

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7122914号  
(P7122914)

(45)発行日 令和4年8月22日(2022.8.22)

(24)登録日 令和4年8月12日(2022.8.12)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 4 L 12/44 (2006.01) H 0 4 L 12/44 2 0 0

請求項の数 13 (全25頁)

(21)出願番号	特願2018-170141(P2018-170141)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22)出願日	平成30年9月12日(2018.9.12)	(74)代理人	100116964 弁理士 山形 洋一
(65)公開番号	特開2020-43499(P2020-43499A)	(74)代理人	100120477 弁理士 佐藤 賢改
(43)公開日	令和2年3月19日(2020.3.19)	(74)代理人	100135921 弁理士 篠原 昌彦
審査請求日	令和3年3月26日(2021.3.26)	(74)代理人	100083840 弁理士 前田 実
		(72)発明者	稲村 卓也 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
		審査官	羽岡 さやか

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光通信システム、光通信装置、制御方法、及び制御プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の子局装置、第2の子局装置、中継器、及び親局装置を含む光通信システムであって、

前記第1の子局装置は、第1の通信方式で通信し、

前記第2の子局装置は、第2の通信方式で通信し、

前記中継器は、

前記第1の子局装置及び前記第2の子局装置と、前記親局装置との間に存在し、

前記第1の子局装置が送信した光信号を受信した場合、受信した光信号に対して処理を行い、前記第2の子局装置が送信した光信号を受信した場合、受信した光信号に対して処理を行い、

10

前記親局装置は、前記第1の子局装置が送信した光信号に対して前記中継器が処理を実行する時間である第1の中継処理時間と、前記第2の子局装置が送信した光信号に対して前記中継器が処理を実行する時間である第2の中継処理時間とに基づいて算出されたガードタイムに応じて、前記第1の子局装置に光信号を送信させた後、次に、前記第2の子局装置に光信号の送信を開始させる時刻である送信開始時刻を算出する、

光通信システム。

【請求項2】

前記親局装置は、前記ガードタイムを用いずに算出した前記第2の子局装置の送信開始時刻よりも、前記ガードタイムに応じて算出した前記第2の子局装置の送信開始時刻を

20

遅らせる、

請求項 1 に記載の光通信システム。

【請求項 3】

前記ガードタイムは、前記第 1 の中継処理時間と前記第 2 の中継処理時間との差よりも大きい値である、

請求項 1 又は 2 に記載の光通信システム。

【請求項 4】

前記第 1 の子局装置と同じ通信方式で通信する複数の子局装置である第 1 の子局装置群と、

前記第 2 の子局装置と同じ通信方式で通信する複数の子局装置である第 2 の子局装置群と、

をさらに含み、

前記親局装置は、

前記第 1 の子局装置群が連続して光信号を送信するように、前記第 1 の子局装置群に光信号の送信を開始させる時刻である複数の送信開始時刻を算出し、前記第 2 の子局装置群が連続して光信号を送信するように、前記第 2 の子局装置群に光信号の送信を開始させる時刻である複数の送信開始時刻を算出し、かつ前記ガードタイムに応じて、前記第 1 の子局装置群に光信号を送信させた後、前記第 2 の子局装置群の中で最も早く光信号の送信を開始させる時刻を算出する、

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 5】

前記中継器と前記親局装置との間に存在する光カプラと、

前記光カプラを介して、前記親局装置と通信する第 3 の子局装置と、

をさらに含み、

前記親局装置は、前記ガードタイムに前記第 3 の子局装置から光信号を受信するために、前記第 3 の子局装置に光信号の送信を開始させる時刻である送信開始時刻を算出する、

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 6】

前記中継器は、

子局装置の登録を要求する第 1 の登録要求を受信した場合、前記第 1 の中継処理時間と前記第 2 の中継処理時間とを前記第 1 の登録要求に登録し、

前記第 1 の中継処理時間と前記第 2 の中継処理時間とを前記第 1 の登録要求に登録した情報である第 2 の登録要求を前記親局装置に送信し、

前記親局装置は、前記第 1 の中継処理時間と前記第 2 の中継処理時間とを前記第 2 の登録要求から抽出する、

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 7】

前記第 1 の通信方式は、第 1 の通信速度であり、

前記第 2 の通信方式は、前記第 1 の通信速度よりも遅い第 2 の通信速度である、

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 8】

前記第 1 の通信方式は、第 1 の通信速度であり、

前記第 2 の通信方式は、前記第 1 の通信速度よりも速い第 2 の通信速度である、

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 9】

前記第 1 の通信方式は、第 1 の変調方式であり、

前記第 2 の通信方式は、第 2 の変調方式である、

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光通信システム。

【請求項 10】

第 1 の通信方式で通信する第 1 の子局装置、第 2 の通信方式で通信する第 2 の子局装置

10

20

30

40

50

、親局装置、及び前記第 1 の子局装置と前記第 2 の子局装置と、前記親局装置との間で光信号を中継する中継器を含む光通信システムのうちの前記親局装置である光通信装置であって、

前記中継器を介して、前記第 1 の子局装置と、前記第 2 の子局装置とが送信した光信号を受信する光送受信部と、

前記第 1 の子局装置が送信した光信号に対して前記中継器が処理を実行する時間である第 1 の中継処理時間と、前記第 2 の子局装置が送信した光信号に対して前記中継器が処理を実行する時間である第 2 の中継処理時間とに基づいて算出されたガードタイムに応じて、前記第 1 の子局装置に光信号を送信させた後、次に、前記第 2 の子局装置に光信号の送信を開始させる時刻である送信開始時刻を算出する制御部と、

10

を有する光通信装置。

【請求項 1 1】

前記第 1 の中継処理時間と前記第 2 の中継処理時間とに基づいて、前記ガードタイムを算出するガードタイム算出部をさらに有する、

請求項 1 0 に記載の光通信装置。

【請求項 1 2】

第 1 の通信方式で通信する第 1 の子局装置、第 2 の通信方式で通信する第 2 の子局装置、親局装置、及び前記第 1 の子局装置と前記第 2 の子局装置と、前記親局装置との間で光信号を中継する中継器を含む光通信システムのうちの前記親局装置である光通信装置が、

前記第 1 の子局装置が送信した光信号に対して前記中継器が処理を実行する時間である第 1 の中継処理時間と、前記第 2 の子局装置が送信した光信号に対して前記中継器が処理を実行する時間である第 2 の中継処理時間とに基づいて算出されたガードタイムに応じて、前記第 1 の子局装置に光信号を送信させた後、次に、前記第 2 の子局装置に光信号の送信を開始させる時刻である送信開始時刻を算出する、

20

制御方法。

【請求項 1 3】

第 1 の通信方式で通信する第 1 の子局装置、第 2 の通信方式で通信する第 2 の子局装置、親局装置、及び前記第 1 の子局装置と前記第 2 の子局装置と、前記親局装置との間で光信号を中継する中継器を含む光通信システムのうちの前記親局装置である光通信装置に、

前記第 1 の子局装置が送信した光信号に対して前記中継器が処理を実行する時間である第 1 の中継処理時間と、前記第 2 の子局装置が送信した光信号に対して前記中継器が処理を実行する時間である第 2 の中継処理時間とに基づいて算出されたガードタイムに応じて、前記第 1 の子局装置に光信号を送信させた後、次に、前記第 2 の子局装置に光信号の送信を開始させる時刻である送信開始時刻を算出する、

30

処理を実行させる制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光通信システム、光通信装置、制御方法、及び制御プログラムに関する。

【背景技術】

40

【0002】

光通信システムである P O N ( P a s s i v e O p t i c a l N e t w o r k ) システムが、知られている。P O N システムは、通信事業者局舎に設置される光通信装置（親局装置とも言う）と、加入者側（子局側とも言う）の複数の光通信装置（子局装置とも言う）とを含む。親局装置は、O L T ( O p t i c a l L i n e T e r m i n a t i o n ) とする。子局装置は、O N U ( O p t i c a l N e t w o r k U n i t ) とする。

【0003】

P O N システムには、上り信号の時分割多重に基づく制御が行われる。なお、上り信号とは、O N U が O L T に送信する光信号である。当該制御は、I E E E 8 0 2 . 3 で標準化されている（非特許文献 1 を参照）。

50

## 【0004】

PONシステムでは、伝送距離を伸ばすために、中継器が含まれる。ここで、中継器を含む通信システムが提案されている（特許文献1, 2を参照）。中継器は、中継処理を行う。例えば、中継処理とは、誤り訂正処理又は波形歪みを補償する等化処理である。例えば、中継器は、等化処理として、適応等化アルゴリズムを用いて、偏波モード分散（PMD: Polarization Mode Dispersion）及び波長分散（CD: Chromatic Dispersion）等の影響による波形歪みを補償する。また、例えば、適応等化アルゴリズムは、QPSK（Quadrature Phase Shift Keying）で変調された位相変調信号をデジタルコヒーレント受信するとき

10

## 【0005】

ここで、等化処理を行うOLTが提案されている（特許文献3を参照）。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【文献】特開2014-161120号公報

国際公開第2014/034498号

特開2017-152773号公報

## 【非特許文献】

## 【0007】

【文献】「IEEE Std 802.3-2012」 clause 64及び clause 77

20

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

ところで、複数の通信方式で通信が行われるPONシステムがある。例えば、複数の通信方式とは、複数の通信速度又は複数の変調方式である。当該PONシステムには、OLTと複数のONUとの間に中継器が配置される。複数の通信方式で通信されるため、中継器は、通信方式毎に中継処理を行う。中継処理の実行時間は、通信方式毎に異なる。当該PONシステムでは、時分割多重に基づいて上り信号が制御される。例えば、当該PONシステムに含まれるOLTは、ある上り信号の受信タイミングで当該上り信号と他の上り信号とが衝突しないように、上り信号の送信開始時刻を複数のONUに設定する。しかし、OLTは、複数のONUと中継器との間で上り信号が衝突しないように送信開始時刻を算出していない場合がある。そのため、複数のONUと中継器との間で上り信号の衝突が発生する可能性がある。すなわち、通信方式毎に中継処理の実行時間が異なることをOLTが考慮しないで送信開始時刻を算出するため、ONUと中継器との間で上り信号の衝突が発生する可能性がある。

30

## 【0009】

本発明の目的は、上り信号の衝突を回避することである。

## 【課題を解決するための手段】

40

## 【0010】

本発明の一態様に係る光通信システムが提供される。光通信システムは、第1の子局装置、第2の子局装置、中継器、及び親局装置を含む。前記第1の子局装置は、第1の通信方式で通信する。前記第2の子局装置は、第2の通信方式で通信する。前記中継器は、前記第1の子局装置及び前記第2の子局装置と、前記親局装置との間に存在し、前記第1の子局装置が送信した光信号を受信した場合、受信した光信号に対して処理を行い、処理を終了した後の光信号を前記親局装置に送信し、前記第2の子局装置が送信した光信号を受信した場合、受信した光信号に対して処理を行い、処理を終了した後の光信号を前記親局装置に送信する。前記親局装置は、前記第1の子局装置が送信した光信号に対して前記中継器が処理を実行する時間である第1の中継処理時間と、前記第2の子局装置が送信した

50

光信号に対して前記中継器が処理を実行する時間である第2の中継処理時間とに基づいて算出されたガードタイムに応じて、前記第1の子局装置に光信号を送信させた後、次に、前記第2の子局装置に光信号の送信を開始させる時刻である送信開始時刻を算出する。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、上り信号の衝突を回避できる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施の形態1の光通信システムを示す図である。

【図2】実施の形態1のOLTが有する主なハードウェア構成を示す図である。

10

【図3】実施の形態1のMPCPプロセスを説明するための図である。

【図4】実施の形態1の中継器の構成を示す機能ブロック図である。

【図5】実施の形態1のOLTの構成を示す機能ブロック図である。

【図6】実施の形態1の中継処理テーブルを示す図である。

【図7】実施の形態1のDiscovery Gateシーケンスを示す図である。

【図8】実施の形態1のNormal Gateシーケンスの比較例を示す図である。

【図9】実施の形態1の上り信号の送信処理の具体例を示す図である。

【図10】実施の形態2の上り信号の送信処理の具体例を示す図である。

【図11】実施の形態2のOLTの構成を示す機能ブロック図である。

【図12】実施の形態2のOLTが実行する処理を示すフローチャートである。

20

【図13】実施の形態3の光通信システムを示す図である。

【図14】実施の形態3の上り信号の送信処理の具体例を示す図である。

【図15】実施の形態3のOLTの構成を示す機能ブロック図である。

【図16】実施の形態3のOLTが実行する処理を示すフローチャートである。

【図17】実施の形態4の光通信システムを示す図である。

【図18】実施の形態4の中継器の構成を示す機能ブロック図である。

【図19】実施の形態4のRegister Requestフレームのフォーマットを示す図である。

【図20】実施の形態4の中継器が実行する処理を示すフローチャートである。

【図21】実施の形態4のOLTの構成を示す機能ブロック図である。

30

【図22】実施の形態4のOLTが実行する処理を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照しながら実施の形態を説明する。以下の実施の形態は、例にすぎず、本発明の範囲内で種々の変更が可能である。

【0014】

実施の形態1

図1は、実施の形態1の光通信システムを示す図である。光通信システムは、OLT100、ONU201~204、及び中継器300を含む。図1は、ONUの数が4つの場合を例示している。しかし、ONUの数は、4つに限らない。

40

OLT100と中継器300との間は、光ファイバで接続されている。ONU201~204と中継器300は、光カプラ400を介して接続する。中継器300と光カプラ400との間は、光ファイバで接続されている。ONU201~204と光カプラ400との間は、光ファイバで接続されている。

【0015】

OLT100は、制御方法を実行する装置である。OLT100は、端末装置500と接続する。OLT100は、上位ネットワーク(図示を省略)に接続する。OLT100は、上位ネットワークから取得した情報(電気信号)を光信号に変換して、当該光信号をONUに送信することができる。OLT100がONUに送信する光信号を下り信号と表現する。また、ONUが送信する光信号を上り信号と表現する。OLT100は、上り信

50

号（すなわち、光信号）を電気信号に変換し、当該電気信号を上位ネットワークに送信することができる。

【0016】

ONU201, 202は、第1の通信方式で通信する光通信装置である。詳細には、ONU201, 202は、10Gbpsの通信速度で通信する光通信装置である。10Gbpsの通信速度は、第1の通信速度とも言う。

ONU203, 204は、第2の通信方式で通信する光通信装置である。詳細には、ONU203, 204は、1Gbpsの通信速度で通信する光通信装置である。例えば、1Gbpsの通信速度は、第2の通信速度とも言う。また、10Gbpsの通信速度が第2の通信速度と考えた場合、1Gbpsの通信速度は、第1の通信速度と考えてもよい。

10

【0017】

このように、光通信システムは、複数の異なる通信速度で通信するシステムである。そのため、例えば、光通信システムは、10G-EPON(10Gigabit Ethernet Passive Optical Network)システムと考えてもよい。

【0018】

ONU201~204のそれぞれは、各ユーザネットワーク（図示を省略）に接続する。例えば、ONU201は、下り信号（すなわち、光信号）を電気信号に変換し、当該電気信号をユーザネットワークに送信することができる。また、ONU201は、ユーザネットワークから取得した電気信号を光信号に変換し、当該光信号（すなわち、上り信号）をOLT100に送信することができる。

20

中継器300は、OLT100とONU201~204との間の伝送距離を長くするために、介在している。すなわち、中継器300は、OLT100とONU201~204との間に存在する。中継器300は、OLT100とONU201~204との間で光信号を中継する。

【0019】

中継器300は、上り信号（すなわち、光信号）を電気信号に変換する。中継器300は、電気信号に対して中継処理を実行する。例えば、中継処理は、誤り訂正処理である。中継器300は、中継処理が終わった後の電気信号を光信号に変換する。中継器300は、当該光信号をOLT100に送信する。また、中継器300は、中継処理で波形歪みを補償する等化処理を実行してもよい。

30

【0020】

光カプラ400は、下り信号をONU201~204に分配することができる。また、光カプラ400は、複数の上り信号を集約することができる。

端末装置500は、管理者が使用する装置である。端末装置500は、管理者の操作により、OLT100に様々な設定を行う。

【0021】

ここで、ONU201又はONU202は、第1の子局装置とも言う。ONU201又はONU202が第1の子局装置の場合、ONU201及びONU202は、第1の子局装置群とも言う。また、ONU201又はONU202は、第2の子局装置と考えてもよい。ONU201又はONU202が第2の子局装置の場合、ONU201及びONU202は、第2の子局装置群とも言う。

40

【0022】

また、ONU203又はONU204は、第2の子局装置とも言う。ONU203又はONU204が第2の子局装置の場合、ONU203及びONU204は、第2の子局装置群とも言う。また、ONU203又はONU204は、第1の子局装置と考えてもよい。ONU203又はONU204が第1の子局装置の場合、ONU203及びONU204は、第1の子局装置群とも言う。

なお、子局装置群に含まれている複数のONUは、同じ通信方式で通信すると言える。

【0023】

次に、OLT100の主なハードウェア構成について説明する。

50

図2は、実施の形態1のOLTが有する主なハードウェア構成を示す図である。OLT 100は、プロセッサ101、揮発性記憶装置102、及び不揮発性記憶装置103を有する。

【0024】

プロセッサ101は、OLT 100全体を制御する。例えば、プロセッサ101は、CPU (Central Processing Unit)、又はFPGA (Field Programmable Gate Array) などである。プロセッサ101は、マルチプロセッサでもよい。OLT 100は、処理回路によって実現されてもよく、又は、ソフトウェア、ファームウェア若しくはそれらの組み合わせによって実現されてもよい。なお、処理回路は、単回路又は複回路でもよい。

10

【0025】

揮発性記憶装置102は、OLT 100の主記憶装置である。例えば、揮発性記憶装置102は、RAM (Random Access Memory) である。不揮発性記憶装置103は、OLT 100の補助記憶装置である。例えば、不揮発性記憶装置103は、HDD (Hard Disk Drive) 又はSSD (Solid State Drive) である。

ONU 201 ~ 204 と中継器300は、OLT 100と同様に、プロセッサ、揮発性記憶装置、及び不揮発性記憶装置を有する。

【0026】

次に、MPCP (Multi-Point Control Protocol) プロセスについて説明する。

20

図3は、実施の形態1のMPCPプロセスを説明するための図である。図3は、OLT 100とONU 201とを用いて説明する。また、図3は、中継器300を省略している。

【0027】

(ステップS101) OLT 100は、論理的な接続関係を確立するために、Discovery Gateフレームを送信する。

(ステップS102) OLT 100は、Discovery Gateフレームを送信する。

このように、OLT 100は、定期的にDiscovery Gateフレームを送信する。

30

【0028】

(ステップS103) ONU 201は、Discovery Gateフレームを受信した場合、Register RequestフレームをOLT 100に送信する。

(ステップS104) OLT 100は、Register Requestフレームを受信する。OLT 100は、Register Requestフレームを受信することで、ONU 201の存在を検出する。また、OLT 100は、OLT 100とONU 201との間のフレーム往復時間を把握する。フレーム往復時間は、RTT (Round Trip Time) とも言う。

【0029】

OLT 100は、Registerフレームを送信する。Registerフレームは、LLID (Logical Link Identifier) をONU 201に割当てるためのフレームである。ONU 201にLLIDを割当てることによって、ONU 201は、割当てられたLLIDを含むフレームを受信した場合、自分宛に送信された情報であることを検出できる。

40

【0030】

(ステップS105) OLT 100は、Normal Gateフレームを送信する。Normal Gateフレームは、上り信号の送信開始時刻を含む。送信開始時刻は、ONUに上り信号の送信を開始させる時刻である。また、送信開始時刻は、上り信号の送信の開始を許可する時刻と表現してもよい。

(ステップS106) ONU 201は、Normal Gateフレームに含まれてい

50

る送信開始時刻に、Register ACKフレームを送信する。

【0031】

(ステップS107)OLT100は、Register ACKフレームを受信する。OLT100は、Register ACKフレームを受信することで、LLIDの登録を完了する。これにより、OLT100とONU201との間で論理的な接続関係が確立する。ここで、論理的な接続関係をPONリンクとも言う。

OLT100は、Normal Gateフレームを送信する。

【0032】

(ステップS108)ONU201は、自装置内に蓄積しているデータのデータ量をReportフレームに登録する。ここで、当該データ量は、送信要求データ量とも言う。ONU201は、Reportフレームを送信する。

(ステップS109)OLT100は、上り信号の送信開始時刻と帯域とをNormal Gateフレームに登録する。OLT100は、Normal Gateフレームを送信する。

(ステップS110)ONU201は、Normal Gateフレームに含まれている送信開始時刻に、データを含む上り信号を送信する。

【0033】

次に、中継器とOLTが有する機能について説明する。

図4は、実施の形態1の中継器の構成を示す機能ブロック図である。また、図4では、上り信号に対する中継器300の処理を説明する。

中継器300は、光/電気変換部310、中継処理部320、中継処理部330、及び電気/光変換部340を有する。

【0034】

光/電気変換部310、中継処理部320、中継処理部330、及び電気/光変換部340の一部又は全部は、中継器300が有するプロセッサによって実現してもよい。光/電気変換部310、中継処理部320、中継処理部330、及び電気/光変換部340の一部又は全部は、中継器300が有するプロセッサが実行するプログラムのモジュールとして実現してもよい。

【0035】

光/電気変換部310は、上り信号(すなわち、光信号)を電気信号に変換する。詳細に説明する。光/電気変換部310は、10Gbpsで通信するONU201,202が送信した上り信号を電気信号に変換する。光/電気変換部310は、変換した電気信号を中継処理部320に送信する。また、光/電気変換部310は、1Gbpsで通信するONU203,204が送信した上り信号を電気信号に変換する。光/電気変換部310は、変換した電気信号を中継処理部330に送信する。

【0036】

光/電気変換部310は、WDM(Wavelength Division Multiplexing)フィルタを用いて、ONU201,202が送信した上り信号とONU203,204が送信した上り信号と分岐してもよい。また、上り信号を分岐する方法は、これ以外の方法でもよい。

【0037】

中継処理部320は、光/電気変換部310から受信した電気信号に対して中継処理を実行する。例えば、中継処理部320は、光/電気変換部310から受信した電気信号に対して誤り訂正処理を実行する。詳細には、中継処理部320は、電気信号(すなわち、データ)に誤りがあるか否かを判定する。中継処理部320は、電気信号(すなわち、データ)に誤りがある場合、誤りを訂正する。

また、中継処理部320は、波形歪みを補償する等化処理を実行してもよい。

【0038】

中継処理部330は、光/電気変換部310から受信した電気信号に対して中継処理を実行する。例えば、中継処理部330は、光/電気変換部310から受信した電気信号に

10

20

30

40

50

対して誤り訂正処理を実行する。詳細には、中継処理部 330 は、電気信号（すなわち、データ）に誤りがあるか否かを判定する。中継処理部 330 は、電気信号（すなわち、データ）に誤りがある場合、誤りを訂正する。

また、中継処理部 330 は、波形歪みを補償する等化処理を実行してもよい。

#### 【0039】

電気/光変換部 340 は、中継処理部 320 から電気信号を受信する。電気/光変換部 340 は、電気信号を光信号（すなわち、上り信号）に変換する。電気/光変換部 340 は、上り信号を OLT 100 に送信する。また、電気/光変換部 340 は、中継処理部 330 から電気信号を受信する。電気/光変換部 340 は、電気信号を光信号（すなわち、上り信号）に変換する。電気/光変換部 340 は、上り信号を OLT 100 に送信する。

10

#### 【0040】

図 5 は、実施の形態 1 の OLT の構成を示す機能ブロック図である。OLT 100 は、記憶部 110、光送受信部 120、信号処理部 130、ガードタイム算出部 140、及び制御部 11 を有する。制御部 11 は、PON 制御部 150 を含む。また、制御部 11 の機能は、PON 制御部 150 の機能と同じである。そのため、制御部 11 の機能については、PON 制御部 150 を用いて説明する。

#### 【0041】

記憶部 110 は、揮発性記憶装置 102 及び不揮発性記憶装置 103 に確保した記憶領域として実現できる。

光送受信部 120、信号処理部 130、ガードタイム算出部 140、及び PON 制御部 150 の一部又は全部は、プロセッサ 101 によって実現してもよい。光送受信部 120、信号処理部 130、ガードタイム算出部 140、及び PON 制御部 150 の一部又は全部は、プロセッサ 101 が実行するプログラムのモジュールとして実現してもよい。当該プログラムは、制御プログラムとも言う。

20

#### 【0042】

記憶部 110 は、中継処理テーブルを記憶する。中継処理テーブルは、端末装置 500 が OLT 100 に登録した情報に基づいて作成されたテーブルである。中継処理テーブルについては、後述する。

光送受信部 120 は、中継器 300 を介して、ONU 201 ~ 204 が送信した上り信号を受信する。光送受信部 120 は、上り信号を電気信号に変換する。光送受信部 120 は、変換した電気信号を信号処理部 130 に送信する。また、光送受信部 120 は、信号処理部 130 から受信した電気信号を下り信号に変換する。光送受信部 120 は、下り信号を送信する。

30

#### 【0043】

信号処理部 130 は、電気信号を PON 制御部 150 に送信するための前処理を行う。例えば、信号処理部 130 は、誤り訂正処理を行う。また、信号処理部 130 は、上位ネットワーク 10 を介してデータを受信する。

ガードタイム算出部 140 は、中継処理テーブルに登録されている情報を用いてガードタイムを算出する。ガードタイムの算出については、後述する。

#### 【0044】

PON 制御部 150 は、IEEE 802.3 に規定されている MPCP 機能に関する制御を行う。具体的には、PON 制御部 150 は、PON リンクの確立、RTT の算出、及び Normal Gate フレームの生成を行う。

40

#### 【0045】

次に、中継処理テーブルについて説明する。

図 6 は、実施の形態 1 の中継処理テーブルを示す図である。中継処理テーブル 111 は、記憶部 110 に格納されている。中継処理テーブル 111 は、ONU ID、中継処理種別、及び中継処理時間の項目を有する。

#### 【0046】

ONU ID の項目は、ONU の ID を示す。例えば、ONU ID の項目には、ONU

50

1、ONU 2、ONU 3、及びONU 4が登録される。ONU 1は、ONU 201のIDである。ONU 2は、ONU 202のIDである。ONU 3は、ONU 203のIDである。ONU 4は、ONU 204のIDである。

【0047】

中継処理種別の項目は、処理種別を示す。例えば、中継処理種別の項目には、A1が登録される。A1は、中継処理部320が誤り訂正処理を実行することを示す。また、例えば、中継処理種別の項目には、B1が登録される。B1は、中継処理部330が誤り訂正処理を実行することを示す。

【0048】

中継処理時間の項目は、ONUが送信した光信号に対して中継器300が処理を実行する時間を示す。例えば、中継処理時間の項目には、SPAが登録される。SPAは、中継処理部320が実行する誤り訂正処理の実行時間である。また、例えば、中継処理時間の項目には、SPBが登録される。SPBは、中継処理部330が実行する誤り訂正処理の実行時間である。

10

【0049】

ここで、SPAは、第1の中継処理時間とも言う。SPBは、第2の中継処理時間とも言う。また、SPAが第2の中継処理時間と考えた場合、SPBは、第1の中継処理時間と考えてもよい。

中継処理テーブル111は、ONU ID、中継処理種別、及び中継処理時間の項目を有する。しかし、中継処理テーブル111は、中継処理種別の項目を有していなくてもよい。

20

【0050】

図7は、実施の形態1のDiscovery Gateシーケンスを示す図である。Discovery Gateシーケンスは、図3のステップS102、103に対応する。また、図7では、OLT100とONU201と中継器300とを用いて説明する。図7の横軸は、時間である。

【0051】

図7は、OLT100が時刻T1にDiscovery Gateフレーム21を送信したことを示している。Discovery Gateフレーム21は、時刻T1の情報を含む。ONU201は、Discovery Gateフレーム21を受信する。ONU201は、ONU201が管理している時間の時刻T2を時刻T1に設定する。これにより、時刻T2と時刻T1が同じになる。

30

【0052】

また、Discovery Gateフレーム21には、ONU201にRegister Requestフレームを送信させる時刻T4が含まれている。時刻T4は、OLT100が管理している時間の時刻である。そして、時刻T4は、ONU201が管理している時間の時刻T3に対応する。すなわち、時刻T3と時刻T4は、同じ時刻である。

ONU201は、時刻T3にRegister Requestフレーム22を送信する。Register Requestフレーム22には、ONU201がRegister Requestフレーム22を送信した時刻T3（すなわち、時刻T4）が含まれている。

40

【0053】

中継器300は、Register Requestフレーム22を受信する。なお、図1の時刻T5は、Register Requestフレーム22の受信開始時刻である。図1の時刻T6は、Register Requestフレーム22の受信終了時刻である。中継器300は、Register Requestフレーム22に対して中継処理を実行する。中継器300は、中継処理を実行終了後、Register Requestフレーム22をOLT100に送信する。

【0054】

OLT100は、Register Requestフレーム22を時刻T7に受信す

50

る。OLT100は、式(1)を用いて、中継処理時間を含んだRTTを算出できる。

【0055】

$$RTT = (T7 - T1) - (T3 - T2) = (T7 - T1) - (T4 - T1) = T7 - T4 \cdots (1)$$

【0056】

このように、OLT100は、中継処理時間を含んだRTTを算出できる。

【0057】

図8は、実施の形態1のNormal Gateシーケンスの比較例を示す図である。例えば、Normal Gateシーケンスは、図3のステップS109, 110に対応する。

図8の光通信システムは、OLT900、ONU901, 902、及び中継器903を含む。ONU901は、10Gbpsの通信速度で通信する光通信装置である。ONU902は、1Gbpsの通信速度で通信する光通信装置である。

【0058】

中継器903は、ONU901が送信した上り信号に対して中継処理を実行する。中継処理時間は、SPAである。SPAは、ONU201, 202が送信した上り信号に対して中継器300が実行する中継処理の実行時間と同じである。また、中継器903は、ONU902が送信した上り信号に対して中継処理を実行する。中継処理時間は、SPBである。SPBは、ONU203, 204が送信した上り信号に対して中継器300が実行する中継処理の実行時間と同じである。

【0059】

OLT900は、Normal Gateフレームを送信する。Normal Gateフレームは、ONU901に上り信号の送信を許可する送信開始時刻T11とONU902に上り信号の送信を許可する送信開始時刻T12を含む。

ONU901は、送信開始時刻T11に上り信号を送信する。ONU902は、送信開始時刻T12に上り信号を送信する。

【0060】

ここで、OLT900は、ONU901が送信した上り信号の受信タイミングで、ONU901が送信した上り信号とONU902が送信した上り信号とが衝突しないように、送信開始時刻T11, T12をONU901, 902に設定する。しかし、OLT900は、ONU901, 902と中継器903との間で上り信号が衝突しないように送信開始時刻を算出していない場合がある。図8は、ONU901が送信した上り信号を中継器903が受信しているときにONU902が送信した上り信号が中継器903に到達していることを示している。すなわち、図8は、ONU901が送信した上り信号とONU902が送信した上り信号とが衝突していることを示している。

【0061】

そこで、OLT100は、ONUと中継器との間で上り信号が衝突しないようにする。詳細に説明する。OLT100は、上り信号の衝突が発生しないように、通信方式が変わる度にガードタイムを一定値以上空ける。次に、ガードタイムの算出方法について、図8を用いて説明する。なお、図8のガードタイムは、Tlongである。

【0062】

ONU901が送信した上り信号を中継器903が受信を開始する開始時刻は、時刻Taである。ONU902が送信した上り信号を中継器903が受信を開始する開始時刻は、時刻Tbである。ONU901が送信した上り信号を中継器903が受信を終了する終了時刻は、時刻Tcである。ここで、図8のGLは、ONU901, 902それぞれに割当てた帯域を示している。また、帯域GLは、時間換算される。

時刻Tcは、式(2)を用いて、算出される。

【0063】

$$Tc = Ta + GL \cdots (2)$$

【0064】

10

20

30

40

50

ONU 901 が送信した上り信号を中継器 903 が送信を開始する開始時刻は、時刻  $T_d$  である。時刻  $T_d$  は、式 (3) を用いて、算出される。

【0065】

$$T_d = T_a + S P A \cdots (3)$$

【0066】

ONU 901 が送信した上り信号を中継器 903 が送信を終了する終了時刻は、時刻  $T_e$  である。時刻  $T_e$  は、式 (4) を用いて、算出される。

【0067】

$$T_e = T_a + S P A + G L \cdots (4)$$

【0068】

ONU 902 が送信した上り信号を中継器 903 が送信を開始する開始時刻は、時刻  $T_f$  である。時刻  $T_f$  は、式 (5) を用いて、算出される。

【0069】

$$T_f = T_a + S P A + G L + T l o n g \cdots (5)$$

【0070】

時刻  $T_b$  は、式 (6) を用いて、算出される。

【0071】

$$T_b = T_a + S P A + G L + T l o n g - S P B \cdots (6)$$

【0072】

時刻  $T_b$  と時刻  $T_c$  とが一致する場合、ガードタイム  $T l o n g$  は、式 (2) と式 (6) に基づいて、式 (7) のようになる。

【0073】

$$T l o n g = S P B - S P A \cdots (7)$$

【0074】

また、 $T l o n g$  の値がマイナスになる場合、“ $S P B - S P A$ ” の値は、絶対値と考えるてもよい。

ガードタイム算出部 140 は、時刻  $T_b$  と時刻  $T_c$  とが一致する場合は上り信号の衝突が発生してしまうため、式 (7) の  $T l o n g$  よりも大きい値をガードタイム  $T l o n g$  とする。

【0075】

上述したように、ガードタイム算出部 140 は、中継処理時間（すなわち、 $S P A$  と  $S P B$ ）に基づいて、ガードタイム  $T l o n g$  を算出する。詳細には、ガードタイム算出部 140 は、中継処理テーブル 111 から中継処理種別毎の中継処理時間（すなわち、 $S P A$  と  $S P B$ ）を取得する。ガードタイム算出部 140 は、取得した中継処理時間と式 (7) に基づいて、 $T l o n g$  を算出する。ガードタイム算出部 140 は、 $T l o n g$  よりも大きい値であるガードタイム  $T l o n g$  を算出する。そして、ガードタイム算出部 140 は、ガードタイム  $T l o n g$  を PON 制御部 150 に送信する。また、ガードタイム算出部 140 は、OLT 100 に接続可能な装置（図示を省略）からガードタイム  $T l o n g$  を取得してもよい。

【0076】

PON 制御部 150 は、送信開始時刻を含む Normal Gate フレームを生成する。また、PON 制御部 150 は、各 ONU に設定する送信開始時刻を算出する際、ONU 間で異なる通信方式になる場合、ガードタイム  $T l o n g$  を用いて送信開始時刻を算出する。例えば、PON 制御部 150 は、 $S P A$  と  $S P B$  とに基づいて算出されたガードタイム  $T l o n g$  に応じて、ONU 202 に光信号を送信させた後、次に、ONU 203 に光信号の送信を開始させる時刻である送信開始時刻を算出する。また、例えば、PON 制御部 150 は、 $S P A$  と  $S P B$  とに基づいて算出されたガードタイム  $T l o n g$  に応じて、ONU 203 に光信号を送信させた後、次に、ONU 201 に光信号の送信を開始させる時刻である送信開始時刻を算出する。

【0077】

10

20

30

40

50

また、ガードタイム  $T_{long}$  に応じて、算出された送信開始時刻は、次のように表現してもよい。例えば、ONU 203 の送信開始時刻は、PON 制御部 150 がガードタイム  $T_{long}$  を用いないで算出した送信開始時刻よりも、遅い時刻である。すなわち、PON 制御部 150 は、ガードタイム  $T_{long}$  を用いないで算出した ONU 203 の送信開始時刻よりも、ガードタイム  $T_{long}$  に応じて算出した ONU 203 の送信開始時刻を遅らせる。また、例えば、ONU 201 の送信開始時刻は、PON 制御部 150 がガードタイム  $T_{long}$  を用いないで算出した送信開始時刻よりも、遅い時刻である。すなわち、PON 制御部 150 は、ガードタイム  $T_{long}$  を用いないで算出した ONU 201 の送信開始時刻よりも、ガードタイム  $T_{long}$  に応じて算出した ONU 201 の送信開始時刻を遅らせる。

10

## 【0078】

図9は、実施の形態1の上り信号の送信処理の具体例を示す図である。ONU 201 ~ 204 は、ONU 201 ~ 204 のそれぞれに設定される送信開始時刻を含む Normal Gate フレームを OLT 100 から受信する。詳細には、Normal Gate フレームは、ONU 202 に設定する送信開始時刻  $T_{21}$ 、ONU 203 に設定する送信開始時刻  $T_{22}$ 、ONU 201 に設定する送信開始時刻  $T_{23}$ 、及び ONU 204 に設定する送信開始時刻  $T_{24}$  を含む。また、送信開始時刻  $T_{21}$  ~  $T_{24}$  は、ガードタイム  $T_{long}$  に基づいて算出された時刻である。例えば、送信開始時刻  $T_{22}$  は、送信開始時刻  $T_{21}$  と ONU 202 に割当て帯域とガードタイム  $T_{long}$  とに基づいて算出される。また、送信開始時刻  $T_{22}$  は、これら以外の情報に基づいて算出されてもよい。

20

## 【0079】

ONU 201 ~ 204 は、送信開始時刻に上り信号を送信する。

図9は、ONU 202 が送信した上り信号と ONU 203 が送信した上り信号とが衝突していないことを示している。図9は、ONU 203 が送信した上り信号と ONU 201 が送信した上り信号とが衝突していないことを示している。図9は、ONU 201 が送信した上り信号と ONU 204 が送信した上り信号とが衝突していないことを示している。

## 【0080】

このように、OLT 100 は、ガードタイム  $T_{long}$  を用いて送信開始時刻を算出することで、ONU 201 ~ 204 と中継器 300 との間で上り信号の衝突を回避できる。

## 【0081】

実施の形態1の光通信システムは、複数の変調方式が混在した PON システムにも適用できる。例えば、ONU 201, 202 は、強度変調方式を用いて通信する。ONU 203, 204 は、QPSK 変調方式を用いて通信する。そして、中継器 300 の中継処理部 320 は、誤り訂正処理を実行する。中継器 300 の中継処理部 330 は、等化処理を実行する。ここで、強度変調方式は、第1の変調方式とも言う。QPSK 変調方式は、第2の変調方式とも言う。また、第1の変調方式が QPSK 変調方式と考えた場合、QPSK 変調方式は、第1の変調方式と考えてもよい。

30

## 【0082】

また、複数の変調方式を混在した PON システムに含まれる中継器 300 は、ONU 201, 202 が送信した上り信号を電気信号に変換せず、光信号のまま通過させてもよい。なお、複数の変調方式を混在した PON システムに含まれる中継器 300 は、ONU 203, 204 が送信した上り信号に対して、等化処理を実行する。

40

## 【0083】

中継器 300 は、上り信号(すなわち、光信号)を OLT 100 に送信している。しかし、中継器 300 は、ONU から受信した上り信号を電気信号に変換し、電気信号に対して中継処理を実行した後、電気信号を光信号に変換せずに、電気信号を OLT 100 に送信してもよい。

## 【0084】

実施の形態1では、中継器 300 が中継処理部を2つ有する場合を例示した。実施の形態1は、中継器 300 が中継処理部を3つ以上有する場合にも適用できる。

50

## 【 0 0 8 5 】

## 実施の形態 2 .

次に、実施の形態 2 を説明する。実施の形態 1 と相違する事項を主に説明し、実施の形態 1 と共通する事項の説明を省略する。実施の形態 2 は、図 1 ~ 7 を参照する。

実施の形態 1 では、OLT にガードタイム Tlong が設けられる。OLT は、ガードタイム Tlong の間、上り信号を受信しない。上り信号を受信しない時間があるということは、帯域利用効率が低い。そこで、実施の形態 2 では、帯域利用効率を向上させる光通信システムを説明する。

## 【 0 0 8 6 】

図 10 は、実施の形態 2 の上り信号の送信処理の具体例を示す図である。後述する OLT 100 a は、同じ通信速度で通信する ONU が連続して上り信号を送信できるように送信開始時刻を設定する。例えば、OLT 100 a は、ONU 202 に、送信開始時刻 T31 に上り信号を送信させる。OLT 100 a は、ONU 201 に、送信開始時刻 T32 に上り信号を送信させる。このように、OLT 100 a は、同じ通信速度で通信する ONU 201, 202 に、連続して上り信号を送信させる。また、OLT 100 a は、ONU 204 に、送信開始時刻 T33 に上り信号を送信させる。OLT 100 a は、ONU 203 に、送信開始時刻 T34 に上り信号を送信させる。このように、OLT 100 a は、同じ通信速度で通信する ONU 203, 204 に、連続して上り信号を送信させる。

10

## 【 0 0 8 7 】

このように、OLT 100 a は、同じ通信速度で通信する ONU が連続して上り信号を送信できるようにすることで、ガードタイム Tlong を設ける回数を減らすことができる。そのため、OLT 100 a は、帯域利用効率を向上できる。

20

## 【 0 0 8 8 】

次に、OLT 100 a について詳細に説明する。

図 11 は、実施の形態 2 の OLT の構成を示す機能ブロック図である。OLT 100 a は、制御部 11 a を有する。制御部 11 a は、PON 制御部 150 a を含む。また、制御部 11 a の機能は、PON 制御部 150 a の機能と同じである。そのため、制御部 11 a の機能については、PON 制御部 150 a を用いて説明する。

## 【 0 0 8 9 】

PON 制御部 150 a は、同じ通信速度で通信する ONU が連続して上り信号を送信できるように送信開始時刻を算出する。例えば、PON 制御部 150 a は、ONU 201 と ONU 202 とが連続して上り信号を送信するように、ONU 201 と ONU 202 に設定する複数の送信開始時刻を算出する。また、例えば、PON 制御部 150 a は、ONU 203 と ONU 204 とが連続して上り信号を送信するように、ONU 203 と ONU 204 に設定する複数の送信開始時刻を算出する。

30

PON 制御部 150 a は、ガードタイム Tlong に応じて、ONU 201, 202 に光信号を送信させた後、ONU 203, 204 の中で最も早く光信号の送信を開始させる時刻を算出する。また、PON 制御部 150 a は、ガードタイム Tlong に応じて、ONU 203, 204 に光信号を送信させた後、ONU 201, 202 の中で最も早く光信号の送信を開始させる時刻を算出することもできる。

40

図 5 に示される構成と同じ又は対応する図 11 の構成は、図 5 に示される符号と同じ符号を付している。

## 【 0 0 9 0 】

図 12 は、実施の形態 2 の OLT が実行する処理を示すフローチャートである。図 12 の処理は、図 11 を参照する。

(ステップ S11) 光送受信部 120 は、ONU 201 ~ 204 のそれぞれから Report フレームを受信する。PON 制御部 150 a は、各 Report フレームから送信要求データ量を抽出する。

## 【 0 0 9 1 】

(ステップ S12) PON 制御部 150 a は、送信要求データ量に基づいて、通信速度

50

が10GbpsのONU201, 202に割当て帯域を算出する。

(ステップS13)PON制御部150aは、送信要求データ量に基づいて、通信速度が1GbpsのONU203, 204に割当て帯域を算出する。

【0092】

(ステップS14)PON制御部150aは、ONU201, 202が連続して上り信号を送信できるように送信開始時刻を算出する。なお、ONU201とONU202に設定される送信開始時刻は、どちらが先でもよい。ここで、ONU202に設定される送信開始時刻の方がONU201に設定される送信開始時刻よりも先だとする。

【0093】

PON制御部150aは、ONU203, 204が連続して上り信号を送信できるように送信開始時刻を算出する。なお、ONU203とONU204に設定される送信開始時刻は、どちらが先でもよい。ここで、ONU204に設定される送信開始時刻の方がONU203に設定される送信開始時刻よりも先だとする。

10

【0094】

ここで、PON制御部150aは、ONU201に設定する送信開始時刻とONU201に割当て帯域とガードタイム Tlongとに基づいて、ONU204に設定する送信開始時刻を算出する。

【0095】

(ステップS15)PON制御部150aは、光送受信部120と信号処理部130を介して、ONU201~204に割当て帯域とONU201~204に設定する送信開始時刻とを含むNormal GateフレームをONU201~204に送信する。

20

これにより、ONU201~204は、図10で示したように上り信号を送信する。

【0096】

実施の形態2によれば、OLT100aは、同じ通信速度で通信するONUが連続して上り信号を送信できるようにすることで、ガードタイム Tlongを設ける回数を減らすことができる。そのため、OLT100aは、帯域利用効率を向上できる。また、OLT100aは、帯域利用効率が向上することで、レイテンシの悪化を防ぐことができる。

【0097】

実施の形態3

次に、実施の形態3を説明する。実施の形態1, 2と相違する事項を主に説明し、実施の形態1, 2と共通する事項の説明を省略する。

30

図13は、実施の形態3の光通信システムを示す図である。光通信システムは、OLT100b、光カプラ401、及びONU600を含む。光カプラ401は、OLT100bと中継器300との間に存在する。ONU600は、光カプラ401を介して、OLT100bと通信する。なお、ONU600の通信速度は、任意である。また、ONU600は、第3の子局装置とも言う。

【0098】

図13では、光カプラ401を介して1つのONU(すなわち、ONU600)がOLT100bと接続する場合を示している。しかし、光カプラ401を介して複数のONUがOLT100bと接続してもよい。

40

【0099】

図14は、実施の形態3の上り信号の送信処理の具体例を示す図である。OLT100bは、実施の形態2のように、同じ通信速度で通信するONUが連続して上り信号を送信できるように送信開始時刻を設定する。

OLT100bは、ガードタイム TlongにONU600が送信する上り信号を受信できるように送信開始時刻を算出する。図14は、ONU600が送信開始時刻T35に上り信号の送信を開始したことを示している。

【0100】

このように、OLT100bは、ガードタイム TlongにONU600が送信する上り信号を受信することで、帯域利用効率を向上できる。

50

## 【0101】

次に、OLT 100bについて詳細に説明する。

図15は、実施の形態3のOLTの構成を示す機能ブロック図である。OLT 100bは、制御部11bを有する。制御部11bは、PON制御部150bを含む。また、制御部11bの機能は、PON制御部150bの機能と同じである。そのため、制御部11bの機能については、PON制御部150bを用いて説明する。

## 【0102】

PON制御部150bは、ガードタイム  $T_{long}$  にONU 600から上り信号を受信するために、ONU 600に設定する送信開始時刻を算出する。

図5に示される構成と同じ又は対応する図15の構成は、図5に示される符号と同じ符号を付している。

10

## 【0103】

図16は、実施の形態3のOLTが実行する処理を示すフローチャートである。図16の処理は、図15を参照する。

(ステップS21) 光送受信部120は、ONU 201~204及びONU 600のそれぞれからReportフレームを受信する。PON制御部150bは、各Reportフレームから送信要求データ量を抽出する。

## 【0104】

(ステップS22) PON制御部150bは、送信要求データ量に基づいて、通信速度が10GbpsのONU 201, 202に割り当てる帯域を算出する。

20

(ステップS23) PON制御部150bは、送信要求データ量に基づいて、通信速度が1GbpsのONU 203, 204に割り当てる帯域を算出する。

## 【0105】

(ステップS24) PON制御部150bは、ONU 201, 202が連続して上り信号を送信できるように送信開始時刻を算出する。なお、ONU 201とONU 202に設定される送信開始時刻は、どちらが先でもよい。ここで、ONU 202に設定される送信開始時刻の方がONU 201に設定される送信開始時刻よりも先だとする。

## 【0106】

PON制御部150bは、ONU 203, 204が連続して上り信号を送信できるように送信開始時刻を算出する。なお、ONU 203とONU 204に設定される送信開始時刻は、どちらが先でもよい。ここで、ONU 204に設定される送信開始時刻の方がONU 203に設定される送信開始時刻よりも先だとする。

30

## 【0107】

ここで、PON制御部150bは、ONU 201に設定する送信開始時刻とONU 201に割り当てる帯域とガードタイム  $T_{long}$  とに基づいて、ONU 204に設定する送信開始時刻を算出する。

## 【0108】

(ステップS25) PON制御部150bは、ガードタイム  $T_{long}$  内で、ONU 600が送信する上り信号を受信するための送信開始時刻を算出する。また、PON制御部150bは、ONU 600に割り当てる帯域を算出する。

40

## 【0109】

(ステップS26) PON制御部150bは、光送受信部120と信号処理部130を介して、ONU 201~204及びONU 600に割り当てる帯域と、ONU 201~204及びONU 600に設定する送信開始時刻を含むNormal GateフレームをONU 201~204及びONU 600に送信する。

これにより、ONU 201~204及びONU 600は、図14で示したように上り信号を送信する。

## 【0110】

実施の形態3によれば、OLT 100bは、ガードタイム  $T_{long}$  にONU 600が送信する上り信号を受信することで、帯域利用効率を向上できる。

50

なお、OLT100bは、ONU600に対する帯域の割当てを毎回行わなくてもよい。すなわち、OLT100bは、ONU600に対する帯域の割当てを任意のタイミングで行ってもよい。

#### 【0111】

実施の形態3では、OLT100bが同じ通信速度で通信するONUが連続して上り信号を送信できるように送信開始時刻を算出した後、ガードタイム TlongにONU600が送信する上り信号をOLT100bが受信できるようにする場合を説明した。しかし、実施の形態3は、実施の形態1にも適用できる。例えば、図9は、ガードタイム Tlongが3つの場合を示している。OLT100bは、いずれかのガードタイム TlongにONU600が送信する上り信号を受信できるように送信開始時刻を算出する。

10

#### 【0112】

また、実施の形態3の光通信システムでは、光カプラ401とONU600との間に他の中継器が存在してもよい。

#### 【0113】

実施の形態4 .

次に、実施の形態4を説明する。実施の形態1と相違する事項を主に説明し、実施の形態1と共通する事項の説明を省略する。

実施の形態1～3では、管理者が中継処理テーブル111に登録される情報を端末装置500に入力し、当該情報に基づいて中継処理テーブル111が作成される。実施の形態4では、当該情報を含むフレームをOLTが受信する場合を説明する。

20

#### 【0114】

図17は、実施の形態4の光通信システムを示す図である。光通信システムは、OLT100c及び中継器300cを含む。実施の形態4の光通信システムは、端末装置500を含まない点が実施の形態1～3の光通信システムと異なる。

#### 【0115】

図18は、実施の形態4の中継器の構成を示す機能ブロック図である。中継器300cは、中継処理情報登録部350を有する。

中継処理情報登録部350の一部又は全部は、中継器300cが有するプロセッサによって実現してもよい。中継処理情報登録部350の一部又は全部は、中継器300cが有するプロセッサが実行するプログラムのモジュールとして実現してもよい。

30

#### 【0116】

図4に示される構成と同じ又は対応する図18の構成は、図4に示される符号と同じ符号を付している。

中継処理情報登録部350は、Register Requestフレームの余剰ビットに、中継処理種別及び中継処理時間を登録する。ここで、Register Requestフレームについて説明する。

#### 【0117】

図19は、実施の形態4のRegister Requestフレームのフォーマットを示す図である。Rad/Reservedは、余剰ビットである。そのため、中継処理情報登録部350は、Rad/Reservedに中継処理種別及び中継処理時間を登録する。

40

#### 【0118】

図20は、実施の形態4の中継器が実行する処理を示すフローチャートである。図20の処理は、図18, 19を参照する。

(ステップS31) 光/電気変換部310は、Register Requestフレームを受信する。ここで、当該Register Requestフレームは、第1の登録要求とも言う。第1の登録要求は、ONUの登録を要求するフレームである。

#### 【0119】

(ステップS32) 中継処理情報登録部350は、Register Requestフレームに中継処理種別及び中継処理時間を登録する。詳細には、中継処理情報登録部3

50

50は、Register RequestフレームのRad/Reservedに中継処理種別及び中継処理時間を登録する。

ここで、中継処理種別及び中継処理時間を登録したRegister Requestフレームは、第2の登録要求とも言う。

【0120】

(ステップS33)電気/光変換部340は、Register RequestフレームをOLT100cに送信する。

【0121】

図21は、実施の形態4のOLTの構成を示す機能ブロック図である。OLT100cは、中継処理情報抽出部160を有する。

中継処理情報抽出部160の一部又は全部は、プロセッサ101によって実現してもよい。中継処理情報抽出部160の一部又は全部は、プロセッサ101が実行するプログラムのモジュールとして実現してもよい。

【0122】

図5に示される構成と同じ又は対応する図21の構成は、図5に示される符号と同じ符号を付している。

中継処理情報抽出部160は、Register Requestフレームから中継処理種別及び中継処理時間を抽出する。中継処理情報抽出部160は、中継処理種別及び中継処理時間に基づいて中継処理テーブル111を作成する。

【0123】

図22は、実施の形態4のOLTが実行する処理を示すフローチャートである。図22の処理は、図21を参照する。

(ステップS41)光送受信部120は、中継器300cが送信したRegister Requestフレームを受信する。

【0124】

(ステップS42)中継処理情報抽出部160は、信号処理部130を介して、Register Requestフレームを受信する。中継処理情報抽出部160は、Register Requestフレームから中継処理種別及び中継処理時間(例えば、SPA及びSPB)を抽出する。

【0125】

(ステップS43)中継処理情報抽出部160は、中継処理種別及び中継処理時間に基づいて中継処理テーブル111を作成する。中継処理情報抽出部160は、中継処理テーブル111を記憶部110に格納する。

【0126】

実施の形態4によれば、OLT100cは、中継処理種別及び中継処理時間を中継器300cから受信する。そのため、OLT100cは、中継処理種別及び中継処理時間に基づいて中継処理テーブル111を作成できる。そのため、管理者は、中継処理テーブル111に登録される情報を端末装置500に入力する作業を行わなくて済む。よって、光通信システムは、管理者の作業負担を軽減できる。

【0127】

以上に説明した各実施の形態における特徴は、互いに適宜組み合わせることができる。また、実施の形態1~4は、10G-EPONシステムに中継器が含まれる場合を例示した。しかし、実施の形態1~4は、10G-EPONシステム以外の光通信システムにも適用できる。

【符号の説明】

【0128】

10 上位ネットワーク、11, 11a, 11b 制御部、21 Discovery Gateフレーム、22 Register Requestフレーム、100, 100a, 100b, 100c OLT、101 プロセッサ、102 揮発性記憶装置、103 不揮発性記憶装置、110 記憶部、111 中継処理テーブル、120 光

10

20

30

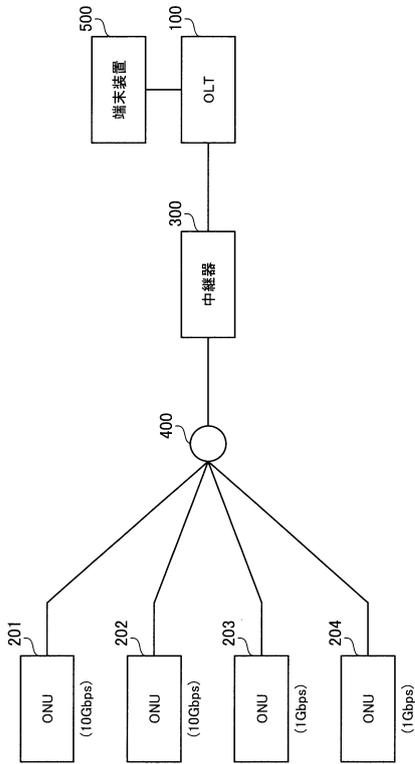
40

50

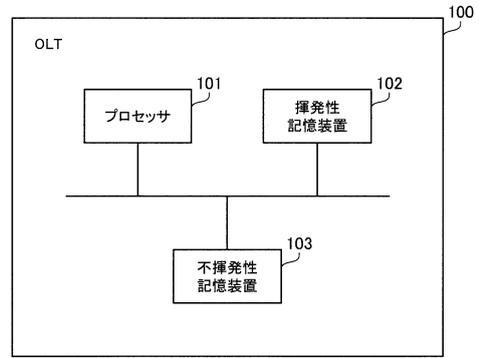
送受信部、 130 信号処理部、 140 ガードタイム算出部、 150, 150a, 150b PON制御部、 160 中継処理情報抽出部、 201, 202, 203, 204 ONU、 300, 300c 中継器、 310 光/電気変換部、 320, 330 中継処理部、 340 電気/光変換部、 350 中継処理情報登録部、 400, 401 光カプラ、 500 端末装置、 600 ONU、 900 OLT、 901, 902 ONU、 903 中継器。

【図面】

【図1】



【図2】



10

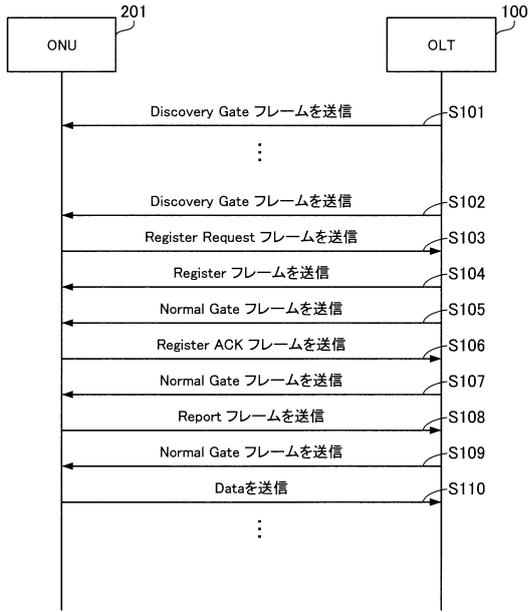
20

30

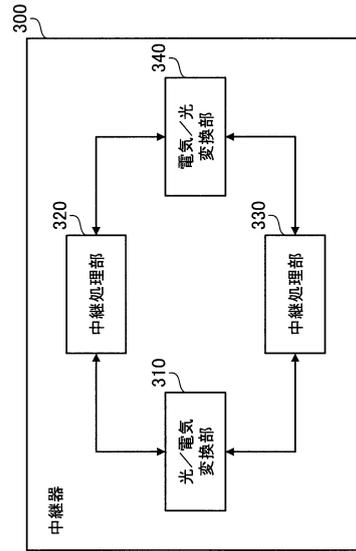
40

50

【図3】



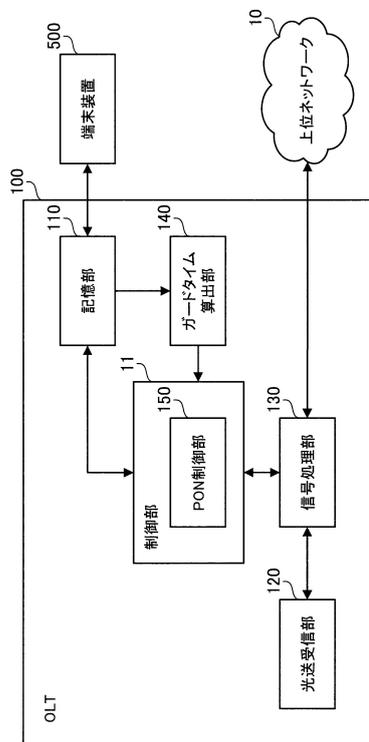
【図4】



10

20

【図5】



【図6】

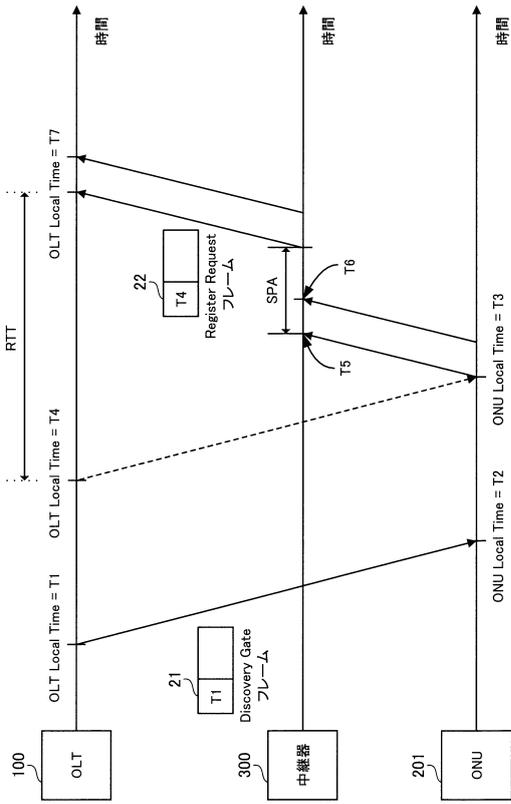
中継処理テーブル		
ONU ID	中継処理種別	中継処理時間
ONU1	A1	SPA
ONU2	A1	SPA
ONU3	B1	SPB
ONU4	B1	SPB

30

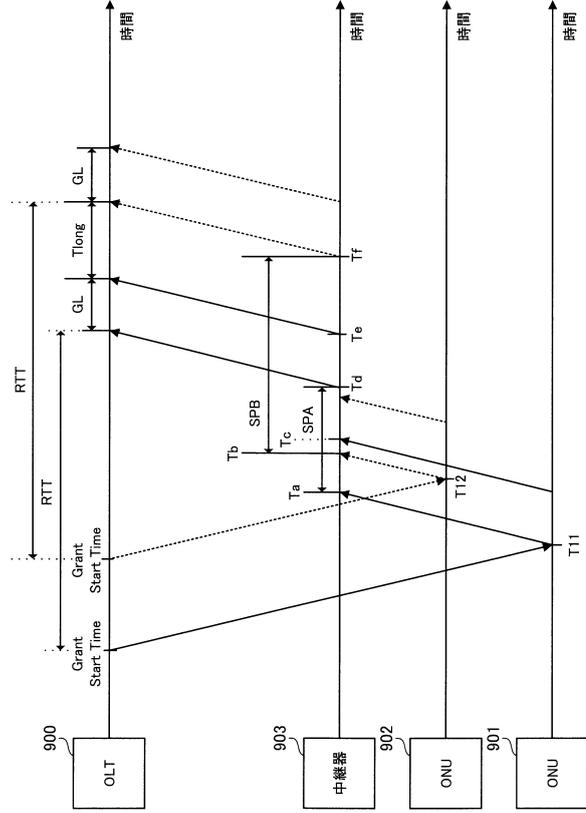
40

50

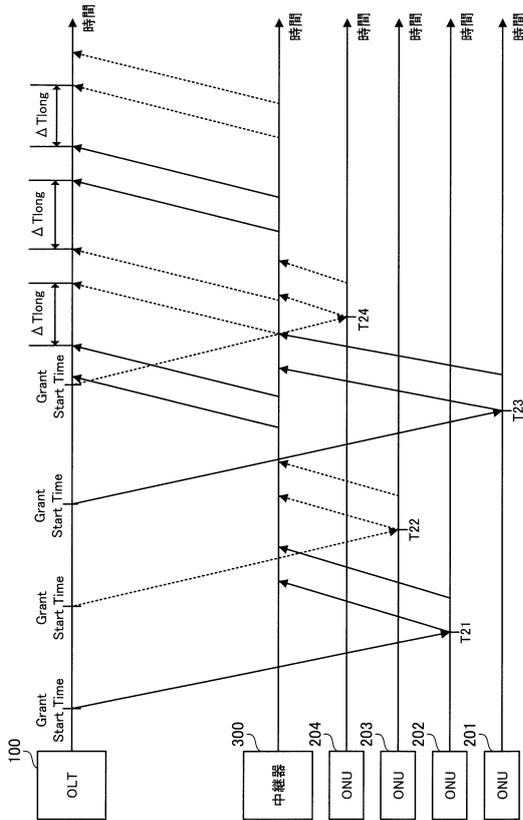
【図 7】



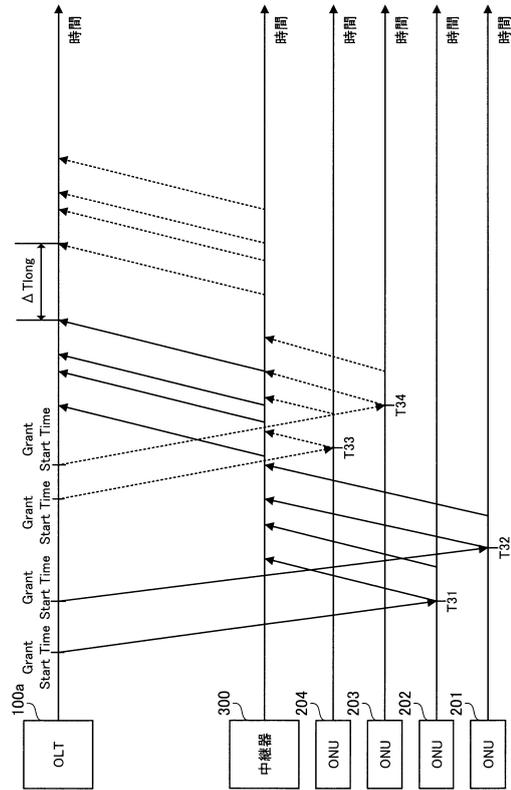
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

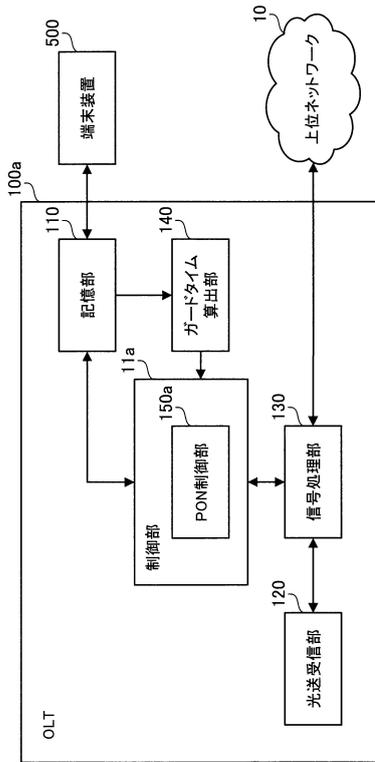
20

30

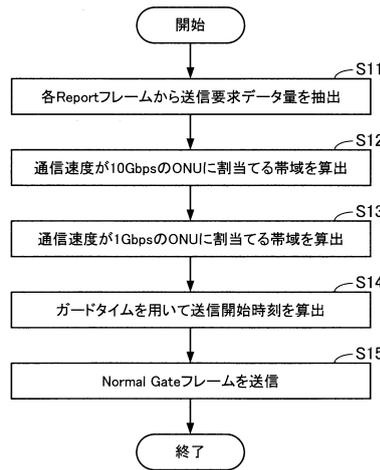
40

50

【図 1 1】



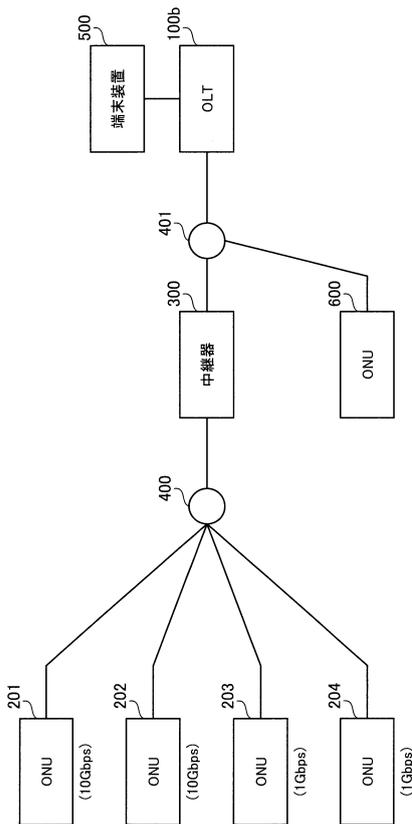
【図 1 2】



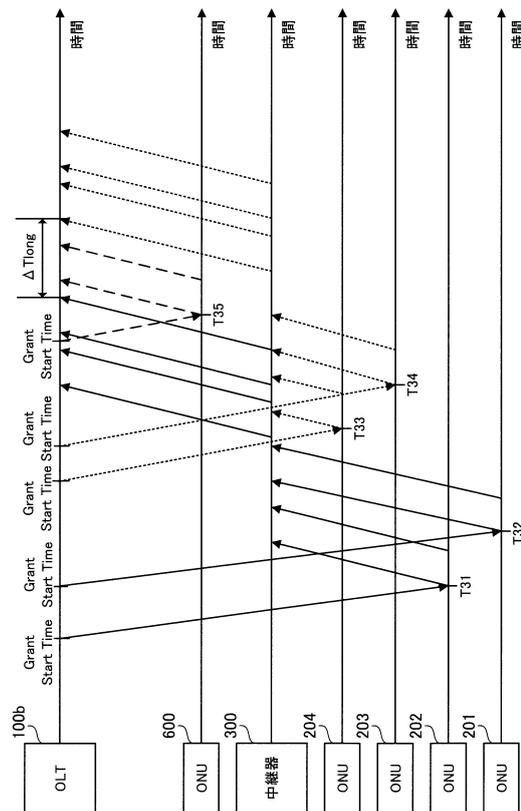
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

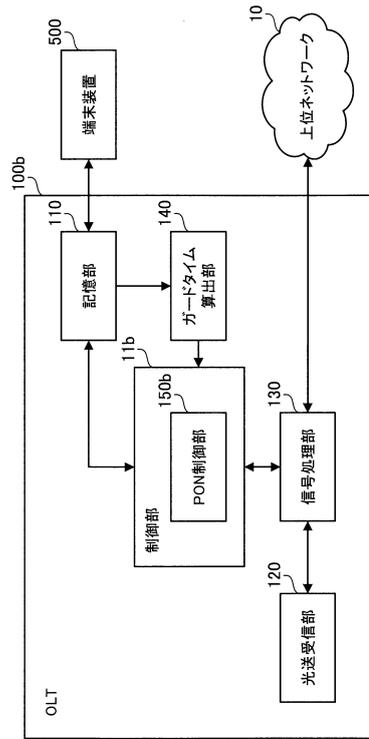


30

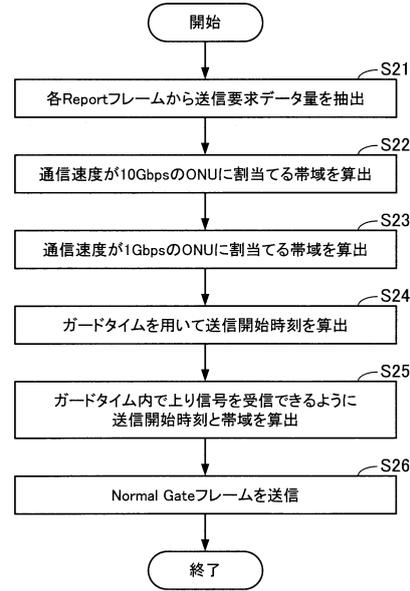
40

50

【図15】



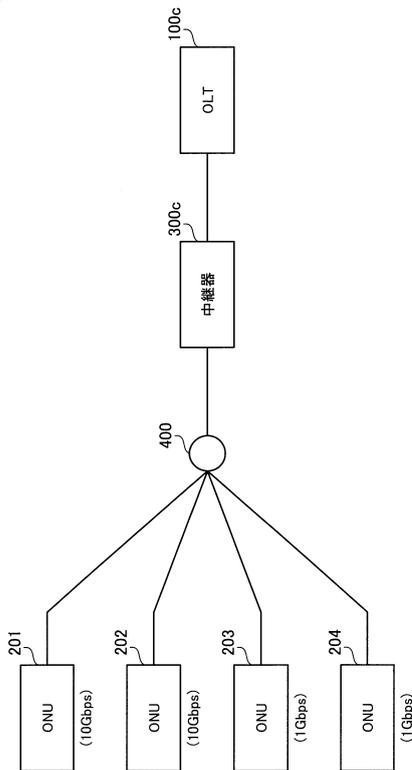
【図16】



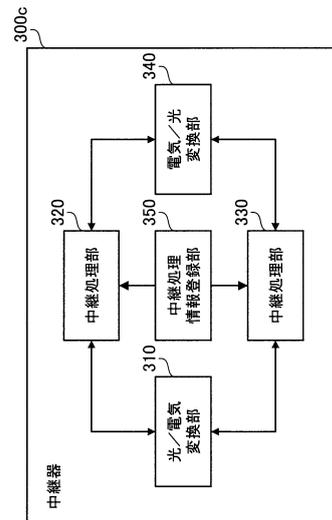
10

20

【図17】



【図18】



30

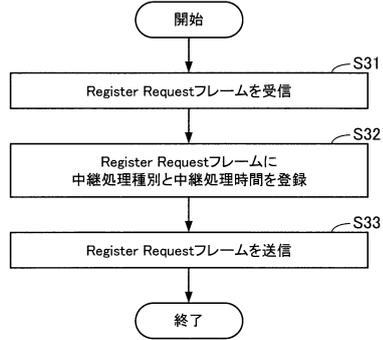
40

50

【図 19】

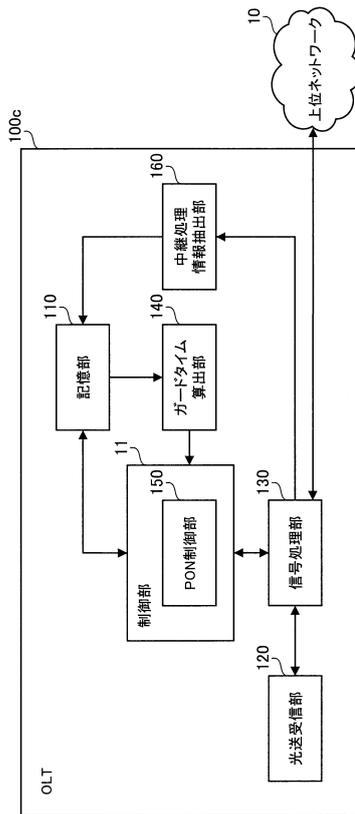
Field	Bytes
Logical Link ID	2
Destination Address	6
Source Address	6
Type = 0x8808	2
Opcode = 0x0004	2
Time Stamp	4
Flag	1
Pending Grants	1
Rad/Reserved	38
FCS	4

【図 20】

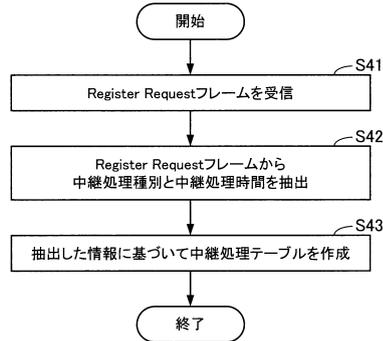


10

【図 21】



【図 22】



20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2014 - 161120 (JP, A)  
特開 2011 - 160195 (JP, A)  
国際公開第 2010 / 116411 (WO, A1)  
特開 2014 - 195192 (JP, A)  
国際公開第 2012 / 090274 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H04L 12 / 44