

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5570026号
(P5570026)

(45) 発行日 平成26年8月13日(2014. 8. 13)

(24) 登録日 平成26年7月4日(2014. 7. 4)

(51) Int.Cl.	F I
H O 4 L 12/44 (2006.01)	H O 4 L 12/44 2 0 0
H O 4 L 29/06 (2006.01)	H O 4 L 13/00 3 0 5 C

請求項の数 11 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-13690 (P2011-13690)	(73) 特許権者	511023071
(22) 出願日	平成23年1月26日(2011. 1. 26)		ビーエムシー・シエラ イスラエル, エル
(65) 公開番号	特開2011-166758 (P2011-166758A)		ティディ.
(43) 公開日	平成23年8月25日(2011. 8. 25)		イスラエル 4 6 1 2 ヘルツリア ピッ
審査請求日	平成26年1月8日(2014. 1. 8)		ツアッチ、 ハサドナオト ストリート
(31) 優先権主張番号	12/697253		4, ビーオーボックス 2 0 8 9
(32) 優先日	平成22年1月31日(2010. 1. 31)	(74) 代理人	100081053
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 三俣 弘文
		(72) 発明者	ザッキー ハラマーティー
			イスラエル 5 2 5 2 4 ラマトガン,
			ルース ストリート 2 / 2
		(72) 発明者	ヤニブ コベルマン
			イスラエル 4 0 6 9 5 ミシュメレット
			, 3 0 0 ミシュメレット

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 E P O N に冗長性を与える冗長化システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

E P O N の冗長性を与えるシステムにおいて、

(a) O N U を有し、

前記 O N U が通常状態にある時は、前記 O N U は、第 1 の O L T からの第 1 暗号キーで暗号化されたパス上を伝搬する入力通信を監視し、第 1 のタイムスタンプを用いて、前記第 1 の O L T による脱登録状態を回避し、

前記入力通信が所定の期間クワイエット状態にある時には、前記 O N U は、レニエント状態に、前記第 1 の O L T から独立して、移行し、

前記レニエント状態においては、

(i) 前記 O N U は、前記第 1 の O L T からの第 1 暗号キーと第 2 の O L T からの第 2 暗号キーを用いて脱暗号化し、

(i i) パケットを送信する時に、前記 O N U は、前記第 1 暗号キーを用いて、前記送信するパケットを暗号化し、

(i i i) パケットを受領すると、

(A) 前記 O N U は、O N U のタイムスタンプを、前記パケットのタイムスタンプに基づいて更新し、この更新された O N U のタイムスタンプを用いて、前記第 2 の O L T による脱登録状態を回避し、

(B) 前記 O N U は、前記通常状態に移行し、

前記 O N U が前記レニエント状態にある間、前記入力通信が所定の期間クワイエット

10

20

ト状態にある時には、前記ONUは、脱登録状態に移行し、

前記クワイエット状態にある入力通信は、前記ONUに着信するが前記ONU宛てではない信号を含む

ことを特徴とするEPONに冗長性を与えるシステム。

【請求項2】

前記パケットを受領すると、前記ONUは、前記パケットのセキュリティ・カウンタに基づいて、ONUのセキュリティ・カウンタを更新する

ことを特徴とする請求項1記載のシステム。

【請求項3】

前記第1のOLTは、第1の場所に配置され、

前記第2のOLTは、第2の場所に配置され、

(b) パッシブ型光学スプリッタを更に有し、

前記パッシブ型光学スプリッタは、前記OLTと前記ONUとの間でパケットを交換する

ことを特徴とする請求項1記載のシステム。

【請求項4】

前記OLTは、切替信号を送信し、

前記OLTは、他のOLTから切替信号を受領する

ことを特徴とする請求項3記載のシステム。

【請求項5】

前記OLTが前記切替信号を受領すると、前記OLTは切替プロセスを実行することを特徴とする請求項4記載のシステム。

【請求項6】

前記OLTは、前記切替プロセスの後、IGMPとMACアドレステーブル情報を決定するよう、構成される

ことを特徴とする請求項5記載のシステム。

【請求項7】

(c) ホストを更に有し、

前記ホストは、切替信号を送信し、

前記OLTは、前記切替信号を、前記ホストから受領する

ことを特徴とする請求項3記載のシステム。

【請求項8】

前記OLTが切替信号を受領すると、前記OLTは切替プロセスを実行することを特徴とする請求項7記載のシステム。

【請求項9】

(d) ネットワーク交換機を更に有し、

前記ネットワーク交換機は、前記OLTに接続され、

前記ネットワーク交換機は、前記OLTとネットワークとの間のインターフェースを構成する

ことを特徴とする請求項3記載のシステム。

【請求項10】

前記OLTは、独立した統計カウンタを保持し、監視とトラブルシューティングを実行する

ことを特徴とする請求項3記載のシステム。

【請求項11】

前記入力通信は、以下の場合にクワイエット状態にある

(i) 前記ONUがパケットを受領してない場合；

(i i) 前記ONUが受領したパケットを脱暗号化する為の正確なセキュリティ・キーを有していない場合； さらなるグループから選択された前記ONUと前記OLTとの間でのパケット通信がない場合、

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項1記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ネットワークに関し、特に、E P O Nに冗長性を与えるシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

本明細書で使用される用語は、I E E E 8 0 2 . 3仕様書（特に1 Gに対しては6 4 , 6 5章と、1 0 Gに対しては7 6 , 7 7章）に記載されている。ネットワークにおける冗長性の必要、特にE P O Nについての必要性は、従来公知である。図1を参照すると、E P O Nにおいて、ネットワーク・プロバイダのO L T（1 0 0 , 1 0 1）は、光ファイバネットワーク（通信チャネル1 0 4 A , 1 0 4 B , 1 0 7 A , 1 0 7 B , 1 0 7 N）を介して、ユーザのO N U 1 0 8 A , 1 0 8 B , 1 0 8 Nと通信する。パッシブ型光学スプリッタ1 0 6は、O L T - 0（1 0 0）又はO L T - 1（1 0 1）のいずれかを使用して、O N U 1 0 8 A , 1 0 8 B , 1 0 8 Nと通信する。ホスト1 2 4は、O L T（1 0 0 , 1 0 1）の構築情報（コマンド、制御、モニタリング）を提供する。様々なアーキテクチャを用いて、光ファイバネットワークの冗長性を提供する。E P O N通信の標準は、ネットワークの故障からの回復を行う特徴を含む。E P O Nシステムの冗長性は、第1のO L T（現用系、メインとも称する）から第2のO L T（予備系、スタンバイとも称する）への切替、あるいは第1ネットワークから第2ネットワークへの切替の際のサービスの連続性を提供する。この切替は、交互に切り替わるO L Tの使用と光ファイバケーブルの使用を含む。

E P O N : Ethernet passive optical networks

O L T : optical line transmission equipment

O N U : optical networking units

【0003】

特許文献1は、複数の活性インターフェースのシステムを教示する。このシステムにおいて、各インターフェースは、通信ネットワークと加入者端末との間の光学信号の送受信を制御する。これらの現用系のインターフェースにより使用される制御情報は、全てのインターフェースがアクセスできる共通のメモリに記憶される。故障が現用系のインターフェースで検知されると、予備系のインターフェースが、故障状態にあるインターフェースの制御情報をメモリから取り出し、この制御情報を予備系のインターフェースに送る。インターフェースは必ず同じ場所になければならない。その理由は、制御情報は、周回時間・R T T（round trip time）を含むからである。更に必需品は、光学切り替え装置である。これにより、ネットワークと、現用系のインターフェースと、予備系インターフェースと、加入者端末を繋ぐデータ伝送パスを切り替えることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許公開第2 0 0 8 / 0 0 3 7 9 8 1号明細書（特開2 0 0 7 - 3 2 4 8 5 3号公報）

【特許文献2】米国特許公開第2 0 0 8 / 0 0 2 5 7 2 4号明細書（特開2 0 0 8 - 0 5 4 2 7 8号公報）

【特許文献3】米国特許公開第2 0 0 7 / 0 2 6 8 8 1 8号明細書（特開平1 1 - 8 0 8 2 1 9号、ただし公開されていない）

【0005】

特許文献2には、複数のP O Nと複数のO N Uと局側装置を含むシステムを開示す

10

20

30

40

50

る。この局側装置は、光学切り替え装置を使用する複数のPONインターフェースセクションを含む。この局側装置により、PONの1:Nの冗長性をN個の光学切替モジュールをカスケード接続することにより提供する。PONインターフェースセクションは、この局側装置内に一緒に配置され、局側装置内の光学チャネル長さの調整を行っている。

【0006】

特許文献3は、冗長性のユニットがそのインターフェースを開閉して、PONネットワークの活性ユニット間を切り替える方法を教示する。この方法は、物理層の切替を提供するが、ネットワークの故障と回復のサービスあるいは動作について触れていない。

【0007】

本明細書において、故障とは、OLT(100, 101)の故障と、光ファイバネットワークの故障を含む。前者の故障は、内部ロジック故障又は停電であり、後者の故障は、光ファイバネットワークにおけるOLTと第1ノードパッシブ型光学スプリッタ106との間の光ファイバケーブルの通信チャネル104A, 104Bでの破損である。従来の冗長性は、現用系OLTから予備系OLTへの切替を提供し、ある遅延時間後、サービスを確立された仕様に従ってONUに戻る。EPONシステムのOLTの冗長性は、切替時間が長い(例えば1秒の)場合には、比較的簡単である。この場合、ONUは、登録が抹消され、予備系OLTがオンラインに入ってきて、全てのONUが、再度登録され、サービスが最終的に全てのONUに戻る。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ONUは、次の条件の下で登録から外れる(脱登録される)。

1. 長時間(通常300ms以上)が、ONUが下りGATE packetsを受領せずに経過した場合。

2. ONUがOLTから受領したタイムスタンプにおいて、タイムスタンプのドリフト時間が16TQ(256ns)がある場合。1TQは16nsである。タイムスタンプのドリフトは、第1クロックを使用する第1OLTから第2クロックを使用する第2OLTへの切替が起こり、このクロック間で同期が取れていない場合に起こる。同期が取れているクロックの場合でも、各OLTから第1のノードへの光ファイバケーブルの長さの差が、タイムスタンプのドリフトの原因である。

【0009】

3. 新OLTがONU用の現用セキュリティ・キーを有していない場合。

OLTが、ONUが最早利用していない旧セキュリティ・キーを用いてデータを送信した時に、ONUはそのデータを認識しない。ONUがこのデータを認識しないために、ONUはデータを受領していない状態にある。ONUがデータを受領せずにある時間が経過すると、ONUは登録から外される。制御パケットが暗号化されていない場合には、ONUは、データを認識することができず、データを受領できない状態にある。本明細書においては、データは、特に断らない限り、通信される全ての情報に対する一般的なリファレンスとして用いられる。システムのセキュリティがデータパケットのみであり、制御パケットは暗号化されずに送られる場合には、ONUも、同様にデータを受領できない状態にいる。

【0010】

ONUの登録が抹消される(脱登録される)と、従来の回復時間は、約1秒であるが、通常300ms-1500msである。この回復時間は、新たなアプリケーションあるいは将来のアプリケーションのためには十分ではない。今やアプリケーションプロバイダが新たなアプリケーションと高レベルのサービスをユーザに提供するには、回復時間を50ms未満にすることを要求している。この時間内に回復を行うためには、ONUは、予備系(控え)のOLTへの切替時に、登録が抹消されることは許されない。

【課題を解決するための手段】

【0011】

従来の冗長性を確保する手段は、予備系OLTを現用系と同じ場所に配置して、資源を共有し、予備系OLTと現用系OLTを同期し、光ファイバケーブルの長さの差を最小にしている。OLTの一般的な実現手段はプリント回路基板である。ネットワークプロバイダの設備内にある1つのシャーン内に複数のOLTを配置し、このOLTを制御する1つのホストを配置する。各OLTが、OLTのタイムスタンプ・カウンタ用にクロック生成機を有している場合には、これらのタイムスタンプ・カウンタは同期していない。タイムスタンプカウンタは、16ns(1TQ)毎に進み、同期には、OLT間を接続する2本のワイヤ(1本はクロック用で、1本はリセット用)を必要とする。これは、物理的な限界があるために、実現が難しい。各OLTから光ファイバネットワーク上にある第1のノードまでの光ファイバケーブルの長さが違うために、RTT(周回時間)にばらつきがある。この場合、RTTを同一にするには、手動による作業が必要であり、これも又物理的な限界がある。更にOLTとホストとを同一場所に配置することは、配置場所に冗長性がないために、システムを故障の危険性にさらすことがある。本明細書において、「配置場所の冗長性」とは、物理的に離れた場所にシステムの一部を配置することを意味する。一実施例においては、現用系と予備系OLTは、両方とも同一の部屋に配置されている。日常的な保守管理のための停電、自然災害(洪水)、人災(火事)は、現用系と予備系OLTの両方に影響を及ぼし、EPONの故障に繋がる。

10

【0012】

セキュリティ・キーを同期化(一致)させる従来技術は、各ONUに対する現用のセキュリティ・キーのリアルタイムのデータベースを維持することを含む。新たなOLTが、ONUに対する現用のセキュリティ・キーを有しない場合には、このONUは、新たなOLTから送信されたデータを認識せず、その結果ONUは登録から外され、データが廃棄される。2つのOLTの間でリアルタイムでセキュリティ・キーを同期させることは複雑な技術であり、OLT間の広範囲なハードウェアのワイヤリングを必要とする。

20

【0013】

本発明の目的は、回復時間が50ms以下のEPON冗長性のシステムを提供することである。更にEPONの複数のレイヤの冗長性を有することが望まし。この冗長性には、ネットワークプロバイダのOLT(装置の冗長性)、光ファイバネットワーク(パスの冗長性)、物理的配置場所(配置場所の冗長性)が含まれる。

【0014】

30

本発明のEPONの冗長性を与えるシステムにおいて、(a)ONUを有し、

前記ONUが通常状態にある時は、前記ONUは、入力通信を監視し、前記入力通信が所定の期間静止状態にある時には、前記ONUはレニエント状態に移行し、前記レニエント状態においては、

(i)前記ONUは、旧セキュリティ・キーと新たなセキュリティ・キーを受領し、

(ii)パケットを受領すると、

(A)前記ONUは、ONUのタイムスタンプを、前記パケットのタイムスタンプに基づいて更新し、

(B)前記ONUは、前記通常状態に移行し、

40

(iii)前記ONUが前記レニエント状態にある間、パケットを所定の時間受領しない場合には、前記ONUは、脱登録状態に移行する。

一実施例によれば、前記パケットを受領すると、前記ONUは、前記パケットのセキュリティ・カウンタに基づいて、ONUのセキュリティ・カウンタを更新する。

一実施例によれば、(b)複数のOLTと、(c)パッシブ型光学スプリッタと、を更に有する。前記複数のOLTの内第1のOLTは第1の場所に配置され、第2のOLTは第2の場所に配置され、前記パッシブ型光学スプリッタは、前記OLTと前記ONUとの間でパケットを交換する。

一実施例によれば、前記OLTは、切替信号を送信し、前記OLTは、他のOLTから切替信号を受領する。

50

一実施例によれば、前記OLTが前記切替信号を受領した時に、前記OLTは切替プロセスを実行する。

一実施例によれば、前記OLTは、前記切替プロセスの後、IGMPとMACアドレステーブル情報を決定するよう、構成される。

一実施例によれば、本発明のシステムは(d)ホストを更に有し、前記ホストは、切替信号を送信し、前記OLTは、切替信号を、前記ホストから受領する。

一実施例によれば、前記OLTが切替信号を受領すると、前記OLTは切替プロセスを実行する。

一実施例によれば、本発明のシステムは(e)ネットワーク交換機を更に有し、前記ネットワーク交換機は、前記OLTに接続され、前記ネットワーク交換機は、前記OLTとネットワークとの間のインターフェースを構成する。

一実施例によれば、前記OLTは、独立した統計カウンタを保持し、監視とトラブルシューティングを実行する。

一実施例によれば、本発明のシステムは、第1のOLTの使用から第2のOLTへの使用に50ms以下で切り替える。

一実施例によれば、本発明のシステムは、ONUが依然として登録されている間、OLTの切替後周回時間(RTT)を再計算する。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】EPONネットワークのブロック図。

【図2】冗長性のあるEPONネットワークのブロック図。

【図3】OLT切替プロセスのタイミングフローチャート図。

【図4】ONUレニエントモード動作のフローチャート図。

【図5】N：1の冗長性のあるEPONネットワークのブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明の実施例は、EPONにおける冗長性を提供するシステムである。本発明のシステムは、故障からの早期の回復(具体的には回復時間が50ms以下)を可能とする。本発明のシステムは、光ファイバネットワークのパスの冗長性を可能とする。このシステムは、OLTの配置場所の冗長性を実現するが、これは光ファイバネットワークのより大きなパスの冗長性を可能とする。予備系OLTのセキュリティ情報は、現用系OLTとは非同期で更新される。このシステムはN：1の冗長性を提供する。具体的には第1実施例においては、2：1の冗長性を可能とし、この冗長性の実行を、いかにN：1の冗長性の提供に拡張するかを、その後で説明する。

【0017】

図2において、第1の光学ライン伝搬装置(OLT)であるOLT-1(200A)を第1の場所に、第2の光学ライン伝搬装置(OLT)であるOLT-1(200B)を第2の場所に配置する。各OLTを別々の場所に配置することにより、配置場所の冗長性が得られる。特定のアプリケーション及び配置場所の冗長性のレベルは、どの配置場所が配置場所の冗長性の要件を満たかを決定する要件を提供する。一実施例においては、OLTは同一の部屋に配置されるか更には同一のシャシに配置され、各OLTは、独立した電源とネットワーク接続を有する。別の実施例においては、各OLTは別の建物内に配置される。OLTの配置場所の冗長性の構築は、EPONの仕様書の動作パラメータと実際の配置場所より制限される。OLTは、第1通信チャンネル104A、104Bを介して、パケットをパッシブ型光学スプリッタ106と送受信する。第2通信チャンネル107A、107B、107Nは、パッシブ型光学スプリッタ106を、関連するONU214A、214B、214Nにそれぞれ動作可能に接続する。本明細書においては、現用系の通信チャンネルは、パケットをこの通信チャンネル上にある所定の装置の間で送受信できる通信チャンネルである。本明細書においては、「クワイエット(quiet)通信チャンネル」とは、通信チャンネル上の所定のデバイスの間でパケットを伝送(通信)しない通信チャンネルを意

味する。クワイエット通信チャネルは、通信チャネル上搬送される信号を物理的に有し、ネットワーク上の装置の入力に到達する。しかし信号が受信装置に向けられたものでない場合、あるいは受信装置がこの信号を処理できない場合には、通信チャネルはその装置にとってクワイエットであると見なされる。クワイエット・チャネルの一例は、パケットがOLTからONUに送信されるが、ONUが受信したパケットを暗号解読する正しいセキュリティ・キーを有していない場合である。この場合、ONUは、使用可能なデータを受信せず、入力通信チャネルはクワイエットと見なされる。

【0018】

通常の状態においては、ONUは、関連する第2通信チャネルを監視する。この第2通信チャネルが最小時間の間クワイエットの場合には、従来のONUは、通常の状態から脱登録（非登録）状態に切り替わるが、再登録するには約1000ms（1秒）を必要とする。その間アプリケーションは送受信できない。一実施例においては、脱登録を回避するために、ONUは、本発明の「レニエント（lenient）状態：中立状態」を具備する。関連する通信チャネルが最低時間の間クワイエットの場合には、ONUは通常状態から中立状態に移行する。この中立状態においては、ONUは旧（前に使用した）セキュリティ・キーと新（現用の）セキュリティ・キーの両方を受領して、受領したパケットの脱暗号化（暗号解読）を実行する。これに関しては以下説明する。旧セキュリティ・キーは、パケットを暗号化し送信するために用いられる。この中立状態においては、ONUは、パケットを受領するが、このONUのタイムスタンプは、このパケットのタイムスタンプに基づいて更新され、ONUのセキュリティ・カウンタは、パケットのセキュリティ・カウンタに基づいて更新される。パケットを中立状態で受領した後、ONUは、通常状態に移行する。ONUが中立状態にあり、パケットをある期間受領しない場合には、ONUは脱登録状態に移行する。中立状態を用いることにより、切替時間は、平均100msから最悪の場合でも21msに減らすことができる。

【0019】

ホスト224A、224Bは、OLT-1（200A）、OLT-2（200B）に通信チャネル234により接続される。ネットワーク・スイッチ220は、OLT-1（200A）、OLT-2（200B）に通信チャネル230A、230Bによりそれぞれ接続される。ネットワーク・スイッチ220は、通信チャネル232を介してコア・ネットワーク222に接続される。OLT-1（200A）、OLT-2（200B）の間の通信チャネル236は、汎用入出力ピン（GPIO）接続であり、本明細書においてはGPIO接続と称する。OLT-1（200A）からのGPIO出力ピンは、OLT-2（200B）のGPIO入力ピンに接続される。同様にOLT-2（200B）のGPIO出力ピンは、OLT-1（200A）のGPIO入力ピンに接続される。OLTが比較的近い場所にある実施例においては、ケーブルを用いてOLTのGPIOに直接接続することもできる。OLTが物理的に別の場所に配置されている実施例においては、GPIO通信チャネルは、アプリケーションに対し適宜離れて制御される。通信チャネルを遠隔で制御する技術は従来公知であり、適宜の技術を用いてこれを実現できる。GPIO接続は、切替信号を現用系OLT-1（200A）から予備系OLT-2（200B）に送信する。OLT-2（200B）が切替信号を受領すると、切替プロセスはOLT-2（200B）に対し開始される。切替信号を送信する実施例は、現用系OLTのGPIOを「0」に下げることにより行われる。これは、GPIOを入力モードに設定することにより行われる。この入力モードにおいては、出力は「高いZ」の値を得て、pull-downレジスタによりpull-downされる。切替信号を送信する実施例においては、現用系OLT信号がローレベルにあるか、現用系OLTの電源が故障している場合には、予備系OLTが切替信号を受領する。これにより、予備系OLTは現用系OLTの電源故障を認識できる。切替プロセスが完了すると、OLT-2（200B）は現用系OLTになり、OLT-1（200A）は予備系OLTになり、将来の切替に備える。

GPIO：general-purpose input/output pins

【0020】

光ファイバの保護の切替は、OLT切替として公知であり、以下の様々な環境のより開始される。

- ・現用系OLTが、光ファイバの通信チャンネルにおける問題点を検出する。
- ・予備系OLTが、現用系OLTの電源故障を認識する。
- ・切替コマンドがOLTに与えられる。

【0021】

予備系OLTと現用系OLTは、以下に示すような様々な形態で配置される。例えば、各OLTを別々の物理的場所に配置すること、OLTを同一場所に配置するが別のシャーシに配置すること、OLTのプリント回路基板を同一のシャーシに配置することである。OLTを、同一のシャーシ上であるが別のプリント回路基板上で実現する場合には、クロックを同期する必要も無いし、2つのプリント回路基板上の間で信号をリセットする必要もない。各OLTは、EPONとの通信用の光ファイバを有する。どのOLTを現用系OLTにするか、予備系OLTにするかの選択は、アプリケーションの使用要件、OLTの配置要件に依存する。使用開始すると、一方のユニットは現用系OLTとして機能し、他方のユニットは予備系OLTとして機能する。切替が完了すると、前の現用系OLTは予備系OLTになり、前の予備系OLTは現用系OLTとして機能する。特定のOLTを、現用系OLTあるいは予備系OLTとしての役割を永続的に持たせる必要はない。

【0022】

この実施例において、最初はOLT-1 (200A) を現用系OLTに、OLT-2 (200B) を予備系OLTにして、OLTの切替を説明する。予備系OLT-2 (200B) はパッシブ型であり、EPONへの通信チャンネル104B上での通信処理あるいは通信チャンネル230Bを介してのネットワーク切替を開始しない。同様にホスト224Aの1つは現用系ホストと見なされ、OLTの構築情報、コマンド制御、監視制御を提供する。ホストにより保持される情報は、どのONUが登録され、ONUのダイナミックなバンド幅の割り当て (DBA) の順番、アドレステーブル、IGMPプロキシテーブル、ONUネットワーク設定、各ONUのセキュリティ状態 (イネーブルされているか/キー) と、分類ルールのような静的OLT構築を含む。現用系ホスト224Aは、アクティブに更新するか、OLT-1 (200A) により更新される。現用系ホスト224Aは、予備系OLT-2 (200B) を更新し、予備系・ホスト224Bを更新する。

DBA : dynamic bandwidth allocation

【0023】

図3において、コラム300はネットワーク交換機の動作、コラム310はホストの動作、コラム320は最初は予備系OLTの動作、コラム340は最初は現用系OLTの動作を示す。この図の下への流れは相対的時間302で表す。この本明細書で記載される時間の長さが好ましいが、しかしタイムアウト期間や待機期間は別途構築可能であり、本発明のシステムは、アプリケーションに適した特定の時間間隔で構築可能である。切替プロセスは様々な方法で開始される。例えばホスト310が切替コマンド開始信号を現用系OLT340に送り (ステップ312)、現用系OLTが光ファイバの通信チャンネルに問題があることを検知する (ステップ342)。これは、光ファイバネットワークにおける問題点を (光ファイバの監視により) 検出することにより行う。この場合、コラム340である現用系OLTは送信を停止するか、送信レーザの電源を切る (ステップ344)。現用系OLTは上り方向のトラフィックを検出しない。

【0024】

送信が停止した後 (ステップ344)、現用系OLT340は、GPIOをトリガーする (ステップ348)。この切替プロセスは、現用系OLT340の電源が故障した時に開始する (ステップ346)。この場合、この故障は、電力の喪失に起因するため、GPIOがトリガーされ (ステップ348)、レーザが、電源の故障により発振停止する。一実施例においては、GPIOは、上記したプルダウン・レジスタ技術によりトリガーされる。ある場合においては、切替コマンドは、現用系OLTに与えられ、現用系OLTを使用を中止し、現用系OLTの保守管理を実行する。別の場合には、現用系OLTが誤作

動しても、OLTは依然として電力を有し、GPIOはプルダウンされることはない。OLTの誤作動の一例は、OLTのプロセッサの問題（通常これは「スタック」あるいは「ハング」したCPUとして公知である）である。OLTの誤作動の別の例は、OLT PONの受信ラインに問題がある場合であり、これにより、クワイエットな通信チャネルとなる。この場合、ホストのwatchdog processが現用系OLTを監視し、現用系OLTがwatchdog processに応答しない場合には、ホストは、切替開始コマンドを予備系OLTに送り、切替プロセスを開始する。

【0025】

現用系OLT 340に電力が与えられており、この現用系OLT 340に対する切替プロセスが行われる場合を説明すると、GPIOがトリガーされた後、現用系OLTがホスト310に対し現用系OLTは最早現用系OLTとしては機能しない旨を、通知する（ステップ350）。このOLT 340は、タイムアウトの期間待機すると、元の予備系OLTが新たな現用系OLTとして機能できるようになり、その結果、現用系OLT 340が新たな予備系OLTになる（ステップ354）。タイムアウトの時間はダイナミックバンド幅割り当て（DBA）のサイクルの少なくとも2倍であるが、これは、どのONUも上りのパケットを送信しなくてもよいことを仮定している。一実施例においては、DBAのサイクルは0.5msであり、タイムアウトの時間は3msである。別の構成として、予備系OLTがGPIOを設定すると（ステップ324）、現用系OLT 340が新たな予備系OLTになる（ステップ354）。

【0026】

ある従来のシステムにおいては、OLTは、EPONのネットワークを監視するが、この従来システムは、前記した同期の問題とセキュリティの問題を解決する必要がある。この開示した実施例は、より一般的な解決法を提供する。この解決法においては、予備系OLT 320は、EPONネットワークを監視しない（上り方向のトラフィックを聞かない／受信しない）が、その理由は、予備系OLTはデータをいつ受信するかを知らないため、受信したデータに同期することができず、EPONネットワークを学習することもできないからである。

【0027】

現用系OLT 340がGPIOをトリガーすると（ステップ348）、このGPIOのトリガーは、予備系OLTにより検知される（ステップ322）。予備系OLTがトリガーされ、新たな現用系OLTとなるプロセスを開始すると、予備系OLTのレーザーはOFFとなる。ある時点で、1つのOLTが駆動中のレーザーを有し、このためパッシブ型光学スプリッタ106の正しいマルチプレックス制御を行うことができる。予備系OLTは、切替プロセスを、GPIOを設定することにより、開始する（ステップ324）。ホストには、予備系OLTが現用系OLTとして機能し、その後この予備系OLTがタイムアウトの時間（例、3ms）を待っていることを、通知される（ステップ328）。このタイムアウトの期間は、ONUへの通信チャネルがクワイエットになるために、言い換えると、ラインをクリアにするために必要な期間である。ONUは、下流方向のトラフィックがない時間を認識し、送信を停止し、レニエント状態に移行する。タイムアウトの時間を待った後（ステップ328）、予備系OLTは、送信レーザをターンオンする（ステップ330）。その後、新たな現用系OLTからこのONUへのRTTを校正する（ステップ332）。RTTを測定する1つの技術は、GATEコマンドを予備系OLTからONUに送り、各ONUに対するRTTを校正することである。別の技術は、現用系OLTから予備系OLTへのデータベースの同期プロセスの間、ホストから受領したRTTを調整することである。RTTを校正するプロセスは、各ONUに対する専用のディスカバリ・プロセスを実行することと等価である。この場合、各ONUは、GATE／REPORTのメッセージを用いて、既に登録されている。OLTは、各ONUに、GATEメッセージを送信し、REPORTメッセージを得る。この受領したREPORTメッセージを用いて、RTTを校正する。

【0028】

元の予備系OLTは、新たな現用系OLTとして動作（DBAの操作の開始を含む）を開始する（ステップ334）。適用可能な場合には、予備系OLTは、IGMP問い合わせを送信して、IGMPプロキシ・テーブルを更新する（ステップ336）。IGMPテーブルとMACアドレステーブルは、現用系OLTから予備系OLTに、リアルタイムではコピーできない。そのため、この操作を開始した後、新たな現用系OLTは失われた情報（例：IGMPとMACアドレステーブル情報）を学習する。

【0029】

切替プロセスの間、ホスト310は、現用系OLTは現用系OLTとして機能していないという通知を、現用系OLT340から受領する（ステップ314）。あるいは、予備系OLTは現用系OLTとして動作するという通知を、予備系OLTから受領する（ステップ326）。ホスト310は、ネットワーク交換機300に、現用系OLT340から予備系OLTに切り替わった旨の通知をする（ステップ316）。その結果、ネットワーク交換機は、ポートを交換し（ステップ304）、現用系OLT340へのデータのルーティングを停止し、予備系OLTへのデータのルーティングを開始する。

【0030】

統計カウンタは、各OLTにより管理され、監視とトラブルシューティングを実行する。統計値（statistics）は、現用系OLTと、旧い現用系／予備系OLTの両方から読み出される。OLT間の統計値の同期は必要ない。一実施例においては、ホストは、現用系OLTとして動作する第1OLTから統計値を読み出す。切替が起これると、第2OLTが今度は現用系OLTとして動作する。そしてホストは、この第2OLTから統計値を読み出す。ホストが第1OLTと通信している場合には、ホストは、第1OLTから統計値（あるいは残りの統計値）を読み出す。この特徴が用いられるのは、故障が起こった時、手動による切替を実行する時、例えばOLTへのメンテナンス時、更新が必要な場合である。切替に必要な時間は、次のように計算される。この時間は最悪の場合である。

【0031】

- ・現用系OLTがwatchdog processに応答しない間：3ms
- ・GPIO切替信号をトリガーする間：1ms
- ・予備系（新たに現用系となった）OLTがEPONがレニエント状態に入るのを待つ間：3ms
- ・64個のONUに対するRTTの計算時間：14ms

これらを加えると全部で21msであり、切替時間の好ましい50ms以下である。

例えば64個のONUに対するRTT遅延計算に必要な時間は次の通りである。

- ・1mの光ファイバは、 $1 / (\text{ファイバ中の光速}) = 1\text{m} / (200000000\text{m/s}) = 5\text{ns}$ を必要とする。
- ・OLTからONUへの最大ファイバ長さは20km
 $20\text{km} \times 5\text{ns/m} = 100\mu\text{s}$
- ・OLTからONU戻り更にOLTに戻る周回時間は：
 $[\text{OLTからONUへの}100\mu\text{s}] + [\text{ONU内のGATE処理用の}20\mu\text{s、これはGATEからREPORTへの}1250\text{TQである}] + [\text{ONUからOLTへ戻る}100\mu\text{s}] = 220\mu\text{s}$
- ・64個のONU $\times 220\mu\text{s} = 14\text{ms}$

【0032】

図4において、ONUは、通常状態で動作する（ステップ400）。従来のONUに対する通常状態の動作の詳細は、IEEE802.3仕様書に記載されている。通常状態においては、ONUは関連する通信チャネルを監視する。アプリケーションによっては、この監視は様々な技術を用いて行われる。一実施例においては、ONUは、物理層で関連する通信チャネルを監視する（ブロック402）。これは、例えばONUが信号を受領したか否かを見て行われる。物理層の監視（ブロック402）の代わりに、ONUは、GATEコマンドを受領したか否かを見る（ブロック404）。GATEのコマンドを受領

10

20

30

40

50

しないことは、監視された通信チャネルはクワイエットであることを示す。関連する通信チャネルが最大時間クワイエットであると、ONUは通常状態からレニエント状態に代わる（ブロック406）。ONUが、レニエント状態にしながら、パケットをOLTから所定の時間内に受領しない場合は、ONUはレニエント状態でタイムアウトになり（ブロック408）、ONUは脱登録状態に移行する（ブロック420）。脱登録状態になった後、ONUは、従来とうり再登録をし（ブロック422）、そして通常状態に移る。

【0033】

ONUがレニエント状態にいる間（ブロック406）、ONUは、新旧のセキュリティ・キーを受領する（ブロック410）。言い換えると、新旧のセキュリティ・キーの両方を用いて、受信したパケットを復号する。ONUがレニエント状態に入ると、ONUは新旧のセキュリティ・キーの受領を開始し（ブロック410）、その後ONUは、同一の新旧のセキュリティ・キーを受領し続ける。別の実施例においては、切替後、OLTは、安全の確保されていない無担保パケットをONUに送り、ONUは、レニエント状態にいる間、この無担保パケットを受け入れそれを送信する。これは、新たなセキュリティ接続が確立するまで、言い換えると新たなセキュリティ・キーが交換されるまで、行われる。通信がクワイエットであり、ONUがパケットを受領していない間（ブロック412）、ONUはレニエント状態にいる（ブロック406）。ONUがパケットを受領すると、ONUのタイムスタンプは更新され（ブロック414）、パケットのタイムスタンプに基づいて、ONUはパケットのセキュリティ・カウンタを受け入れ（ブロック415）、ONUは通常状態に移る（ブロック400）。OLTから送信されONUが受領したタイムスタンプに、 $16TQ(256ns)$ 以上のドリフトがある場合には、従来のONUは、登録が外される。本発明によれば、レニエント状態にあるONUにより、このONUは登録を外されることなく、ONU上のタイムスタンプの変数を更新し、故障から早急の回復を達成する。従って、ONUのタイムスタンプのカウンタの1回の調整だけで、ONUに対する再生攻撃（replay attack）に対する保護を提供できる。通信ネットワークで実行される再生攻撃に対する別の保護は、各パケットにセキュリティ・カウンタを割り当てることである。その一例はIEEE標準802.1AEに記載されている。この標準においては、各パケットは、あるパケットから次に送信されるパケットに増分を行うセキュリティ・カウンタを確保する。従来のONUが、間違ったセキュリティ・カウンタを有するパケットを受領すると、ONUはこのパケットを無視する。受信したパケットが受け入れ不可のセキュリティ・カウンタを有すると、ONUはこのパケットを無視し続け、その結果、ONUは、クワイエット状態になり、最終的にONUの登録が外される。

【0034】

レニエント状態にあるONUにより、このONUは、1回だけ新たなセキュリティカウンタを受け入れる。即ち言い換えると、誤ったセキュリティ・カウンタを受け入れる。新たなセキュリティ・カウンタを受け入れることにより、ONUはパケットの受領を継続し、クワイエット状態を阻止し、脱登録を回避し、故障からの早期の回復を可能とする。上記のレニエント状態の特徴の実行は、特定のアプリケーションに依存して、変わる。新たなセキュリティ・カウンタの1回だけの受け入れの特徴は、IEEE標準802.1AEの再生保護変数（replayProtect variable）を使用する。ONUがレニエント状態に入ると、再生保護変数はターンオフし、その結果ONUは新たなセキュリティ・カウンタを受け入れる。パケットをONUが受領し、新たなセキュリティ・カウンタが受け入れられる（それと同時にONUが他の上記の機能を実行する）と、ONUは通常状態に移行し、再生保護変数はターンオンされる。ここに開示した説明により、当業者は適宜の他の技術を実行できるであろう。

【0035】

レニエント状態のセキュリティ特徴を実行するために、ONUが通常状態にあり、ONUが新たなセキュリティ・キーを発行すると、この新たなセキュリティ・キーは、関連するOLTに送信され、ONUはこの新たなセキュリティ・キーの使用を開始し、ONUとOLTは、使用されていたセキュリティ・キー（旧セキュリティ・キー）を確保して

おく。旧セキュリティ・キーを確保しておくことは、新たなセキュリティ・キーが発行された毎に行われる。一実施例においては、第1のセキュリティ・キーは、ONUにより使用される。第2のセキュリティ・キー（新たなセキュリティ・キー）が発行されると、第1のセキュリティ・キーは、最早暗号化と脱暗号化（暗号解読）のプロセスでは使用されないが、ONUとOLTにより旧セキュリティ・キーとして確保される。第3のセキュリティ・キーが発行されると、第1のセキュリティ・キーは廃棄され、第2のセキュリティ・キーは旧セキュリティ・キーとなり、第3（新たな）のセキュリティ・キーを用いて、送受信されたパケットの暗号化と脱暗号化が行われる。

【0036】

ONUが、ある最小時間の間データを受領しないと、ONUはレニエント状態に移行する。レニエント状態においては、第2（旧）と第3（新）のセキュリティ・キーを用いてパケットの暗号解読を試みる。ONUがレニエント状態でデータを送信すると、ONUは、旧セキュリティ・キーを使用して送信すべきデータを暗号化する。その理由は、新たなOLTは、ONUと旧OLTとの間で使用されている新たなセキュリティ・キーを未だ持っていないからである。新たなOLTが新たなセキュリティ・キーを有している場合には、新たなOLTは、旧セキュリティ・キーで脱暗号化することができる。新旧のセキュリティ・キーの両方を用いても、認識可能なパケットは受領されず、ある時間経過後、ONUは脱登録状態に移行する。パケットの暗号解読が成功し、第2のセキュリティ・キー（この実施例では旧セキュリティ・キー）を使用していると認識されると、ONUのタイムスタンプは、受領したパケットのタイムスタンプで更新され、ONUは通常状態に移行し、第2セキュリティ・キーをONUが用いて、データの暗号化／送信と、脱暗号化／受信を行う。次に通常状態においては、新たな第4のセキュリティ・キーが発行され、第3のセキュリティ・キーが確保されていないと、第2のセキュリティ・キーは旧セキュリティ・キーとして保持され、第4のセキュリティ・キーが新たなセキュリティ・キーとなる（第3のセキュリティ・キーが廃棄された）。

【0037】

図2において、システムの故障許容度は、様々な構成要素と通信チャネル内に冗長性を導入することにより、改善される。一実施例においては、1本の共有ネットワークとして実現されている通信チャネル234の代わりに、通信チャネル234を各OLTへの冗長性のある接続とホスト間の冗長性のある接続でもって、実行することもできる。他の実施例においては、冗長性のあるネットワーク交換機220と冗長性のある通信チャネル230A、230B、232を実行することもできる。上記の説明及び本明細書の要件に基づいて、当業者は必要とされる故障許容度を提供するシステムを実現できる。

【0038】

上記したように、2：1の冗長性の実行の説明は、N：1の冗長性の実行まで拡張できる。図5において、N：1の冗長性のEPONネットワークの例においては、3個のEPONネットワークが1個の予備系OLTを具備している。EPONネットワーク-1500は図2の説明に類似する。OLT-1（200A）を第1場所に配置して、通信チャネル104Aを介してパッシブ型光学スプリッタ106に接続する。通信チャネル507は、パッシブ型光学スプリッタ106をONU214A、214B、214Nに接続する。図を簡略にするために、ホスト、ネットワーク交換機、通信チャネル、他の構成要素は、各EPONに対する図5には記載していない。

【0039】

EPONネットワーク1と同様に、EPONネットワーク2530は、OLT-3532を有し、それは通信チャネル534を介してパッシブ型光学スプリッタ536に接続される。通信チャネル537は、このパッシブ型光学スプリッタ536をONU538A、538B、538Nに接続する。

EPONネットワーク-540は、OLT-N542を有し、それは通信チャネル544を介してパッシブ型光学スプリッタ546に接続される。通信チャネル547は、このパッシブ型光学スプリッタ546をONU548A、548B、548Nに接続する

。

【0040】

共通の予備系OLT-2200Bが第2位置に配置され、パッシブ型光学スプリッタ106、536、546に通信チャンネル140B、534B、544Bを介して接続される。OLT-2200Bは、OLT-1(200A)、OLT-3532、OLT-N542に通信チャンネル236、539、549に接続され、上記のGPIO機能を提供する。図2で説明したように、構成要素は、同一場所あるいは異なった場所に配置可能である。上記の説明とN:1のネットワークの説明に基づいて、当業者は、他のN:1のネットワークを実行できるであろう。

【0041】

10

以上の説明は、本発明の一実施例に関するもので、この技術分野の当業者であれば、本発明の種々の変形例を考え得るが、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。特許請求の範囲の構成要素の後に記載した括弧内の番号は、図面の部品番号に対応し、発明の容易なる理解の為に付したものであり、発明を限定的に解釈するために用いてはならない。また、同一番号でも明細書と特許請求の範囲の部品名は必ずしも同一ではない。これは上記した理由による。用語「又は」に関して、例えば「A又はB」は、「Aのみ」、「Bのみ」ならず、「AとBの両方」を選択することも含む。特に記載のない限り、装置又は手段の数は、単数か複数かを問わない。

【符号の説明】

【0042】

20

104 通信チャンネル
106 パッシブ型光学スプリッタ
200A OLT-1
200B OLT-2
214 ネットワーキング・ユニット
220 ネットワーク・スイッチ
222 コア・ネットワーク
224 ホスト
224A ホスト
224B 予備系ホスト
312 スタート・切替コマンド
342 プロブレム

図3

300: ネットワーク交換機
310: ホスト
320: 予備系OLT
340: 現用系OLT
304: ポートの交換
312: 切替開始
314: 通知の受領
316: 切替の通知
322: GPIOをトリガーする
324: GPIOを設定する
326: ホストに通知する
328: 待機する
330: レーザをONする
332: RTTを校正する
334: 現用系OLTになる
336: IGMP問い合わせ
342: MAC WDが光ファイバの故障を認識する

30

40

50

- 344: レーザーをOFFにする
- 346: 電源の故障
- 348: GPIOをトリガーする
- 350: ホストに通知する
- 352: タイムアウト
- 354: 予備系OLTになる

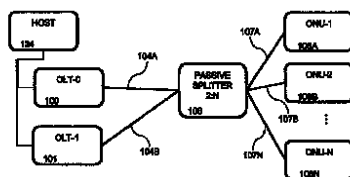
図4

- 400: ONUの通常動作
- 402: 物理層で受領したデータか?
- 404: GTAEコマンドを受領したか?
- 406: ONUはレニエント状態にいる
- 408: 新OLTでの登録のタイムアウトか?
- 410: ONUが新旧のセキュリティ・キーを受け入れる
- 412: 1つのパケットを受領したか?
- 414: ONUがタイムスタンプの変更を受領する
- 415: ONUがセキュリティ・カウンタを受領する
- 420: ONUが脱登録する
- 422: ONUが再登録する

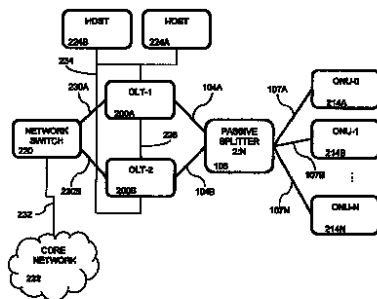
10

20

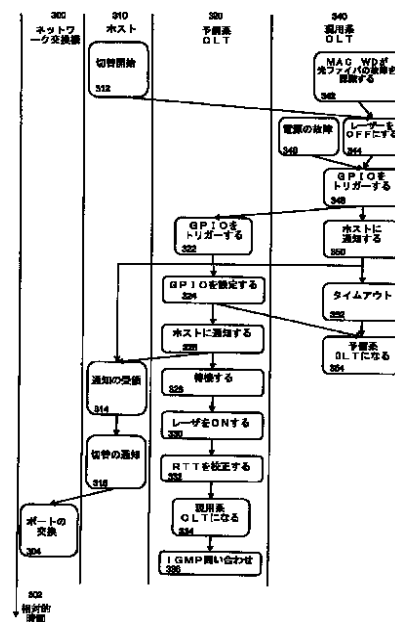
【図1】



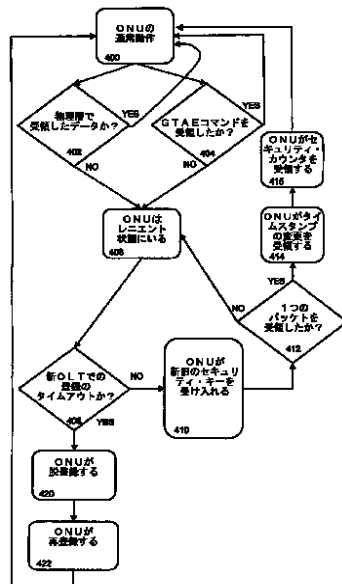
【図2】



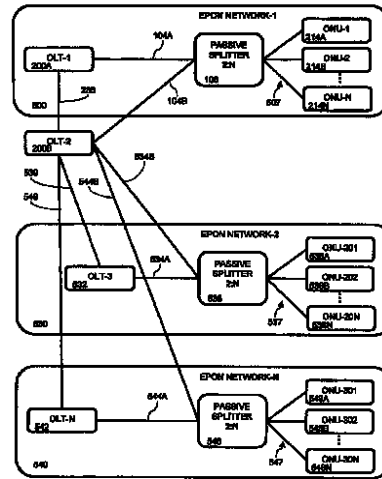
【図3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 アロン メイヤーソン
イスラエル 50200 ベイト ダガン, POB 2016, ハゴラン ストリート 55
- (72)発明者 リオー ヘルモッシュ
イスラエル 53523 ギバタイム, ハーマーバック ストリート 11

審査官 羽岡 さやか

- (56)参考文献 特開2008-278213 (JP, A)
国際公開第2008/126162 (WO, A1)
特開2007-67601 (JP, A)
特開2008-72370 (JP, A)
特開2000-307588 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04L 12/00-12/955
H04L 29/06