

(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2012-29176
(P2012-29176A)

(43) 公開日 平成24年2月9日(2012.2.9)

(51) Int.Cl.
H04B 10/08 (2006.01)
H04B 10/20 (2006.01)

F I
H04B 9/00 K
H04B 9/00 N

テーマコード (参考)
5K102

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2010-167584 (P2010-167584)	(71) 出願人	000208891
(22) 出願日	平成22年7月26日 (2010.7.26)		KDDI株式会社
			東京都新宿区西新宿二丁目3番2号
		(74) 代理人	100090284
			弁理士 田中 常雄
		(72) 発明者	大石 将之
			埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号株
			式会社KDDI研究所内
		(72) 発明者	堀内 幸夫
			埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号株
			式会社KDDI研究所内
		Fターム(参考)	5K102 AA42 AA63 AA65 AD11 AL08
			AL12 LA04 LA26 LA35 LA38
			LA52 MH03 MH14 MH22 RD15
			RD26 RD28

(54) 【発明の名称】 障害ONU特定装置、障害ONU特定方法及びPONシステム

(57) 【要約】

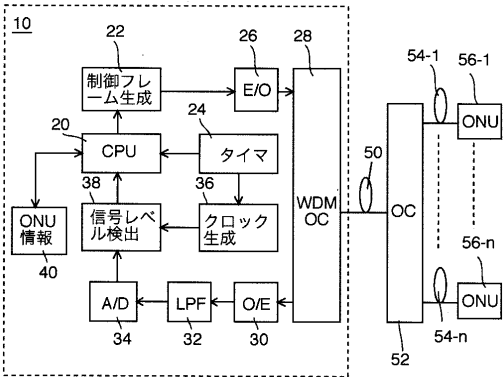
【課題】

妨害光を発生する障害ONU (Optical Network Unit) を特定する。

【解決手段】

CPU (20) は、光伝送路 (50, 52, 54-1 ~ 54-n) に接続する複数の加入者側光終端装置 (ONU) (56-1 ~ 56-n) の一台を順に発光制御対象に指定し、制御フレーム生成装置 (22) により、発光制御対象に所定の発光周期及び発光期間で周期的に発光させる制御信号を送信させる。光/電気変換器 (30) は、発光制御対象からの上り信号光を含む上り光を受光し、信号レベル検出装置 (38) は、受信波形から発光制御対象からの上り信号光を含む部分の信号レベルを検出する。CPU (20) は、信号レベル検出装置 (38) で検出される信号レベルにより発光制御対象が正常ONUか障害ONUかを判定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の加入者側光終端装置（ONU：Optical Network Unit）が光伝送路及びその上り通信帯域を共有する光伝送システムにおいて、当該複数の加入者側光終端装置の内の、妨害光を送出する障害ONUを特定する障害ONU特定装置であって、

当該複数の加入者側光終端装置（56-1～56-n）の一台を順に発光制御対象に指定する指定手段（20）と、

当該発光制御対象を所定の発光周期及び発光期間で周期的に発光させる制御信号を、当該光伝送路を介して当該発光制御対象に送信する制御信号送信手段（22）と、

当該発光制御対象からの上り信号光を含む、当該光伝送路から出力される上り光を受光する受光手段（30）と、

当該受光手段の受信波形から当該発光制御対象からの上り信号光を含む部分の信号レベルを検出するレベル検出手段（38）と、

当該レベル検出手段で検出される信号レベルにより当該発光制御対象が正常ONUか障害ONUかを判定する判定手段（20）

とを具備することを特徴とする障害ONU特定装置。

【請求項 2】

当該指定手段は、当該発光制御対象に論理リンクを付与する手段を具備することを特徴とする請求項 1 に記載の障害ONU特定装置。

【請求項 3】

更に、当該発光制御対象からの当該上り信号光を当該受光手段が受光するタイミングを示すクロックを生成するクロック生成手段（36）を具備し、

当該レベル検出手段は、当該受信波形と当該クロックとの相関値を計算し、

当該判定手段は、当該相関値が所定閾値以下である場合に、当該発光制御対象を当該障害ONUと判定する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の障害ONU特定装置。

【請求項 4】

当該レベル検出手段（38）は、

当該クロックの位相を90°シフトする90°移相器（60）と、

当該受光手段の当該受信波形を当該クロックと乗算する第1の乗算器（62-1）と、

当該受光手段の当該受信波形を当該90°移相器の出力と乗算する第2の乗算器（62-2）と、

当該第1の乗算器の出力を、当該受信波形の時間幅で時間積分し、積分結果を当該時間幅で除算して時間平均を算出する第1の積分回路（64-1）と、

当該第2の乗算器の出力を、当該受信波形の時間幅で時間積分し、積分結果を当該時間幅で除算して時間平均を算出する第2の積分回路（64-2）と、

当該第1及び第2の積分回路の出力の二乗和を計算する二乗和計算回路（66）

とを具備することを特徴とする請求項 3 に記載の障害ONU特定装置。

【請求項 5】

当該レベル検出手段（38）は、当該受信波形をフーリエ変換し、当該発光制御対象に指示した当該所定の発光周期及び発光期間に応じた周波数成分のピークレベルを計算する手段を具備することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の障害ONU特定装置。

【請求項 6】

当該レベル検出手段は、当該受信波形から、当該発光制御対象に指示した当該所定の発光周期及び発光期間に応じた周波数成分のレベルを当該信号レベルとして検出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の障害ONU特定装置。

【請求項 7】

当該レベル検出手段は、当該受信波形の、当該発光制御対象からの上り信号光に相当する部分の加算平均と、当該受信波形の、当該発光制御対象からの上り信号光に相当しない部分の加算平均の差を当該信号レベルとして検出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に

10

20

30

40

50

記載の障害ONU特定装置。

【請求項 8】

複数の加入者側光終端装置（ONU：Optical Network Unit）が光伝送路及びその上り通信帯域を共有する光伝送システムにおいて、当該複数の加入者側光終端装置の内の、妨害光を送出する障害ONUを特定する障害ONU特定方法であって、

当該複数の加入者側光終端装置（56 - 1 ~ 56 - n）の一台を順に発光制御対象に指定する指定ステップ（S3，S13，S4）と、

当該発光制御対象に所定の発光周期及び発光期間で周期的に発光させる制御信号を送信するステップ（S6）と、

当該発光制御対象からの上り信号光を含む、当該光伝送路から出力される上り光を受光し、受信波形から当該発光制御対象からの上り信号光を含む部分の信号レベルを検出する検出ステップ（S7）と、

当該検出ステップで検出される信号レベルにより当該発光制御対象が正常ONUか障害ONUかを判定する判定ステップ（S8）

とを具備することを特徴とする障害ONU特定方法。

【請求項 9】

当該指定ステップは、当該発光制御対象に論理リンクを付与するステップを具備することを特徴とする請求項 8 に記載の障害ONU特定方法。

【請求項 10】

当該検出ステップは、当該発光制御対象に指示した発光周期及び発光期間に同期したクロックを生成し、当該受信波形と当該クロックとの相関値を計算するステップを具備し、

当該判定ステップは、当該相関値が所定閾値以下である場合に、当該発光制御対象を当該障害ONUと判定する

ことを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の障害ONU特定方法。

【請求項 11】

当該検出ステップは、当該受信波形をフーリエ変換し、当該発光制御対象に指示した当該所定の発光周期及び発光期間に応じた周波数成分のピークレベルを当該信号レベルとして検出することを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の障害ONU特定方法。

【請求項 12】

当該検出ステップは、当該受信波形から、当該発光制御対象に指示した当該所定の発光周期及び発光期間に応じた周波数成分のレベルを当該信号レベルとして検出することを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の障害ONU特定方法。

【請求項 13】

当該検出ステップは、当該受信波形の、当該発光制御対象からの上り信号光に相当する部分の加算平均と、当該受信波形の、当該発光制御対象からの上り信号光に相当しない部分の加算平均の差を当該信号レベルとして検出することを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の障害ONU特定方法。

【請求項 14】

複数の加入者側光終端装置（ONU：Optical Network Unit）が光伝送路及びその上り通信帯域を共有し、局側光終端装置（OLT：Optical Line Terminal）が当該複数の加入者側光終端装置の上り信号光送信を制御する光伝送システムであって、当該局側光終端装置が、請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の障害ONU特定装置を具備することを特徴とする光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、障害ONU特定装置、障害ONU特定方法及びPONシステムに関し、より具体的には、局側光終端装置（OLT：Optical Line Terminal）が受動光伝送路を介して複数の加入者側光終端装置（ONU：Optical Network Unit）を収容するPON（Passive Optical Network）システムにおいて、異常発光する障害ONUを特定する障害ON

10

20

30

40

50

U 特定装置、障害 ONU 特定方法及びその PON システムに関する。

【背景技術】

【0002】

F T T H (Fiber to the Home) サービスを経済的に提供するために、一本の光伝送路及び通信帯域を複数の加入者で共有する PON システムが知られている。PON システムでは、1 台の局側光終端装置 O L T (Optical Line Terminal) が、受動光伝送路を介して複数の加入者側光終端装置 O N U (Optical Network Unit) を収容する。

【0003】

上に単一波長を用いて各 O N U の上り光信号を時間軸上で多重する T D M A (Time Division Multiple Access) 方式を採用している PON システムでは、全 O N U で共用される光伝送路上で各 O N U の上り光信号が衝突しないように、O L T が各 O N U の発光時間及び発光タイミングを指示する。O N U が、何らかの障害、利用者の悪意又は誤動作により、O L T の指示する発光時間帯を超えて上り光信号を送出した場合、正常に動作する O N U (以下、「正常 O N U」という) の出力する上り光信号を妨害することとなり、結果として PON システム全体の上り通信を不能にし、全ての正常 O N U のリンク断を引き起こす。従って、異常発光動作する O N U (以下、「障害 O N U」という) を早期に特定する技術が求められる。

【0004】

このような障害 O N U を特定又は遮断する技術が、特許文献 1 ~ 7 に記載されている。

【0005】

特許文献 1 に記載の技術では、O L T が、全 O N U の帯域割当をなくした時の受光パワーレベルを測定し、当該受光パワーレベルと、O N U 一つずつに最大帯域を設定した時の受光パワーレベルとを順次比較することで、障害 O N U を特定する。

【0006】

特許文献 2 に記載の技術でも、O L T に入射する上り光の受光レベル差により、障害 O N U を特定する。O N U の送信光を O L T が排他的に受信可能な場合には、各 O N U からの受光レベルから全 O N U が発光していない時の光レベルを差し引いた値を算出し、その算出値を O L T が O N U 毎に保持し、また、O N U の送信光を O L T で排他的に受信可能な場合には、測定した上り光の受光レベルから先に保持した受光タイミングに対応する O N U の受光レベル及び非発光時のレベルを差し引いた値を算出し、その算出値を O N U 毎の値と比較し、比較結果が一致する O N U を障害 O N U として特定する。

【0007】

特許文献 3 に記載の技術では、O L T に各 O N U からの受光レベルを検出する光強度検出部及び O N U 毎の検出受光レベルを書き込む光強度参照テーブルを設け、PON 全体で通信不能となる障害が発生した場合に、最も低い光強度が書き込まれている O N U、または障害発生前後で光強度変化が最も小さい O N U を、連続発光し続ける障害 O N U と特定する。

【0008】

特許文献 4 に記載の技術では、O L T が、O N U を指定する指定子及びアイドルパターンから成るトリガ光信号を周期的に送出し、指定された O N U が、割り当てられたタイムスロットで当該アイドルパターンに同期した試験パターン光信号を O L T に返信し、O L T が、当該 O N U に割り当てられたタイムスロットで、当該試験パターン光信号と参照パターンとの相関を演算することにより、当該 O N U が妨害光を送出していないかを判定する。

【0009】

特許文献 5 に記載の技術では、O N U において、レーザダイオードと W D M カブラの間に光スイッチを配置し、W D M カブラの先に上り光を分岐する光分波器を配置し、分波された上り光から、上り光送信許可期間以外に上り光が出力されていないか判定することで異常光が否かをモニタするモニタ装置を配置して、上り光が異常光である場合に光スイッチを開放することで、障害 O N U を遮断する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

特許文献 6 に記載の技術では、O L T と O N U の間に光ブレーカを設け、当該光ブレーカにおいて上り光の時間長を計測し、P O N システム上で許容される上り光の時間長を超える連続光信号を検出した場合に光伝送路を遮断する。

【 0 0 1 1 】

特許文献 7 には、O N U に、上り光信号の送信タイミングが指定範囲外となる異常を検出する送信異常検出部と、異常検出された場合に上り光信号の送信を停止する送信停止部を設けることが記載されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

10

【 0 0 1 2 】

【 特許文献 1 】 特許第 4 0 2 0 5 9 7 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 8 - 1 0 4 0 2 8 号 公 報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 8 - 2 7 7 9 4 7 号 公 報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 3 - 1 5 8 5 3 1 号 公 報

【 特許文献 5 】 特許第 4 1 1 1 1 6 3 号 公 報

【 特許文献 6 】 特開 2 0 0 6 - 3 0 4 1 8 0 号 公 報

【 特許文献 7 】 特開 2 0 0 7 - 1 9 4 9 8 3 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

20

【 0 0 1 3 】

特許文献 1 ～ 3 に記載の技術では、各 O N U の受光パワーレベルから障害 O N U を特定するが、実際の P O N システムにおいて、障害 O N U からの妨害光パワーレベルと正常 O N U からの受光パワーレベルとの差のみでは、障害 O N U を特定することは困難である。正常 O N U の光パワーレベルが、妨害光パワーレベルに比べて顕著に小さい場合がありえ、そのような場合に、正常 O N U を障害 O N U と誤判定する可能性がある。

【 0 0 1 4 】

また、特許文献 1 ～ 3 に記載の技術は、妨害光パワーレベルが一定であることを前提としているが、O N U の上り光パワーレベルは長時間安定しているとは断言できない。時間の経過とともにパワーレベルが不規則に変動する妨害光の場合、各 O N U の受光パワーレベルだけで障害 O N U を検出することは極めて困難である。

30

【 0 0 1 5 】

このように、特許文献 1 ～ 3 に記載の技術は、どのような状況下でも正しく障害 O N U を特定する技術ではない。

【 0 0 1 6 】

特許文献 4 ～ 7 に記載の技術では、O N U 又は光伝送路上に新たな装置を設ける必要があり、既存 P O N システムへの適用が難しい。設置コスト及び運用管理コストも増大する。

【 0 0 1 7 】

本発明は、安価な構成で、精度良く障害 O N U を特定可能な障害 O N U 特定装置、障害 O N U 特定方法及び P O N システムを提示することを目的とする。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 8 】

本発明に係る障害 O N U 特定装置は、複数の加入者側光終端装置 (O N U : Optical Network Unit) が光伝送路及びその上り通信帯域を共有する光伝送システムにおいて、当該複数の加入者側光終端装置の内の、妨害光を送出する障害 O N U を特定する障害 O N U 特定装置であって、当該複数の加入者側光終端装置の一台を順に発光制御対象に指定する指定手段と、当該発光制御対象を所定の発光周期及び発光期間で周期的に発光させる制御信号を、当該光伝送路を介して当該発光制御対象に送信する制御信号送信手段と、当該発光制御対象からの上り信号光を含む、当該光伝送路から出力される上り光を受光する受光手

50

段と、当該受光手段の受信波形から当該発光制御対象からの上り信号光を含む部分の信号レベルを検出するレベル検出手段と、当該レベル検出手段で検出される信号レベルにより当該発光制御対象が正常ONUか障害ONUかを判定する判定手段とを具備することを特徴とする。

【0019】

本発明に係る障害ONU特定方法は、複数の加入者側光終端装置（ONU：Optical Network Unit）が光伝送路及びその上り通信帯域を共有する光伝送システムにおいて、当該複数の加入者側光終端装置の内の、妨害光を送出する障害ONUを特定する障害ONU特定方法であって、当該複数の加入者側光終端装置の一台を順に発光制御対象に指定する指定ステップと、当該発光制御対象に所定の発光周期及び発光期間で周期的に発光させる制御信号を送信するステップと、当該発光制御対象からの上り信号光を含む、当該光伝送路から出力される上り光を受光し、受信波形から当該発光制御対象からの上り信号光を含む部分の信号レベルを検出する検出ステップと、当該検出ステップで検出される信号レベルにより当該発光制御対象が正常ONUか障害ONUかを判定する判定ステップとを具備することを特徴とする。

10

【0020】

本発明に係る光伝送システムは、複数の加入者側光終端装置（ONU：Optical Network Unit）が光伝送路及びその上り通信帯域を共有し、局側光終端装置（OLT：Optical Line Terminal）が当該複数の加入者側光終端装置の上り信号光送信を制御する光伝送システムであって、当該局側光終端装置が、上述の障害ONU特定装置を具備することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、正常ONUを障害ONUとして誤判定することなく、障害ONUを正確に特定できる。また、OLTなどの局側装置のみに新規装置を設置することで実現できるので、設置コスト及び運用管理コストを極度に高めることなく、低廉かつ簡易に障害ONUを特定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

30

【図2】ONU情報の一例である。

【図3】信号レベル検出装置の概略構成ブロック図である。

【図4】本実施例の障害ONU検出動作のフローチャートである。

【図5】図3に示す信号レベル検出装置での波形例である。

【図6】正常ONUに対する二乗和計算結果例である。

【図7】障害ONUに対する二乗和計算結果例である。

【図8】信号レベル検出装置の別の構成の概略構成ブロック図である。

【図9】図8に示す構成に対する障害ONU検出動作のフローチャートである。

【図10】信号レベル検出装置の更に別の構成の概略構成ブロック図である。

40

【図11】図10に示す構成に対する障害ONU検出動作のフローチャートである。

【図12】図10に示す構成の信号レベル検出装置の動作説明の波形例である。

【図13】図1に示す構成の障害ONU検出装置を組み込んだ局側光終端装置（OLT）の概略構成ブロック図である。

【図14】図13に示す構成の障害ONU検出動作のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【実施例1】

【0024】

図1は、本発明の一実施例である障害ONU特定装置の概略構成ブロック図である。

50

【 0 0 2 5 】

本実施例では、局側光終端装置であるOLTが加入者側光終端装置である何れかのONUの障害発生を検知した場合、オペレータが、OLTを障害ONU特定装置10に置き換える。この置き換えの際、オペレータは、OLTが障害ONUを検知する直前までに認識していたONU情報を、障害ONU特定装置10が参照できるようにする。具体的には、OLTが保持するONU情報を着脱自在なメモリ装置に読み出し、そのメモリ装置を障害ONU特定装置10に接続する。

【 0 0 2 6 】

なお、OLTは、幹線光ファイバ50を介して光カプラ52に接続し、光カプラ52は、分岐光ファイバ54-1~54-nを介してONU56-1~56-nに接続する。光カプラ52は、OLT10から入射する光信号を等分配して分岐光ファイバ54-1~54-nに供給し、また、ONU56-1~56-nから入射する上り光を合波して幹線光ファイバ50に出力する受動素子である。幹線光ファイバ50、光カプラ52及び分岐光ファイバ54-1~54-nが、PONシステムの光伝送路、いわゆるPON光伝送路を構成する。OLTは、何れかのONUからの連続妨害光を検出するか、複数台のONUが一度にリンク断を引き起こしたことを検知した場合に、障害ONUの発生をオペレータに通知する。

【 0 0 2 7 】

まず、障害ONU特定装置10の構成と基本動作を説明する。CPU20は、障害ONU特定装置10を全体的に制御する。ONU情報記憶装置40には、障害発生を検知したOLTにその障害検知の直前までに登録されているONU情報が記憶される。ONU情報の取得方法としては、例えば、そのOLTのメモリに記憶されているONU情報を読み出し、バッチ処理で障害ONU特定装置10のONU情報記憶装置40に転記するか、OLTがONU情報を不揮発性メモリ又は電池でバックアップされたメモリ媒体に記憶し、その不揮発性メモリ又はメモリ媒体をOLTから外して障害ONU特定装置10に接続する。図2は、ONU情報記憶装置40に記憶されるONU情報の一例である。OLTが認識するONUに順番に付加されたシリアル番号（又は登録順の番号）と、そのONUのMAC（Media Access Control）アドレスが対にして記憶される。

【 0 0 2 8 】

タイマ24は、現在時刻を計時する。CPU20は、各ONUの発光タイミングを決定するためにタイマ24を参照する。制御フレーム生成装置22は、CPU20からの制御信号に従い、指定のONUに対する一定形式の制御フレームを生成し、電気/光（E/O）変換器26に供給する。制御フレームには、より具体的には、登録要求の確認を行うDiscovery_GATEメッセージと、新規登録要求ONUに固有の論理リンクを割り当てるRegisterメッセージと、送信許可信号であるGATEメッセージがある。

【 0 0 2 9 】

E/O変換器26は、制御フレーム生成装置22から供給された制御フレームの下り電気信号を光信号に変換し、波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）光カプラ28に供給する。WDM光カプラ28は、E/O変換器26からの下り光信号の波長を幹線光ファイバ50に出力する。この下り光信号は、幹線光ファイバ50を伝搬し、光カプラ52で分割され、分岐光ファイバ54-1~54-nを介してONU56-1~56-nに入射する。

【 0 0 3 0 】

WDM光カプラ28はまた、ONU56-1~56-nから出力され、分岐光ファイバ54-1~54-n、光カプラ52及び幹線光ファイバ50を伝搬した上り光信号を光/電気（O/E）変換器30に供給する。O/E変換器30は、上り光信号を電気信号に変換し、低域通過フィルタ（LPF）32に供給する。LPF32は、ONU56-1~56-nからの上り光信号の受信波形をサンプリングする際のエイリアシングを防止するために設置される。アナログ/デジタル（A/D）変換器34は、LPF32から出力され

10

20

30

40

50

るアナログ電気信号をデジタル信号に変換し、信号レベル検出装置 38 に入力する。

【0031】

クロック生成装置 36 は、タイマ 24 を参照して、発光制御している ONU の発光周期及び発光期間に完全に同期したクロックを生成し、信号レベル検出装置 38 に入力する。

【0032】

信号レベル検出装置 38 は、A/D 変換器 34 からの受信データ信号の波形、特に波形レベルを、クロック生成装置 36 からのクロックに従い解析し、解析結果を CPU 20 に供給する。CPU 20 は、信号レベル検出装置 38 の検出結果から、発光制御した ONU が正常かどうかを判定する。

【0033】

図 3 は、信号レベル検出装置 38 の概略構成ブロック図を示す。障害 ONU は、連続的に上り光を送出するか、障害 ONU 特定装置 10 からの発光制御信号とは無関係のタイミングで上り光を送出する。従って、障害 ONU 特定装置 10 には、障害 ONU による妨害光と、発光制御された正常な ONU からの上り光が入力する。図 3 に示す構成の信号レベル検出装置 38 では、ONU を順に発光制御したときの受信上り信号とクロックとの相関により、妨害光に埋もれた正常な ONU からの上り光レベルを分離検出することで、正常 ONU か障害 ONU かを識別する。

【0034】

90° 移相器 60 が、クロック生成装置 36 からのクロックの位相を 90° シフトする。乗算器 62 - 1 が、クロック生成装置 36 からのクロック (位相 0°) を A/D 変換器 34 の出力波形に乗算し、乗算器 62 - 2 が、90° 移相器 60 からのクロック (位相 90°) を A/D 変換器 34 の出力波形に乗算する。

【0035】

積分回路 64 - 1, 64 - 2 はそれぞれ、乗算器 62 - 1, 62 - 2 から出力される受信波形をその受信波形の時間幅で積分し、積分結果を当該時間幅で除算することにより時間平均を算出し、それぞれ算出結果 X, Y として二乗和計算回路 66 に出力する。積分回路 64 - 1, 64 - 2 は、CPU 20 により、受信波形の時間幅だけ積分 (測定) するようにそれぞれ制御される。二乗和計算回路 66 は、積分回路 64 - 1, 64 - 2 の出力値 X, Y の二乗和 $X^2 + Y^2$ を計算し、信号レベル検出結果 Z (i) として出力する。

【0036】

図 3 に示す構成における信号レベル検出処理は、参照クロックを用いて受信信号を同期検波し、参照クロックとの相関値を計算する処理に等しい。

【0037】

以上の受信波形の解析処理を、ONU 56 - 1 ~ 56 - n に対して順番に実行することで、CPU 20 は、どれが障害 ONU であるかを排他的に特定できる。

【0038】

本実施例における異常発光障害 ONU を特定する動作を説明する。図 4 は、障害 ONU 特定装置 10 の障害 ONU 特定動作のフローチャートを示す。

【0039】

CPU 20 は、各 ONU の正常性を判定するための初期パラメータとして、各 ONU を発光させる周期 T と発光期間 D ($< T$)、発光制御回数 M 及び正常性判定閾値 W を設定する (S1)。CPU 20 は、ONU 情報記憶装置 40 から各 ONU の ONU 情報を取得する (S2)。ここでは、n 台の ONU (i) ($i = 1, 2, \dots, n$) が、OLT が、障害 ONU を発見する前に通信していたとする。CPU 20 は、この n 台の ONU に対して順番に一台ずつ正常性を判定する。

【0040】

ONU を指定する変数 i を 1 で初期化する (S3)。すなわち、発光制御対象の ONU (i) を指定する。最近の PON システムでは、ONU (i) の発光動作を制御するには、障害 ONU 特定装置 10 が ONU (i) との間に論理リンクを確立している必要がある。そこで、CPU 20 は、ONU (i) への論理リンク付与を模擬する (S4)。具体的

10

20

30

40

50

には、CPU20は、ONU(i)に向けDiscovery__GATEメッセージを送信し、ONU(i)から登録要求信号であるRegister__REQメッセージを受信する時刻の直後にONU(i)に、論理リンクID(LLID)の付与を示すRegisterメッセージを送信する。これにより、妨害光の存在下でONU(i)からの上り光信号を受信出来ない場合であっても、CPU20は、内部的に、ONU(i)に対する論理リンクの付与を完了できる。以後、CPU20は、ONU(i)に発光制御信号を送信できる。

【0041】

ONU(i)に論理リンクを付与した後、CPU20は、ONU(i)を発光周期T及び発光期間Dで発光させる発光制御信号(GATEメッセージ)を、発光制御回数Mだけ送信する(S5~S10)。まず、発光回数を示す変数kを1で初期化する(S5)。次に、障害ONU特定装置10は、GATEメッセージをONU(i)の発光周期と同じ周期Tで送信し、各GATEメッセージの送信時刻の一定時間後に発光するようにONU(i)を制御する(S6)。これにより、ONU(i)は、正常であれば、障害ONU特定装置10からのこの発光制御信号の指示通りに発光し、障害があれば、障害ONU特定装置10からの発光制御信号とは無関係に発光するか、又は全く発光しない。

【0042】

なお、正常なONU(i)の上り送信信号は、次の機会に送信要求するデータ量を申告するためのREPORTメッセージと、今回送信する上りデータの合計となる。ONU(i)のバッファに送信すべき上りデータが蓄積していない場合は、ONU(i)は、発光期間Dだけアイドルパターンを送信する。

【0043】

障害ONU特定装置10が各ONUを発光制御する期間、例えば、制御回数Mは、後述するように、ONU(i)の正常性を判定できる任意の期間でよい。

【0044】

信号レベル検出装置38は、妨害光に埋もれた正常なONUからの上り光のレベルを示す指数Z(i)を先に説明したように算出し、CPU20に供給する(S7)。

【0045】

図5は、障害ONU特定装置10からONU(i)への発光制御信号、受信波形、並びに、受信波形レベル検出のための0°クロック及び90°クロックの関係を示す波形例である。図5(a)は発光制御信号を示し、同(b)は幹線光ファイバ50から障害ONU特定装置10に入射する上り光波形(ただし、妨害光はCW(連続)光であるとする)を示し、同(c)は、クロック生成装置36からの0°クロックを示し、同(d)は、移相器60による90°クロックを示す。図5において、横軸は時間を示す。図5(b)に示す受信波形は、理解を容易にするためにアナログ波形として図示してあるが、図3に示す信号レベル検出装置38ではデジタル値で表現される。

【0046】

図5(b)に示すように、障害ONU特定装置10に幹線光ファイバ50から入力する上り光は、一般に、妨害光に正常ONUからの発光制御された上り信号光が重畳したものとなる。図6は、障害ONU特定装置10に幹線光ファイバ50から入力する上り光に正常ONUからの発光制御された上り信号光が含まれる場合の二乗和計算回路66の出力値の時間変化を示す。図7は、障害ONU特定装置10に幹線光ファイバ50から入力する上り光に正常ONUからの発光制御された上り信号光が含まれない場合の二乗和計算回路66の出力値の時間変化を示す。図7は、発光制御されるONU(i)が障害ONUである場合に相当する。

【0047】

図6及び図7から理解できるように、乗算器62-1-62-2、積分回路64-1, 64-2及び二乗和計算回路66により、正常ONUからの発光制御された上り信号光を分離し、そのレベルを検出できる。すなわち、発光制御対象のONU(i)が、正常ONUか否かを判別できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

CPU20は、信号レベル検出結果 $Z(i)$ を正常性判定閾値 W と比較する(S8)。変数 i で指定するONU(i)が障害ONUである場合、GATEメッセージによる発光制御に従わないので、そのときに障害ONU特定装置10に入力する上り光のレベル $Z(i)$ は、顕著に小さな値となる。従って、CPU20は、 $Z(i)$ が閾値 W より大きい場合に、ONU(i)が正常ONUと判定し、 $Z(i)$ が閾値 W 以下の場合にONU(i)が障害ONUであると判定できる(S9)。

【 0 0 4 9 】

ONU(i)が正常ONUである場合(S8)、M回の検査を継続する(S10, S11)。他方、ONU(i)が障害ONUの場合には(S8, S9)、CPU20は、全ONUを検査したか否かを調べ(S12)、未検査のONUがある場合(S12)、 i をインクリメントして(次のONUを検査対象にして)(S13)、ステップS4以降を繰り返す。全部のONUを検査したら(S12)、終了する。

10

【 0 0 5 0 】

本実施例では、正常なONUからの上り光が妨害光に比べて微弱であっても、検出可能であり、これにより、障害ONUを正確に特定できる。

【 0 0 5 1 】

障害ONUからの妨害光がONU(i)の出力する上り光と同じ基本周波数成分を有する場合、ONU(i)の正常性を誤判定する可能性があるが、そのような場合には、ONUの発光周期 T をある間隔で変更して発光制御を行うことで、誤判定を免れることができる。

20

【 0 0 5 2 】

障害ONUの発生する妨害光が、連続光(CW: Continuous Wave)、アイドルパターン又は疑似ランダム信号などの何れであっても、正確に障害ONUを特定できる。

【 実施例 2 】

【 0 0 5 3 】

図8は、信号レベル検出装置38の別の構成の概略構成ブロック図を示す。ONUの上り光送信を発光周期 T で制御するので、ONUからの上り光は $1/T$ (Hz)の基本周波数成分を有する。この基本周波数成分の信号レベルを検出することによっても、障害ONUと正常ONUを識別できる。

30

【 0 0 5 4 】

クロック生成装置36からのクロックがトリガ生成装置68に入力し、A/D変換器34の出力信号がフーリエ変換装置70に入力する。トリガ生成装置68は、クロックに同期したトリガを生成し、フーリエ変換装置70に供給する。フーリエ変換装置70は、トリガ生成装置68からのトリガを参照して、A/D変換器34の出力信号をフーリエ変換する。また、受信波形の時間幅だけフーリエ変換するように、CPU20は、受信波形の読み出し及び測定終了を指示するリセット信号によりフーリエ変換装置70をリセットする。フーリエ変換装置70は、 $1/T$ (Hz)の基本周波数成分のピークレベル $F(i)$ をCPU20に供給する。

【 0 0 5 5 】

40

図9は、図8に示す構成の信号レベル検出装置38を使用する場合の動作フローチャートを示す。ステップS21~S33は、図4に示すステップS1~S13と対応するが、ステップS21, S27, S28のみが、それぞれ、ステップS1, S7, S8とは若干、異なる。すなわち、ステップS21は、初期パラメータの正常性判定閾値として、フーリエ変換装置70で計測されるピークレベル $F(i)$ に対応する値 E を設定することを除いて、ステップS1と同じである。また、ステップS27では、フーリエ変換装置70で計測されるピークレベル $F(i)$ を取り込み、ステップS28では、取り込んだピークレベル $F(i)$ を正常性判定閾値 E と比較する。

【 0 0 5 6 】

発光制御された正常ONUからの上り光の周波数 $1/T$ (Hz)の基本周波数成分を通

50

過させる帯域通過フィルタを、フーリエ変換装置 70 の代わりに設け、当該帯域通過フィルタの出力信号のピークレベルを、正常性判定閾値と比較してもよい。この場合、A/D 変換器 34 は無くても良い。

【0057】

この実施例でも、正常な ONU からの上り光が妨害光に比べて微弱であっても、検出可能であり、これにより、障害 ONU を正確に特定できる。

【0058】

障害 ONU からの妨害光が ONU (i) の出力する上り光と同じ基本周波数成分を有する場合、ONU (i) の正常性を誤判定する可能性があるが、そのような場合には、ONU の発光周期 T をある間隔で変更して発光制御を行うことで、誤判定を免れることができる。

10

【0059】

障害 ONU の発生する妨害光が、連続光 (CW: Continuous Wave)、アイドルパターン又は疑似ランダム信号などの何れであっても、正確に障害 ONU を特定できる。

【実施例 3】

【0060】

時間領域での受信波形解析により障害 ONU を特定する実施例を説明する。図 10 は、そのための、信号レベル検出装置 38 の別の構成の概略構成ブロック図を示す。

【0061】

クロック生成装置 36 からのクロックがトリガ生成装置 72 に入力し、A/D 変換器 34 の出力信号が加算平均処理装置 74 に入力する。トリガ生成装置 72 は、クロックに同期したトリガを生成し、加算平均処理装置 74 に供給する。加算平均処理装置 74 は、トリガ生成装置 72 からのトリガを参照して、A/D 変換器 34 の出力信号を周期 T の間隔で加算平均する。加算平均処理装置 74 が ONU (i) からの上り光の受信波形の時間幅だけ加算平均するように、CPU 20 は、受信波形の読み出し及び測定終了を指示するリセット信号により加算平均処理装置 74 をリセットする。このようにして、加算平均処理装置 74 は、加算平均処理により ONU (i) からの上り光と妨害光の平均強度値を算出する。算出された平均値 $F(i)$ からは、妨害光による不規則ノイズ成分が低減されている。加算平均処理装置 74 はまた、トリガ生成装置 72 からのトリガ及び CPU 20 からのリセットに従い、ONU (i) からの上り光を受信していない期間の受信光平均レベル、すなわち、妨害光のみの平均レベルを計測し、計測結果を CPU 20 に通知する。加算平均処理装置 74 は、このように算出した ONU (i) からの上り光と妨害光の平均強度値と、妨害光のみの強度値を CPU 20 に通知する。

20

30

【0062】

図 11 は、図 10 に示す構成の信号レベル検出装置 38 を使用する場合の動作フローチャートを示す。ステップ S41 ~ S43 は、図 4 に示すステップ S1 ~ S13 と対応するが、ステップ S41, S47, S48 のみが、それぞれ、ステップ S1, S7, S8 とは若干、異なる。すなわち、ステップ S41 は、初期パラメータの正常性判定閾値として、加算平均処理装置 74 により計測される、上り光と妨害光の平均強度値と、妨害光のみの強度値の差値に対する閾値 P を設定することを除いて、ステップ S1 と同じである。また、ステップ S47 では、CPU 20 は、加算平均処理装置 74 で計測される ONU (i) からの上り光と妨害光の平均強度値と、妨害光のみの強度値との差値 $Q(i)$ を計算し、ステップ S48 では、差値 $Q(i)$ を正常性判定閾値 P と比較する。

40

【0063】

図 12 は、ONU (i) が正常 ONU である場合の、ONU (i) からの上り光と妨害光の加算平均強度値、妨害光のみの強度値、これらの差値 $Q(i)$ の関係を示す。正常光及び妨害光のピークレベルは、加算平均後の受信波形において正常光の発光期間 D 及びそれ以外の期間でのピークレベルを参照することにより、それぞれ算出できる。

【0064】

この実施例でも、正常な ONU からの上り光が妨害光に比べて微弱であっても、検出可

50

能であり、これにより、障害ONUを正確に特定できる。また、パワーレベルが時間経過とともに不規則に変動する妨害光に対して有効となる。簡単な波形処理のみで正常ONUと障害ONUを識別できる。障害ONUの発生する妨害光が、連続光(CW: Continuous Wave)、アイドルパターン又は疑似ランダム信号などの何れであっても、正確に障害ONUを特定できる。

【実施例4】

【0065】

図13は、障害ONU特定装置10の機能を組み込んだOLT100の概略構成ブロック図を示す。図示したOLT100は、ONU56-1~56-nと上位ネットワークとの間の通信を管理する通常のOLTモードと、上記実施例で説明した障害ONU特定モードで動作する。

【0066】

OLT100は、ネットワークインタフェース(NW I/F)110を介して上位ネットワークに接続する。NW I/F110は、上位ネットワークからの下り信号を下りフレーム転送装置112に供給する。下りフレーム転送装置112は、上位ネットワークからの下り信号の内、OLT100への信号を分離してCPU130に転送し、上位ネットワークからの下り信号の内、何れかのONU56-1~56-nに向けた信号に、CPU130により生成された下り制御フレームを時間軸上で多重し、PONシステム用のフレーム構造で電気/光(E/O)変換器114に供給する。すなわち、下りフレーム転送装置112は、分離多重装置として機能する。CPU130はまた、下りフレーム転送装置112によりONU56-1~56-nへの下り信号を優先制御する。E/O変換器114は、下りフレーム転送装置112から転送された下り電気信号を光信号へ変換し、波長分割多重(WDM: Wavelength Division Multiplexing)光カプラ116へ供給する。WDM光カプラ116は、図1と同様に、幹線光ファイバ50、光カプラ52及び分岐光ファイバ54-1~54-nを介してONU56-1~56-nに接続し、E/O変換器114からの下り光信号を幹線光ファイバ50に出力する。

【0067】

WDM光カプラ116は、また、ONU56-1~56-nから分岐光ファイバ54-1~54-n、光カプラ52及び幹線光ファイバ50を介して入力する上り光信号を光/電気(O/E)変換器118に接続する。O/E変換器118は、WDM光カプラ116からの上り光信号を電気信号に変換する。

【0068】

本実施例では、障害ONU特定のためにスイッチ120を設けてあり、スイッチ120は、通常のOLTモードでは、O/E変換器118の出力信号を制御フレーム分離装置122に供給し、障害ONU特定モードでは、O/E変換器118の出力信号をLPF126に供給する。

【0069】

制御フレーム分離装置122は、スイッチ120から供給された上り電気信号を、上位ネットワークに向かう上りデータフレームと、ONU56-1~56-nからOLT100に向けて送信された登録/要求信号等の制御フレームとに分離し、前者を上りフレーム転送装置124に供給し、後者をCPU130に供給する。上りフレーム転送装置124は、CPU130による優先制御の下で、制御フレーム分離装置122からの上り信号を上位ネットワーク用のフレーム構造でNW I/F110に出力する。上りフレーム転送装置124はまた、CPU130からの上位ネットワーク上の装置、例えば、ネットワーク監視装置に向けた制御信号をNW I/F110に出力する。この観点で、上りフレーム転送装置124はCPU130からの信号と、制御フレーム分離装置122からの信号を時間軸上で多重する多重装置でもある。NW I/F110は、上りフレーム転送装置124からの信号を上位ネットワークに転送する。

【0070】

制御フレーム分離装置122で分離されCPU130に供給される上り制御フレームは

10

20

30

40

50

、より具体的には、Register__REQメッセージ、Register__ACKメッセージ又はREPORTメッセージ等からなる。CPU130は、各ONU56-1~56-nからの制御フレームを受信すると、制御フレーム生成機能132により、受信した制御フレームに対応するONU56-1~56-nへの下り制御フレームを生成する。下り制御フレームは、より具体的には、Discovery__GATEメッセージ、Registerメッセージ又はGATEメッセージから成る。各ONU56-1~56-nの発光制御に関して言えば、制御フレーム生成機能132は、ONU情報記憶装置134及びタイマ136を参照して各ONU56-1~56-nの上り光送信タイミング及び発光期間を算出し、算出した上り光送信タイミング及び発光期間を指示する下り制御フレームを生成する。

10

【0071】

障害ONU特定モードでは、スイッチ120は、O/E変換器118の出力信号をLPF126に供給する。LPF126は、LPF32と同様に、ONU56-1~56-nからの受信波形サンプリング時のエイリアシング防止のために設置される。アナログ/デジタル(A/D)変換器128は、A/D変換器34と同様のサンプリングクロックで、LPF126からのアナログ信号をデジタル信号に変換し、信号レベル検出装置140に供給する。クロック生成装置138が、クロック生成装置36と同様に、タイマ136の出力を参照して、発光制御した正常ONUからの上り光の受信タイミングを示すクロックを生成し、信号レベル検出装置140に供給する。クロック生成装置138及び信号レベル検出装置140の作用は、それぞれ、クロック生成装置36及び信号レベル検出装置38と同じであり、CPU130は、上記実施例で説明したのと同じ手順で、正常ONUと障害ONUを特定する。

20

【0072】

図14は、OLT100の動作フローチャートを示す。障害ONU特定動作を詳細に示してある。

【0073】

電源がオンになっている何れのONU56-1~56-nも正常動作しているとき、スイッチ120は接点A(制御フレーム分離装置122側)に接続し、CPU130は、通常のOLTとしてOLT100を動作させる(S101)。例えば、未登録ONUを登録して論理リンクを付与する。そして、その登録後、CPU130は、登録された各ONU56-1~56-nにGATEメッセージを送信し、GATEメッセージを受信した各ONU56-1~56-nは、各ONU56-1~56-nのバッファに蓄積したデータ量をREPORTメッセージでOLT100に申告する。CPU130は、受信したREPORTメッセージを解析し、送信を希望するONU56-1~56-nへの送信タイミング及び発光期間をスケジューリングし、GATEメッセージで指示する。

30

【0074】

通常のOLT動作をしている間に(S101)、何れかのONU56-1~56-nが妨害光を発生していることを検知すると(S102)、CPU130は、スイッチ120をB接点(LP126側)に切り替え(S103)、障害ONU特定動作(S104~S114)に入る。

40

【0075】

先に説明したように、ONU正常性判定の初期パラメータとして、発光周期T及び発光期間D、発光制御回数M及び正常性判定閾値を設定する(S104)。ここでは、正常性判定対象のONUがn台であるとする。正常性判定閾値は、先に実施例1~3として説明した障害ONU特定方法のどれを採用するか依存する。

【0076】

正常性判定対象のONUを指定する変数iを1で初期化し(S105)、ONU(i)に対する正常性判定を実行する(S106~S109)。ここでは、判定するONUの順番は、ONU情報記憶装置134に登録されているONU番号順とするが、この順番に限定されない。

50

【 0 0 7 7 】

ONU (i) に新たに論理リンクを付与する (S 1 0 6) 。妨害光の存在にかかわらず、論理リンクを維持できている場合には、その維持された論理リンクを使用すれば良い。一般的には、論理リンクが断となっている状況を想定し、先に説明したように、論理リンクの付与を模擬することになる。

【 0 0 7 8 】

続けて、ONU (i) を発光周期 T 及び発光期間 D で発光させる制御信号 (G A T E メッセージ) を、発光制御回数 M だけ一つずつ送信する (S 1 0 7) 。先に説明したように、この発光性制御の間に O L T 1 0 0 が受信する光信号のレベルを検出し (S 1 0 8) 、ONU (i) の正常性を判定する (S 1 0 9) 。

10

【 0 0 7 9 】

ONU (i) が障害 ONU である場合 (S 1 0 9) 、CPU 1 3 0 は、ONU (i) に上り信号光の送信を強制停止する制御信号を送信する (S 1 1 2) 。同時に、CPU 1 3 0 は、図示しないモニタ手段への表示により、又は上位ネットワークを介して、PON システム管理者に ONU (i) が障害 ONU であることを通知する。強制停止が成功した場合、その旨を PON システム管理者に通知する。

【 0 0 8 0 】

ONU (i) が正常 ONU である場合 (S 1 0 9) 、次の ONU について (S 1 1 1) 、同様に正常 ONU かどうかを判定する (S 1 0 6 ~ S 1 0 9) 。障害 ONU を検出すること無しに (S 1 0 9) 、障害発生前に起動していた全部の ONU について、正常 / 障害を判定し終えたら (S 1 1 0) 、CPU 1 3 0 は、図示しないモニタ手段への表示により、又は上位ネットワークを介して、PON システム管理者に未検出を通知する。

20

【 0 0 8 1 】

ステップ S 1 1 2 , S 1 1 3 の後、CPU 1 3 0 は、スイッチ 1 2 0 を接点 A (制御フレーム分離装置 1 2 2 側) に切替え、通常の O L T 動作を実行する (S 1 0 1) 。このとき、CPU 1 3 0 は、起動している各 ONU 5 6 - 1 ~ 5 6 - n への論理リンクの付与から再開することになる。

【 0 0 8 2 】

特定の説明用の実施例を参照して本発明を説明したが、特許請求の範囲に規定される本発明の技術的範囲を逸脱しないで、上述の実施例に種々の変更・修整を施しうるのは、本発明の属する分野の技術者にとって自明であり、このような変更・修整も本発明の技術的範囲に含まれる。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 8 3 】

- 1 0 : 障害 ONU 特定装置
- 2 0 : C P U
- 2 2 : 制御フレーム生成装置
- 2 4 : タイマ
- 2 6 : 電気 / 光 (E / O) 変換器
- 2 8 : 波長分割多重 (W D M) 光カブラ
- 3 0 : 光 / 電気 (O / E) 変換器
- 3 2 : 低域通過フィルタ (L P F)
- 3 4 : アナログ / デジタル (A / D) 変換器
- 3 6 : クロック生成装置
- 3 8 : 信号レベル検出装置
- 4 0 : ONU 情報記憶装置
- 5 0 : 幹線光ファイバ
- 5 2 : 光カブラ
- 5 4 - 1 ~ 5 4 - n : 分岐光ファイバ
- 5 6 - 1 ~ 5 6 - n : ONU

40

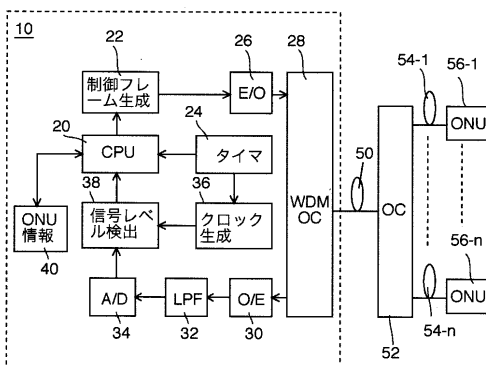
50

- 60 : 90° 移相器
- 62 - 1、62 - 2 : 乗算回路
- 64 - 1、64 - 2 : 積分回路
- 66 : 二乗和計算回路
- 68 : トリガ生成装置
- 70 : フーリエ変換装置
- 72 : トリガ生成装置
- 74 : 加算平均処理装置
- 100 : O L T
- 110 : ネットワークインタフェース (N W / I F)
- 112 : 下りフレーム転送装置
- 114 : 電気 / 光 (E / O) 変換器
- 116 : 波長分割多重 (W D M) 光カプラ
- 118 : 光 / 電気 (O / E) 変換器
- 120 : スイッチ
- 122 : 制御フレーム分離装置
- 124 : 上りフレーム転送装置
- 126 : 低域通過フィルタ (L P F)
- 128 : アナログ / デジタル (A / D) 変換器
- 130 : C P U
- 132 : 制御フレーム生成機能
- 134 : O N U 情報記憶装置
- 136 : タイマ
- 138 : クロック生成装置
- 140 : 信号レベル検出装置

10

20

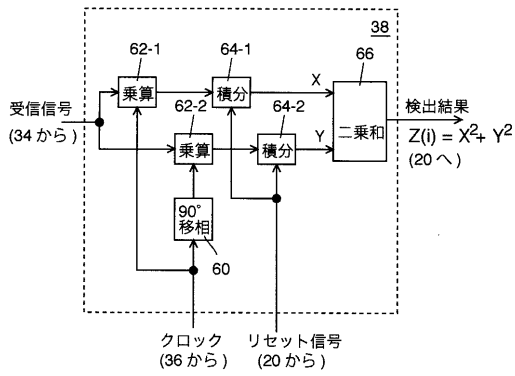
【 図 1 】



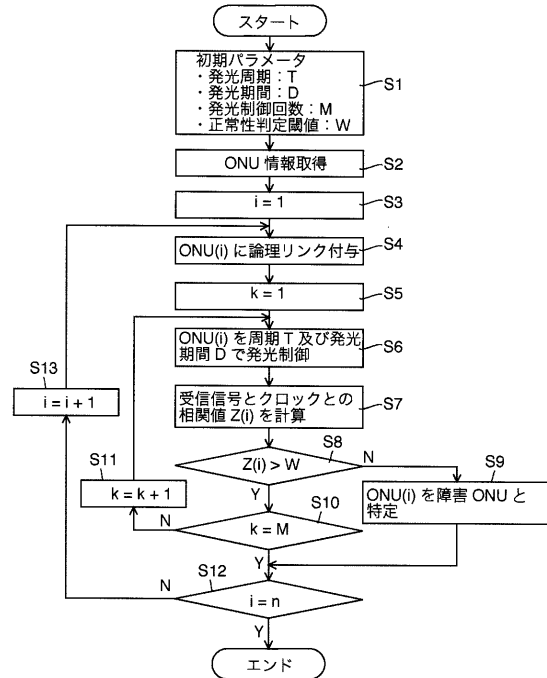
【 図 2 】

ONU 番号	MAC アドレス
1	XX:XX:XX:XX:XX:XX
2	YY:YY:YY:YY:YY:YY
3	ZZ:ZZ:ZZ:ZZ:ZZ:ZZ
⋮	⋮

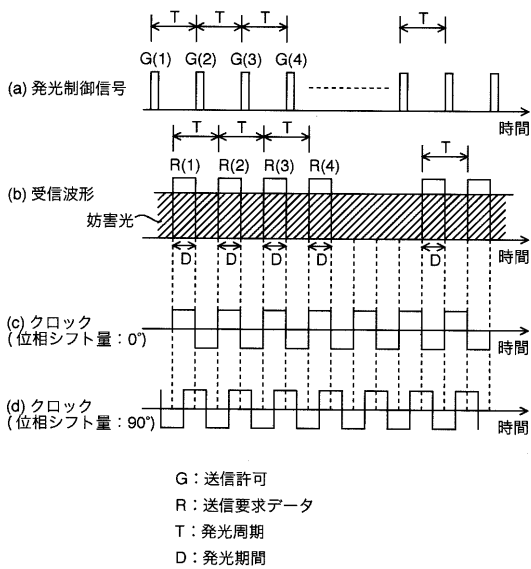
【図 3】



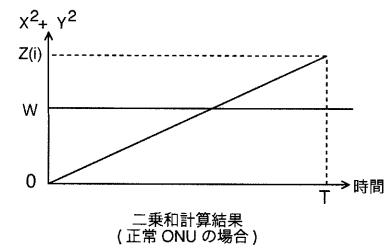
【図 4】



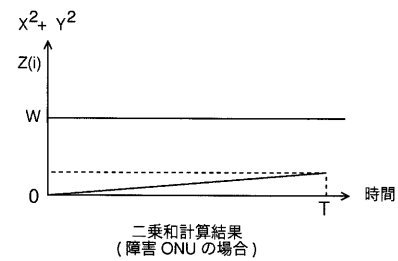
【図 5】



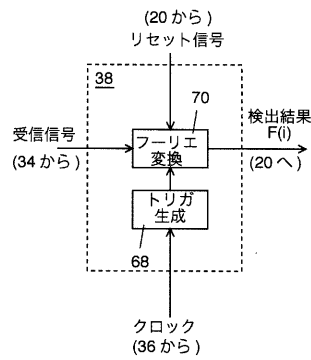
【図 6】



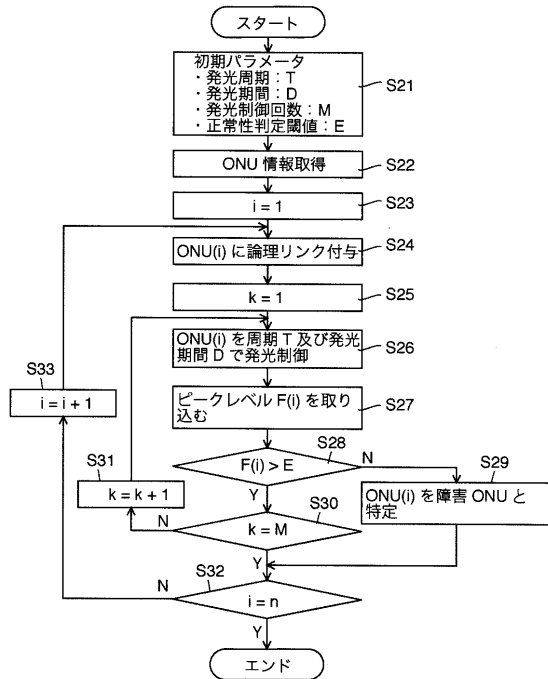
【図 7】



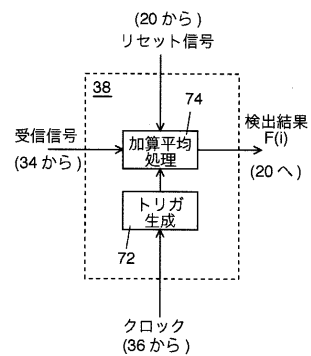
【図 8】



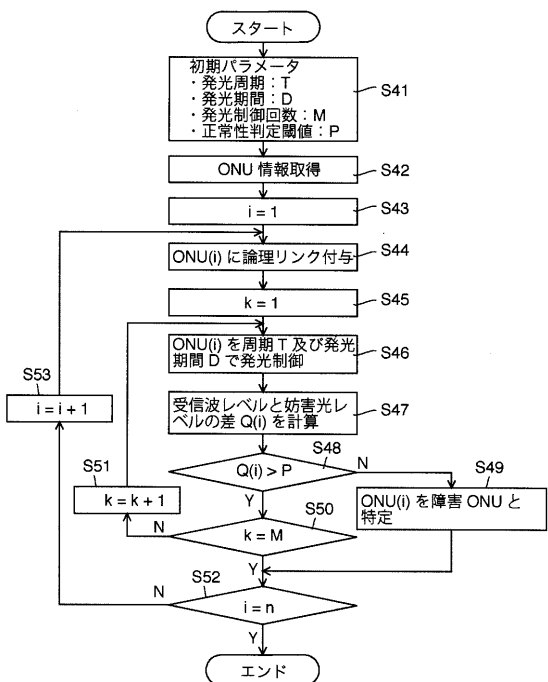
【図 9】



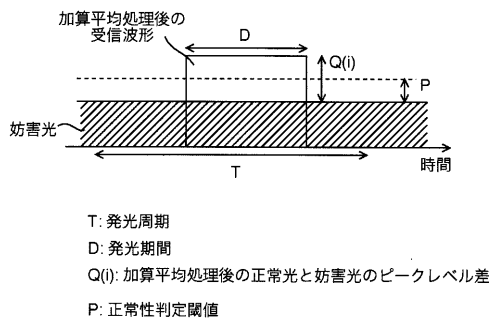
【図 10】



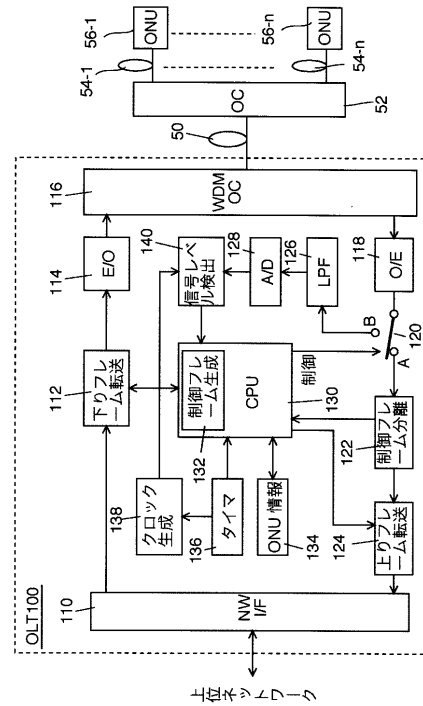
【図 11】



【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

