらのうちの1つを抽出して、最終的な正確なビットシーケンスの位相を取得するステップとを含む。40

【0021】

図3(b)から分かるように、低データレートで送信される信号は、既存のトラフィックストリームに重ねられるのではなく、(雑音を考慮に入れて)均一または一定の振幅を有する搬送波上で変調される。

【0022】

(フォトダイオード受信55に接続された)図2aのサンプリング回路49は、図4にさらに50

詳しく示されている。回路は、既知のやり方で到来データを処理する調整器ユニット (conditioner unit) 402を含み、調整器ユニット402の出力は、より低いビットレートで送信された信号をサンプリングするサンプリング段404に接続されている(図示されていない従来のサンプリングユニットも、標準レートで送信された信号をサンプリングするために調整器ユニットに接続されている)。サンプリング段は 1 : 4 時分割デマルチプレクサ (1 : 4 DEMUX) であり、クロックユニット47に接続されて 10 GHz の中央のビットレートで動作する。デマルチプレクサは、10 GHz でデータをサンプリングし、連続するサンプリングされたビットの各々を、4 本の低データレートチャネル406a乃至406dのうちの連続する 1 本へ循環的に割り振り、それによって 4 本の 2.5 GHz のデータシーケンスを提供するように働く。これは図 5 により明らかに示されており、図 5 は典型的な到来信号を示しており、a 乃至 d で示されているサンプリング点は、チャネル406a乃至406dにそれぞれ対応する。図 5 から分かるように、各チャネルは、一定の間隔でサンプリングされたデータによって形成されているが、4 ビットのサイクルに沿って異なる位相シフト点に関連している。

【0023】

(一般に、パルス拡張と、図 5において X でマークを付された位置に現れ得るパルスエッジ近くの曖昧さとに起因する) 任意のサンプリングエラーがないとき、4 本のデータシーケンスは同じであるが、1 ビットずつ相互にずれている。したがって、これらのデータシーケンスを分析することによって、低減されたレートのデータの正確なサンプリング位相を得ることが可能である。ここで、低データレートチャネル406a乃至406dはディジタル論理段408に供給される。論理段408は、所定のデータを記憶するメモリ位置410を有する。各アウトステーション自身がこの所定のデータを記憶していて(例えば、これはシリアル番号と同様に製造段階で取り込まれる)、中央局に所定の情報を送信するように構成されている。所定のデータを(低減されたビットレートで)受信することに応答して、論理段408は、各低データレートチャネル406からのデータを所定の情報と比較するように構成されている。最良の整合、すなわち最小のエラーを提供する低データレートチャネルは、(4 本のチャネルの 4 つの位相シフト点から) 最も適切な位相シフト点に関連してサンプリングされていると考えられる。次に、このチャネルの位相シフト点を、同じアウトステーションから次に到達する低減されたレートのデータの位相シフトとして使用することができる。それは、とくに、中央局で受信された別のアウトステーションからの送信が干渉されていなかった場合は、この次のデータは所定の情報と位相がそろう可能性が高いからである。

【0024】

アウトステーションと通信するために、中央局はダウンストリームフレームの形で同報通信メッセージを送信する。各ダウンストリームフレームは、ダウンストリームフレーム内で異なるフォーマットで保持されている運用、管理、および保守(Operation, Administration and Maintenance, OAM)情報と複数のペイロードデータフレームとを含む。OAM ダウンストリーム情報は、とくに、選択されたアウトステーションにデータ送信を許す(または、帯域幅を「許可する(grant)」ことに相当する)ために、中央局によって使用される。OAM 情報は、レンジング(ranging)、エラー制御、セキュリティ、および光ネットワークの動作に関する他の機能にも使用される。このように、光ネットワークによって運ばれるデータは、データトラフィックと、データトラフィックの移送を可能にするまたは助ける設定または他のシグナリングトラフィックとを含む。

【0025】

ダウンストリームフレームは全アウトステーションによって受信されるので、所与のアウトステーションに宛てられた情報、命令、または他のメッセージは識別子を含み、アウトステーションの識別子はそのアウトステーションに予め関連付けられる(これは、さらに詳しく述べで説明されるアクティベーション段階において実行される)。メッセージが特定のアウトステーションに宛てられていないとき、そのメッセージは識別子を含む必要がない。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

アップストリーム方向において、異なるアウトステーションは1つ以上の各タイムスロットにおいて連続的にデータを送信し、タイムスロットの位置は中央のクロックユニット47によって提供される中央のクロック信号に関連して定められる(所与のアウトステーションからの実際の送信はローカルクロック信号にしたがって行われ、実際には、ローカルクロック信号は中央のクロック信号に対して小さなドリフトエラーを受け得る)。このやり方では、標準状態における異なるアウトステーションからのデータは、受動的にインターリープされる、すなわち光ジャンクション21においてフレーム構造に時分割多重化される。したがって、顧客端末からアウトステーションのインターフェース段において受信されたデータトラフィックは、ネットワークにより中央局へ運ばれることができる。中央局では、離れているかもしれない受信者に到達するように、データトラフィックをその後部出力段で出力することができる。

10

【 0 0 2 7 】

以下では、アウトステーションはONUと称され、中央局はOLTと称される。

【 0 0 2 8 】

ONUは、テーブル1に記載され次に説明される多数の動作モードまたは状態で存在することができる。

【 0 0 2 9 】

a) 初期状態 (O1) : ONUの送信機が起動するとき。ダウンストリームトラフィックを受信すると、ONUはビットおよびフレーム同期を得ることができる。

20

【 0 0 3 0 】

b) 待機状態 (O2) : ONUは、予め割り当てられた等化遅延、アップストリーム方向で使用するプリアンブルのバイト数、等のような全体的なネットワークパラメータを待つ。

【 0 0 3 1 】

c) 電力設定状態 (O3) : ONUはTx電力レベルを調整する。

【 0 0 3 2 】

d) シリアル番号状態 (O4) : OLTから要求を受信すると、ONUは登録する。次に、OLTはONU-ID(ONU識別子)を割り当てる。

30

【 0 0 3 3 】

e) レンジング状態 (O5) : 往復遅延(Round-Trip-Delay, RTD)時間に基づいて、OLTはONUの等化遅延を計算する。

【 0 0 3 4 】

f) 動作状態 (O6) : ネットワークがレンジングされると、アップストリームフレームはONU間で同期をとられ、アップストリーム送信は、フレーム内の正確な位置に1つずつ個々に到達する。この状態中、OLTはONUを停止して、他のONUに関してシリアル番号またはレンジングプロセスを実施することができる。

【 0 0 3 5 】

g) ポップアップ状態 (O7) : ONUは、幾つかのアラームを検出した後で、動作状態O6からこの状態に入る。この状態中、ONUはアップストリームの送信を止める。

40

【 0 0 3 6 】

h) 非常停止状態 (O8) : この状態において、ONUはそのレーザを遮断して、任意の他の状態からこの状態になることができる。その後で、ONUは再びイネーブルにされる。

【表1】

テーブル1 ONU状態

| | | |
|-------|----------------|---|
| O 1 | 初期状態 | ONUはオンに切り換えられる |
| O 2 | 待機状態 | ONUはネットワークパラメータを待つ |
| O 3 | 電力設定状態 | ONUはTx光電力レベルを調整する |
| O 4 | シリアル番号状態 | OLTはONUの存在を知る。ONUのシリアル番号がOLTに送られる。ONU IDがONUに割り当てられる。 |
| O 5 | レンジング状態 | ONUはレンジングされ、一方で他のONUは停止される(O 6 a) |
| O 6 | 動作状態 | ONUはデータアップストリームを送信している |
| O 6 a | 停止状態 (下位状態) | ONUはデータアップストリームを送信するのを止める |
| O 7 | ポップアップ状態 | ONUは仮のLOS/LOF状態である |
| O 8 | 非常停止状態 | 「イネーブルメッセージ」を受信するまで、ONUはデータアップストリームを送信するのを止める |

10

20

【0037】

さらにOLTは「共通部分」および「個別ONU対処部分(Individual-ONU-dealing-part)」で動作する、異なる動作モードまたは状態で存在する。共通部分は、OLTの中央制御装置42内で動作するソフトウェアモジュールと見なすことができ、ソフトウェアモジュールは、全体として光ネットワークに関する1組の命令を含む。個別部分は、個別状態機械とも称されるモジュールと見なすことができ、これは所与のONUの制御に関する命令を含む。OLTは、それが制御しているONUと同数のOLT個別状態機械を有する。状態はテーブル3に示されている。

【0038】

30

「共通部分」におけるOLTの主な機能は、ONUを登録/発見することである。個別部分におけるOLTの主な機能は、RTDを測定し、ONUに帯域幅を許可し、ONUが発したアラームLOS、LOW、LOFに対処することである。「共通部分」および「個別部分」におけるOLTの状態は、テーブル2および3にそれぞれまとめられている。

【表2】

テーブル2－共通部分におけるOLTの状態

| | | |
|--------------|----------------------|--|
| OLT-COM 1 | SN_STANDBY 状態 | シリアル番号取得待機—OLTは周期的なサイクルのタイムアウト、あるいは「新た」または「欠落している(missing)」ONUの指示を待つ。 |
| OLT-COM 2 | SN_ACQUISITI ON状態 | シリアル番号取得—OLTは「新た」または「欠落している」ONUを調べて、発見されたONUにONU IDを割り当てる。 |
| OLT-COM 3 | RTD_STANDB Y状態 | RTD測定待機—OLT共通部分がこの状態である間、OLT個別部分は、発見したONUに対してRTD測定サイクルを開始する。RTD測定サイクルが適用されている限り、OLTは「新た」または「欠落している」ONUを調べることができない。 |

10

20

【表3】

テーブル3－個別部分におけるOLTの状態

| | | |
|----------|----------|---|
| OLT-IDV1 | 初期状態 | OLTはRTD測定開始命令を待つ。すなわち、ONUはO1、O2、またはO4状態である。 |
| OLT-IDV2 | RTD状態 | OLTはRTD測定サイクルである。 |
| OLT-IDV3 | 動作状態 | この期間中、ONUは動作状態(O6)である。 |
| OLT-IDV4 | ポップアップ状態 | この期間中、ONUはポップアップ状態(O7)である。 |

30

【0039】

図6a、および図6aに続く図7aは、動作している長距離(long reach)PONまたはLR-PONにおいてONUをアクティブにするときに、すなわちOLTが、相互に接続設定されている多数のONUを制御している期間中に、新たにONUがネットワーク内で動作するように要求されたときに行われる一連のイベントの概要を説明する図である。これらの図の各々において、垂直軸は時間を表わし、時間は下方向に進む。水平方向はトポロジの距離を反映し、OLTおよび新たなONUの各々の位置は水平方向の点線によって示されている。対応するステップは、図6bおよび7bのフローチャートにおいてそれぞれ詳しく説明されている。

40

【0040】

新たなONUがLR-PONに接続されると、次のプロセスが行われる。すなわち、新たなONUはダウンストリーム送信をリッスンし、ONUはダウンストリームフレームと同期をとり、OLTが全ONUに同報通信するPLoAMd「Upstream_Ove

50

`r h e a d`」メッセージから、ONUはシステムパラメータおよび他の情報を得て、ONUはその送信機電力レベルを設定し、ONUはシリアル番号状態O4に入って（テーブル1参照）、OLTに登録する機会を持つ。

【0041】

上述のステップ中に、OLTは、動作しているONU（working ONU）が通常通りにLR-PONの帯域幅にアクセスするのを制御する。次に、周期的な所定の時間、例えば、1日1回、1時間に1回、またはOLTのオペレーティングシステムから必要に応じて促されるときに、OLT状態機械の共通部分はOLT-COM1からOLT-COM2に移って（テーブル2参照）、シリアル番号（Serial Number, SN）登録サイクルを開始し、この間にOLTはレンジングウィンドウを開始し、シリアル番号要求を送る（図6参照）。レンジングウィンドウを開始するために、OLTは、既に登録されているONUの全て（動作しているONU）に宛てたメッセージ、すなわち、登録されているONUが指定数「x」の連続フレーム中に送信するのを許さないというメッセージ（ONU停止メッセージ）を同報通信する。レンジング遅延後に、第1のシリアル番号要求が送信される。
10

【0042】

状態O4において、シリアル番号要求の受信が成功すると、ONUは、ランダム遅延（random delay）を加えて、OLTにSerial_Number_ONUメッセージ、すなわちメッセージを送信しているONUのシリアル番号を含んでいる「登録送信」メッセージを送る（ランダム遅延は、2つ以上のONUがシリアル番号要求に応答するときに、それらの応答が互いに干渉する可能性が低くなるようにするために加えられる）。登録送信メッセージは、PONの中央のビットレートの4分の1のビットレートで送信される。これは図8aおよび8bに示されている。図8aおよび8bは、標準ビットレートおよび低減されたビットレートにおける登録送信メッセージをそれぞれ示している。メッセージはセルによって形成され、セルは、OLTに到達する次の順番で、他のONUのタイミングに対するタイミングの不正確さを許すガードバンドと、OLTがデータをサンプリングするための正確な位相整列を得るために使用することができる標準レートのプリアンブルと、デリミタ部分（delimiter portion）と、指示フィールドを備えた部分と、ONUのシリアル番号を含んでいるフィールドとを有する。ガードバンドは延ばされないが、他のフィールドの各々は、10GHzの標準レートとは異なって、2.5GHzの低減されたレートで送信されているので、これらのフィールドの各々は4倍に増加した持続期間を有する。挿入部分に示されているように、延ばされたフィールド、とくにシリアル番号フィールド内のデータの各ビットは、1回ではなく、4回送信される。
20
30

【0043】

低減されたレートで到達するデータと位相整列を得るのが難しいので、上述で概略的に説明したように、位相整列をさせるために、デリミタフィールドおよびプリアンブル内の既知の一定のパターンにしたがうデータが使用される。

【0044】

ONU停止メッセージの結果、既に登録されているONUからのトラフィックがOLTに到達していない間に、シリアル番号要求に対する応答がOLTに到達するように、図6aに示されているレンジング遅延（すなわち、ONU停止メッセージの送信とシリアル番号要求の送信との間の遅延）は、最も遠いONUに対する往復時間に基づいて選択される。この時間または休止期間（quite period）、すなわち既に登録されているONUからのトラフィックがOLTに到達しない期間は、レンジングウィンドウまたは停止ウィンドウとして知られており、図6a、7aにおいて影を付けられた時間領域として示されている。（xの値によって決定される）レンジングウィンドウの幅は、新たなONUに対する最も遠い予測距離によって決まる。
40

【0045】

原理上は各ONUが2回以上の登録送信を送るように構成されているが、何百ものONUが同じレンジングウィンドウ中に同時に登録することを潜在的に望んでいるので、ONUは1回のみの登録送信を送るように構成されている。
50

【0046】

OLTは、登録送信を「y」回(例えば、図6aに示されているように2回)正確に受信すると、その特定のONUにダウンストリームPLLOAMメッセージ「Assign_ONU-ID」を多数回(例えば、3回)送り、この中でOLTはそのONUに識別番号を割り当ており、そのONUはそれをローカルメモリに記憶し、そのONUが自分に宛てられた命令およびデータを、他のONUに宛てられた命令およびデータと区別することができるようになる。OLTは、(OLTが既に登録されているONUに対して行ったように)割り当てた識別子にOLTのシリアル番号をマップする。このように、OLTは、この登録サイクル中に1つ以上の「新たな」ONUを識別する。「Assign_ONU-ID」メッセージを受信したONUは、レンジング状態O5に移る。

10

【0047】

低減されたレートを使用して、シリアル番号を受信することによって、ONUを迅速に登録することが可能であり、したがってさらなる設定動作および次のトラフィック送信のためにONUをアドレス指定することができる。設定段階中(とくに、レンジングウィンドウ中)に、登録されているONUはトラフィックを送信することを妨げられるので、ONUの設定を迅速に行なうことが重要である。したがって、低データレートは設定段階中に様々な動作に使用され得る。

【0048】

しかしながら、歪みの結果として登録段階を遅らせないことがとくに重要である。ONUが登録されると、その特定のONUに関する歪み補償をそのONUからのデータに行なうことができる。低減されたレートのデータは設定段階の他の局面に使用され得るが、メッセージの送信に要する時間の増加が、低減したエラーの恩恵よりも勝ることは明らかである。したがって、登録は、とくにONUからの低データレート送信のためにボトルネックであり、したがってシリアル番号を含んだメッセージを送った後、ONUからの次のメッセージは標準レートになる。

20

【0049】

OLTのシリアル番号は通常8バイト長であり、4バイトのベンダIDおよび4バイトのベンダ別番号を有する。これに対して、割り当てられた識別子はより短くなり、例えば、1バイトまたは1.5バイトである(1バイトはGPONに使用されている)。しかしながら、OLTは割り当てられた識別子をONUに送信する必要がなく、その代りに、単に受信したシリアル番号を使用して、ONUを識別することができる。

30

【0050】

「新たな」ONUが登録されると、OLTは、その特定のONUのアクティベーションの残りを制御するために個別状態機械を生成して、初期状態OLT-IDV1に入る。登録サイクルが終了すると、共通部分のOLTは、OLT-COM3状態(テーブル2参照)に移り、個別部分のOLTは、登録されているONUごとにOLT-IDV2状態に移り(テーブル3参照)、レンジングまたはRTD測定サイクルを開始する。

【0051】

次に、OLTはレンジング要求(図7参照)を特定のONU(n)に送る。nは、登録されたばかりの任意の「新たな」ONUである。レンジング要求を受信したONUは、レンジング状態O5であるときは、PL0uおよびPL0AMuメッセージ「Serial_Number_ONU」から成るレンジング送信アップストリームを送る。OLTがONU(n)からレンジング送信を「y」回(例えば、図7に示されているように2回)受信することに成功すると、必要なEqD(等化遅延、すなわち、異なるONUに対する異なる往復時間を考慮した、ONUに記憶されるオフセット)を計算する。

40

【0052】

OLTは、どんなEqDを今後全送信に適用しなければならないかをONU(n)に伝えるPL0AMDメッセージ「Ranging_time」を3回送って(図7参照)、OLT-IDV3状態に移る(テーブル3参照)。

【0053】

50

ONUの距離に応じて、EDCのためのパラメータの必要な組を得るために、さらなる処理を行うことが必要であり得る。別の可能性は、EDCのための最適パラメータの計算を改善する一方で、サービストラフィックの許可を与え始めることがある。

【0054】

上述から分かるように、アウトステーションは、データが標準レートで送信される第1のモードと、データが低減されたレートで送信される第2のモードとで動作可能であり、したがって、設定中のダウンタイムを適度に短く維持できることが好都合である。

【0055】

次に、追加のコメントを提供する。

【0056】

2.5 Gbit/sの低減されたレートはほんの一例である。実際には、レートは、別の妥当な要素(sensible factor)によって低減され得る。OLTによる正確な検出が可能であるように劣化が十分に小さい少なくとも必要レートを検討することによって、特定の要素が選択される。したがって、低減要素の選択を決める検討事項は、OLTとONUとの間のファイバの長さを含み得る。しかしながら、50を超える、とくに、100を超える低減要素は想定されない。

【0057】

OLTは、「新たな」ONUからの第1の送信のときに、ONUの信号が経験する可能性の高い劣化を補償するEDCの正しいパラメータをもっていない。それでも、ONUの動作ビットレートが10Gbit/sであるとき、OLTがこの第1のONU送信を正確に受信することはきわめて重要である(「レンジング効率」に関する次の段落を参照)。ONUの第1の送信は、その登録中、すなわちONUがシリアル番号状態(O4)であり、OLTがシリアル番号獲得状態(OLT-COM2)であるときに行われる。ONUがO4状態であり、OLTがOLT-COM2状態である間、低減されたビットレートの送信を全送信に適用することができる(図6の例では、ONUがO4状態である間に2回送信される)。これは、OLTが新たなONUをできるだけ早く識別することを確実にする。

【0058】

LR-PONのレンジング効率 E_{range} は次のように定義することができる。

【数1】

$$E_{range} = \frac{MTBH}{(d_{range} + MTBH)}$$

【0059】

なお、 d_{range} はレンジングウィンドウの持続時間であり、MTBHはレンジングウィンドウ間の時間である。

【0060】

動作しているONUはこれらのウィンドウ中にサービストラフィックアップストリームを送ることができないので、この効率を高く維持することが重要である。効率が下がると、平均遅延が長くなり、したがって有効帯域幅が低減する。したがって、これらのレンジングウィンドウの開始(launching)をできるだけ最小に維持し、その持続時間をできるだけ短くすることがきわめて重要である。別の側面は、ONUの総アクティベーション時間をできるだけ短く維持することであり、これはPONシステムにおける認識されるサービス品質を高め、興味深い。

【0061】

これらの目的の達成を助けるために、OLTが「新たな」ONUの識別およびそのRTDの測定を迅速にできることが望ましい。これが成なされると、OLTは「新たな」ONUに(中央局から異なるONUへの異なる距離を考慮に入れた)EqDを指示し、他の「動作している」ONUからの他の生(live)のトラフィックと共に、フレーム内でこのONUに対する送信許可の割り当てを開始し、PONのレンジング効率を損ない過ぎることなくEDCを使用する他の技術を使用して、各ONUの検出パラメータ(例えば、受信機の

10

20

30

40

50

E D C のパラメータの組) を微調整することなどができる。例えば、 O L T は、 E D C のパラメータを計算するために、その O N U からより長いシーケンスが必要であると判断することがある。既にレンジングされているので、 O L T は、例えば 1 2 0 0 バイト(すなわち、 1 マイクロ秒の送信)をその O N U に割り当てることができる。必要に応じて、 O L T は、次のバイトまたは 2 バイトを割り当てられないままにすることができ、パルス広がりが次の送信に影響を与えないようにする。これが機能するように、 2 . 5 G b i t / s の R T D 測定が、任意の他の O N U の送信間のフレーム内に割り振られたスペース内に入るように十分に正確であると有益である。それが十分に短いときは、全ての O N U 送信の始めのガードバンドにより、この不正確に対応することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【 0 0 6 2 】

【図 1】本発明にしたがって動作する光ネットワークを示す図。

【図 2 a】図 1 のネットワークの中央局を示す図。

【図 2 b】図 1 のネットワークのアウトステーションを示す図。

【図 3】どのようにしてデータを歪ませることができるかを示す図。

【図 4】図 2 a の中央局で使用するサンプリング段を示す図。

【図 5】どのようにしてデータをサンプリングすることができるかを示す図。

【図 6】新たなアウトステーションがネットワークに取り入れられるときに行われる一連のイベントを示す図(図 6 a)と、図 6 a のイベントの詳細を与えるフローチャート(図 6 b)。

20

【図 7】図 6 の続きを示す図(図 7 a および 7 b)。

【図 8 a】標準レートにおけるアウトステーションのバースト送信を示す図。

【図 8 b】低減されたレートにおける図 8 a のバースト送信を示す図。

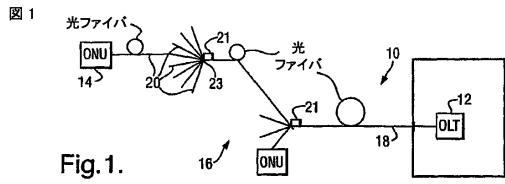
【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

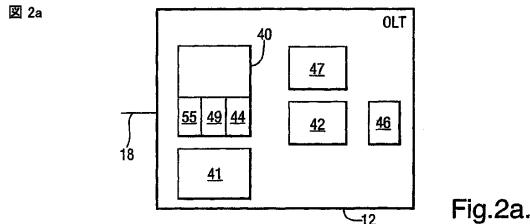
10 . . . 光ネットワーク、 12 . . . 中央局、 14 . . . アウトステーション、 16 . . . 光ファイバネットワーク、 18 . . . 中継回線ファイバ、 20 . . . 分岐ファイバ、 21 . . . ディヤンクション、 40,60 . . . 入力段、 41,66 . . . 出力段、 42 . . . 中央制御装置、 44 . . . 補償モジュール、 46 . . . 後部出力段、 47 . . . クロックユニット、 49 . . . サンプリング回路、 55 . . . フォトダイオード、 61 . . . クロックおよびデータ回復回路、 67 . . . レーザ送信機、 69 . . . 制御装置段、 71 . . . ドライバユニット、 73 . . . 論理回路、 406 . . . 低データレートチャネル、 410 . . . メモリ位置。

30

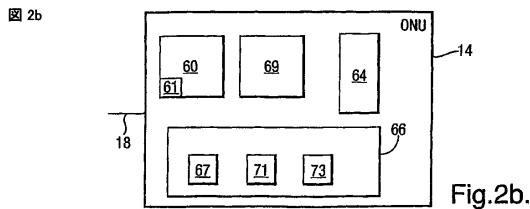
【図1】



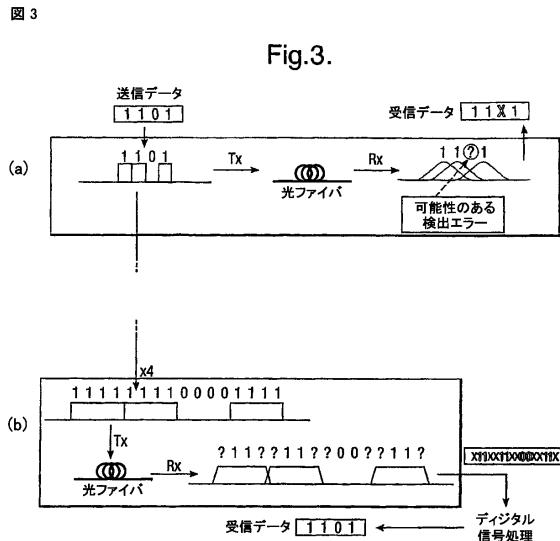
【図2 a】



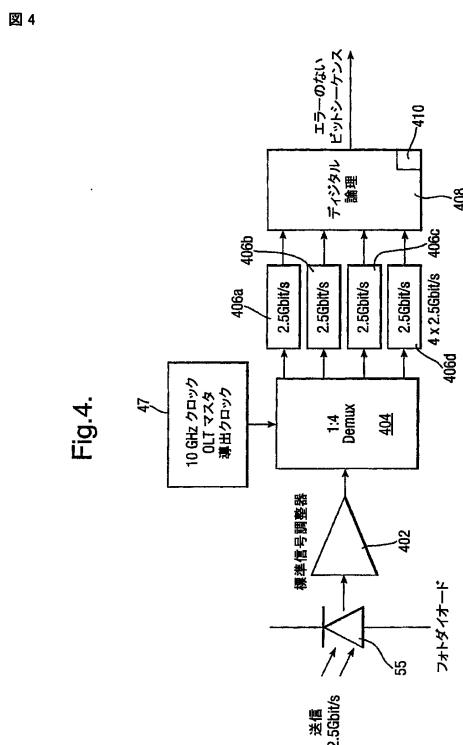
【図2 b】



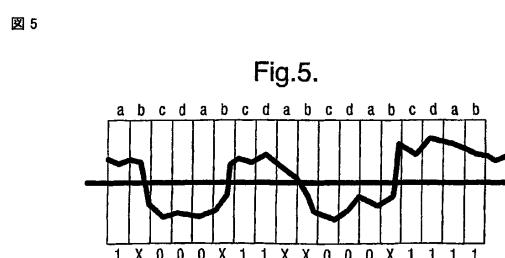
【図3】



【図4】



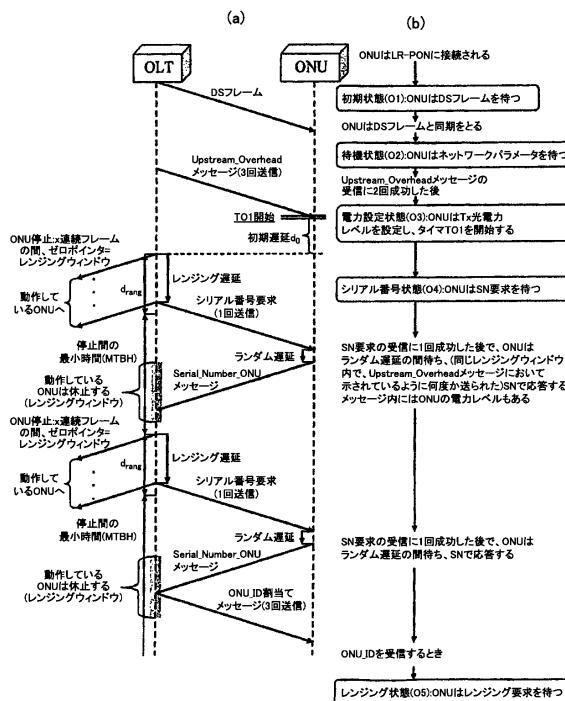
【図5】



【図6】

6

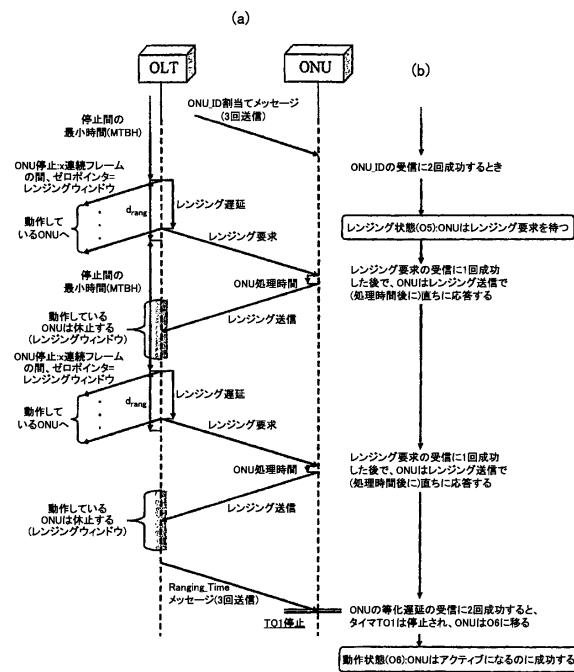
Fig.6.



【 义 7 】

四

Fig.7.



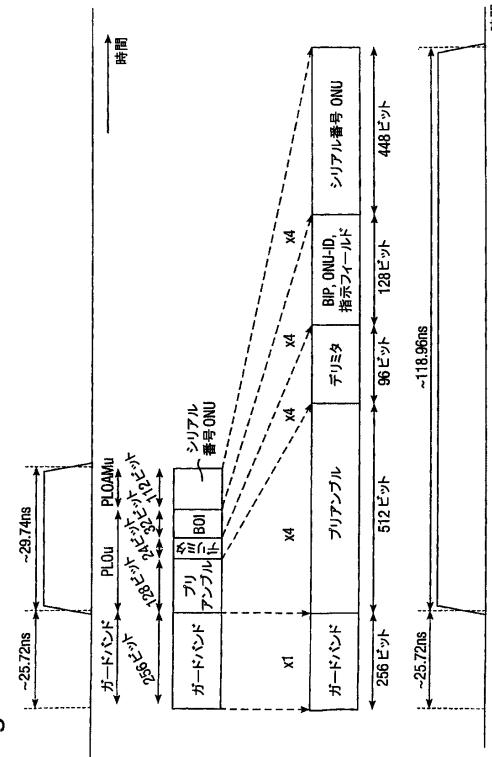
【図 8 a】

图 8a

Fig.8a. { 元のシーケンス 1101
送信されたシーケンス x4 x4 x4 x4
1111 1111 1000 0111

【 図 8 b 】

図 8E



フロントページの続き

(74)代理人 100109830
弁理士 福原 淑弘

(74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎

(74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久

(74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎

(74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹

(74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克

(74)代理人 100100952
弁理士 風間 鉄也

(74)代理人 100101812
弁理士 勝村 紘

(74)代理人 100070437
弁理士 河井 将次

(74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志

(74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志

(74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子

(74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓

(74)代理人 100127144
弁理士 市原 順三

(74)代理人 100141933
弁理士 山下 元

(72)発明者 ラフェル、アルバート
イギリス国、アイピー5・3エスエス、サフォーク、イプスウィッч、マートレスハム・ヘルス、
サドラーズ・プレイス 19

(72)発明者 ネセット、デレク
イギリス国、シーブイ35・0ディーピー、ワーウィックシャー、リトル・キネトン、ノートン・
グレンジ、ザ・コートヤード 3

(72)発明者 スコープス、マーク・エドワード
イギリス国、アイピー5・1イーエス、サフォーク、イプスウィッч、ケスグレイブ、オーチャー
ド・グローブ 40

(72)発明者 ヒル、アラン・マイケル
イギリス国、アイピー13・6ティーピー、サフォーク、ウッドブリッジ、グランディスバーグ、
パーク・ロード、ジ・オールド・ポリス・ハウス(番地なし)

(56)参考文献 特開2007-243284(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/28-46