

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6012535号
(P6012535)

(45) 発行日 平成28年10月25日 (2016. 10. 25)

(24) 登録日 平成28年9月30日 (2016. 9. 30)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 4 L	7/00	(2006. 01)	HO 4 L	7/00	9 9 0
HO 4 L	29/14	(2006. 01)	HO 4 L	13/00	3 1 1
HO 4 L	12/70	(2013. 01)	HO 4 L	12/70	Z

請求項の数 9 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2013-84464 (P2013-84464)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成25年4月15日 (2013. 4. 15)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2013-243651 (P2013-243651A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成25年12月5日 (2013. 12. 5)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成27年7月23日 (2015. 7. 23)		弁理士 井上 学
(31) 優先権主張番号	特願2012-104018 (P2012-104018)	(74) 代理人	100098660
(32) 優先日	平成24年4月27日 (2012. 4. 27)		弁理士 戸田 裕二
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100091720
			弁理士 岩崎 重美
		(72) 発明者	川瀬 徳一
			神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6番地
			株式会社日立製作所 通信ネットワーク事業部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 時刻情報伝送装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

上位装置から、装置の設定状態を表わす第1の情報と、前記上位装置との間で時刻同期を開始する際の初期値を表わす第2の情報と、前記上位装置との間で時刻同期をするための第1の時刻情報と、をそれぞれ受信する機能、および、休止状態に遷移する機能を有する運用系伝送部と、

前記第1の情報と前記第2の情報と前記第1の時刻情報とを格納する情報格納部と、

前記運用系伝送部の異常を監視する運用系監視部と、

前記運用系監視部から前記運用系伝送部の異常が通知されると、待機系に起動通知すると共に前記運用系伝送部を休止させる制御部と、

前記制御部から起動を通知されたときに、前記情報格納部に前記第1の情報と前記第2の情報と前記第1の時刻情報とがそれぞれ格納されていたならば、当該各情報の受信シーケンスを前記上位装置との間で実行せず、かつ、前記上位装置から時刻同期のための第2の時刻情報を受信して前記情報格納部に格納する機能を有する待機系伝送部と、を有することを特徴とする時刻情報伝送装置。

【請求項 2】

前記待機系伝送部は、前記運用系伝送部が前記第1の時刻情報を受信している際には休止状態であり、前記運用系伝送部が休止状態の際には前記第2の時刻情報を受信する、ことを特徴とする請求項1に記載の時刻情報伝送装置。

【請求項 3】

前記運用系監視部は、
所定期間に亘って前記第 1 の時刻情報を受信しなかったこと、もしくは、
前記運用系伝送部と前記上位装置とを接続するケーブルの異常、もしくは、
前記運用系伝送部のハードウェア異常、
の少なくともいずれか 1 つを監視することを特徴とする請求項 1 に記載の時刻情報伝送装置。

【請求項 4】

前記待機系伝送部の異常を監視する待機系監視部を更に備え、
前記制御部は、前記待機系監視部から前記待機系伝送部の異常が通知されると、前記運用系伝送部に起動通知すると共に前記待機系伝送部を休止させる、ことを特徴とする請求項 1 に記載の時刻情報伝送装置。

10

【請求項 5】

前記第 1 の情報は I E E E 1 5 8 8 で規定されたコンフィグレーション情報であり、前記第 2 の情報は I E E E 1 5 8 8 で規定された運用情報であり、前記第 2 の時刻情報は前記第 1 の時刻情報と同じ一連の I E E E 1 5 8 8 で規定された時刻同期シーケンスに含まれる時刻情報であることを特徴とする請求項 1 に記載の時刻情報伝送装置。

【請求項 6】

下位装置の設定状態を表わす第 1 の情報と、前記下位装置との間で時刻同期を開始する際の初期値を表わす第 2 の情報と、前記下位装置との間で時刻同期するための第 1 の時刻情報と、をそれぞれ前記下位装置へ送信する機能、および、休止状態に遷移する機能を有する運用系伝送部と、

20

前記第 1 の情報と前記第 2 の情報とを格納する情報格納部と、
前記運用系伝送部の異常を監視する運用系監視部と、
前記運用系監視部から前記運用系伝送部の異常が通知されると、待機系に起動通知すると共に前記運用系伝送部を休止させる制御部と、
前記制御部から起動を通知されたときに、前記情報格納部に前記第 1 の情報と前記第 2 の情報とがそれぞれ格納されていたならば、当該各情報の送信シーケンスを前記下位装置との間で実行せず、かつ、前記下位装置へ時刻同期のための第 2 の時刻情報を送信する機能を有する待機系伝送部と、を有することを特徴とする時刻情報伝送装置。

【請求項 7】

前記制御部は、前記情報格納部に格納された前記第 1 の情報と前記第 2 の情報とを更新することを特徴とする請求項 6 に記載の時刻情報伝送装置。

30

【請求項 8】

前記待機系伝送部は、前記第 2 の時刻情報とともに、前記運用系伝送部と前記待機系伝送部とが切り替わったことを通知する情報を前記下位装置へ送信することを特徴とする請求項 6 に記載の時刻情報伝送装置。

【請求項 9】

前記第 1 の情報は I E E E 1 5 8 8 で規定されたコンフィグレーション情報であり、前記第 2 の情報は I E E E 1 5 8 8 で規定された運用情報であり、前記第 2 の時刻情報は前記第 1 の時刻情報に続く一連の I E E E 1 5 8 8 で規定された時刻同期シーケンスに含まれる時刻情報であることを特徴とする請求項 6 に記載の時刻情報伝送装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、時刻情報を伝送する伝送装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、ネットワークに接続されている各装置で精密に時刻同期することが求められるようになってきた。このようなネットワークに於ける時刻同期の代表例として、携帯電話網の基地局装置間の時刻同期が挙げられる。

50

【 0 0 0 3 】

携帯端末がエリア間を移動すると、一方のエリアの基地局から他方のエリアの基地局へのハンドオーバ（基地局の切り替え）が発生する。ハンドオーバの際にシームレスな通信を可能とするため、基地局装置間の周波数同期と時刻同期とを保つことが必要である。一般的に、基地局装置は、時刻同期の基準時刻にGPS（Global Positioning System）衛星から受信したGPS時刻を用いている。しかし、基地局装置は、GPS衛星からの電波が受信できないような場所、例えば、地下街や山奥などに設置される場合がある。基地局装置は、このような場合に於いても時刻同期を保たなければならない。

【 0 0 0 4 】

GPS衛星からの電波が受信できないような場所に於ける時刻同期には、ネットワーク経由で時刻同期する方法、例えば、NTP（Network Time Protocol）を利用した方法がある。NTPに於いて、GPS衛星や原子時計を最上位の時刻源として、階層構造状に接続されたサーバが、伝送路遅延の補正を相互に行うことにより、ミリ秒単位の精度の時刻同期を可能としている。しかし、NTPによる時刻同期では、時刻同期精度がNTPサーバまでのネットワークの物理的な距離（伝送時間）に左右されるという問題がある。

【 0 0 0 5 】

携帯電話網の基地局装置は、搬送波の周波数同期や、ハンドオーバ時の基地局間での同期において、マイクロ秒単位での時刻同期が必要である。そのため、NTPによる時刻同期では、時刻同期精度が充分ではないという問題がある。

【 0 0 0 6 】

このような背景の元、IEEE（The Institute of Electrical and Electronics Engineers）は、パケットネットワークにおいて時刻同期を行う標準化技術であるIEEE 1588を定めている。IEEE 1588では、時刻源の送信元であるマスタノードとマスタノードの時刻に同期するスレイブノードとの間の時刻同期手段であるPTP（Precision Time Protocol）プロトコルを規定している。IEEE 1588では、時刻情報の交換手順、フレームフォーマット、マスタノードとスレイブノード間の伝送路遅延による時刻誤差の補正方法などを規定し、サブマイクロ秒オーダの精度の時刻同期を可能としている。

【 0 0 0 7 】

IEEE 1588プロトコルでは、PTPメッセージを送受信するパケットを、送受信することで時刻同期を実現している。更に、時刻情報パケットの通信間隔を短縮することにより、時刻源となるグランドマスタクロックとの物理的な距離（伝送時間）に依存せず、時刻同期の精度を高めることができる。

【 0 0 0 8 】

非特許文献1（Page 15～Page 17）には、PTPメッセージに係る時刻情報パケットの通信間隔を短縮することで、時刻同期精度を高める技術が記載されている。IEEE 1588は、高精度のクロック同期を必要とする携帯電話基地局やテレコムネットワークへの適用も検討され始めている。

（IEEE 1588の説明）

図16は、IEEE 1588のSync Messageの構成を示す図である。縦方向は、当該フレームに於ける場所を4バイト毎に示している。横方向は、縦方向で示された当該フレームに於ける場所を、更に各ビット毎に細分化して示している。このSync Messageは、マスタノードからスレイブノードに送信されるフレームであり、時刻情報を含んでいる。

【 0 0 0 9 】

Sync Messageの77～86バイト目のoriginTimestampには、マスタノードがGPS衛星から取得した時刻情報が格納されている。originTimestampは、どのスレイブノードに於いても、同一の値が送信される。Sync Messageの51～58バイト目のcorrectionFieldには、伝送路による時刻遅延や伝送装置内での時刻遅延に対する補正值が格納されている。スレイブノードは、受信したSync Messageから、時刻情報に関係する値を抽出し、更に自装置による遅延を補正した上で新たなPTPパケットを生成し、下流の装置に送信す

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 1 0 】

図 1 7 は、I E E E 1 5 8 8 に於ける時刻遅延補正を示すシーケンス図である。この P T P メッセージのシーケンスは、パケット伝送装置（下流）2 0 が自らが計時する時刻をパケット伝送装置（上流）1 0 が計時する時刻と同期するシーケンスである。

【 0 0 1 1 】

伝送路により接続された二つの装置間で情報の授受を行う場合、伝送距離に応じた伝送路遅延が発生する。このため、ある時点の時刻情報をもつメッセージを送信した場合、該メッセージを受信する際には、伝送路遅延分の遅れを考慮する必要がある。I E E E 1 5 8 8 規格ではこの点に留意し、伝送路遅延および二つの装置が計時する時刻のずれを検出して、時刻補正を行う方式を採用している。

10

【 0 0 1 2 】

シーケンス Q 8 1 に於いて、パケット伝送装置（上流）1 0 は、I E E E 1 5 8 8 プロトコルを起動するタイミングで、パケット伝送装置（上流）1 0 の時刻 T a を記録し、時刻 T a を含む Sync Message をパケット伝送装置（下流）2 0 に送出する。パケット伝送装置（下流）2 0 は、この Sync Message を受信し、受信した時刻 T b を記録する。これにより、パケット伝送装置（下流）2 0 は、パケット伝送装置（上流）1 0 が Sync Message を送出した時刻 T a の情報と、Sync Message を受信した時刻 T b の情報とを得ることができる。シーケンス Q 8 2 に於いて、パケット伝送装置（下流）2 0 は、時刻 T a の情報を記憶部（不図示）に保持する。

20

【 0 0 1 3 】

パケット伝送装置（上流）1 0 に対するパケット伝送装置（下流）2 0 の時刻ずれが無ければ、時間（T b - T a）は、パケット伝送装置（上流）1 0 からパケット伝送装置（下流）2 0 に伝達する伝送路遅延時間と等しくなる。実際には、2 つの装置の時刻ずれが存在するので、以下の（式 1）に示す関係となる。

【 0 0 1 4 】

$$(T b - T a) = \text{下流方向の伝送路遅延時間} + \text{時刻ずれ} \cdots \text{(式 1)}$$

シーケンス Q 8 3 に於いて、パケット伝送装置（下流）2 0 は、Delay Req Message をパケット伝送装置（上流）1 0 に送出し、Delay Req Message を送出した時刻 T c を記録する。パケット伝送装置（上流）1 0 は、Delay Req Message を受信した時刻 T d を記録する。

30

【 0 0 1 5 】

シーケンス Q 8 4 に於いて、パケット伝送装置（上流）1 0 は、時刻 T d の情報を含んだ Delay Resp Message を、パケット伝送装置（下流）2 0 に送出する。これにより、パケット伝送装置（下流）2 0 は、自らが Delay Req Message を送出した時刻 T c の情報と、パケット伝送装置（上流）1 0 が Delay Req Message を受信した時刻 T d の情報とを得ることができる。

【 0 0 1 6 】

パケット伝送装置（上流）1 0 に対するパケット伝送装置（下流）2 0 の時刻ずれが無ければ、時間（T d - T c）は、パケット伝送装置（下流）2 0 からパケット伝送装置（上流）1 0 に伝達する伝送路遅延時間と等しくなる。実際には、2 つの装置の時刻ずれが存在するので、以下の（式 2）に示す関係となる。

40

【 0 0 1 7 】

$$(T d - T c) = \text{上流方向の伝送路遅延時間} - \text{時刻ずれ} \cdots \text{(式 2)}$$

シーケンス Q 8 1 , Q 8 2 で得られる時間（T b - T a）とシーケンス Q 8 3 , Q 8 4 で得られる時間（T d - T c）の和は、上流方向の伝送路遅延時間と下流方向の伝送路遅延時間の和となる。I E E E 1 5 8 8 プロトコルの遅延計算では、パケット伝送装置（上流）1 0 からパケット伝送装置（下流）2 0、パケット伝送装置（下流）2 0 からパケット伝送装置（上流）1 0 両方向の伝送路遅延が対称であると仮定し、上流方向の伝送路遅延時間と下流方向の伝送路遅延時間の和を 2 で除算することにより、伝送路遅延時間を求

50

めることができる(式3)。

【0018】

伝送路遅延時間 = $((T_b - T_a) + (T_d - T_c)) \div 2 \dots$ (式3)

また、時刻情報 $(T_d - T_c)$ と時刻情報 $(T_b - T_a)$ の差を2で除算することにより、パケット伝送装置(上流)10の時刻に対するパケット伝送装置(下流)20の時刻ずれを求めることができる(式4)。

【0019】

時刻ずれ = $((T_b - T_a) - (T_d - T_c)) \div 2 \dots$ (式4)

以上の情報により、パケット伝送装置(下流)20は、パケット伝送装置(上流)10とパケット伝送装置(下流)20との間の伝送路遅延、および、パケット伝送装置(下流)20とパケット伝送装置(上流)10との時刻ずれを算出し、パケット伝送装置(上流)10の時刻に従属して動作することが可能となる。すなわち、パケット伝送装置(下流)20は、パケット伝送装置(上流)10に時刻同期する。

10

【0020】

PTPメッセージ送信間隔とは、一連のシーケンスQ81~Q84で送信されるPTPメッセージを送信する間隔のことであり、例えば、シーケンスQ81を送信した時刻と、シーケンスQ81Aを送信した時刻との時間差のことである。PTPメッセージ送信間隔は、パケット伝送装置(上流)10によって決定される。パケット伝送装置(上流)10は、PTPメッセージ送信間隔の情報を、PTPメッセージを介してパケット伝送装置(下流)20に伝達する。パケット伝送装置(下流)20は、受信したPTPメッセージから得られたPTPメッセージ送信間隔によって、更に下位装置へのPTPメッセージの送信を行う。

20

【0021】

なお、パケット伝送装置(下流)20と基地局装置50との間も、同様のシーケンスを実行することにより時刻同期が実現できる。多数のパケット伝送装置(下流)20が階層的に接続されている場合も同様である。

【0022】

一般にテレコムネットワークのような、高い精度での時刻同期が必要とされる回線では、高い信頼性が要求され、システムを冗長構成することが多い。冗長構成とは、例えば、回線の二重化、複数時刻源の設置、または、装置の二重化である。ここで二重化とは、システムの一部に何らかの障害が発生した場合に備えて、障害発生後でもシステム全体の機能を維持できるように予備装置を平常時からバックアップとして配置しておくことである。装置の二重化では、通常時に使用される運用系に何らかの障害が発生した場合には、品質を損なうことなく即座に予備装置である待機系に切替えることが求められるため、二つの装置を並列に稼働させ、片方に障害が発生しても即座に別の装置へ切り替えるという方式がとられている。

30

【0023】

一方で、装置を全て二重化し、待機系を常時起動させておくということは、その分の装置やシステム全体の消費電力が増大するという問題点もある。昨今、電気機器の増加に伴う世界的な電力需要の増加により、燃料資源の枯渇や二酸化炭素の排出による環境影響が懸念されているため、通信機器のみならず、幅広い分野の機器に対して省電力化が求められている。

40

【0024】

そのため、システムの冗長化に於いては、信頼性の保持に加え、省電力についても考慮していく必要がある。具体的には、装置の二重化構成をとった場合に、待機系をスリープ状態とさせたいが、しかし、単純にIEEE1588に準拠し、運用系と待機系の同期を図る場合には、系切替時に数マイクロ秒~数ミリ秒の時間を要する。この期間に於いて、待機系は自走状態となり、クロックマスタとの同期精度が低下してしまう。

【0025】

IEEE1588に準拠した機器では、時刻同期のための通信を開始するために複数回

50

のパケットの送受信が必要となる。この時間は、スレイブ - マスタ間の伝送路長によっては、マイクロ秒から数ミリ秒以上の時間がかかると考えられている。時刻同期精度の低下は、装置が自走状態にある時間の長さに比例するため、系の切り替えに要する時間を最小限に抑制する必要がある。ここで自走状態とは、装置が何らかの理由により外部からの時刻情報を受信することが不可能となり、装置内部のクロックから時刻情報を得ている状態のことを指す。

【 0 0 2 6 】

特許文献 1 (特開 2 0 0 2 - 2 3 2 4 6 2 号公報) には、運用系に疎通するユーザパケットを複製して、待機系に分岐して送信する発明が記載されている。これにより、冗長構成において、系の切り替えを高速に行うことができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 2 7 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 2 3 2 4 6 2 号公報

【非特許文献】

【 0 0 2 8 】

【非特許文献 1】Silvana Rodrigues, Antti Pietilainen, “IEEE-1588 Telecommunications Applications”, ZARLINK semiconductor, [平成 2 4 年 4 月 1 2 日検索]、インターネット (URL: <http://www.nist.gov/el/isd/ieee/upload/tutorial-telcom.pdf>)

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 2 9 】

時刻同期網では、時刻同期のプロセスの中で獲得した各装置固有の情報を用いて、時刻同期の通信を確立する必要がある。よって、特許文献 1 の方法では、冗長構成において系の切り替えを高速に行うという課題を解決することができない。

【 0 0 3 0 】

また、装置を二重化することによる電力の増大に対しては、一般的に、待機系側装置の一部または全ての機能ブロックの動作を停止してスリープ状態とし、消費電力を削減する方法がある。しかし、マイクロオーダでの時刻同期を実現する装置では、待機系を障害発生時にいち早く起動し、かつ、いち早く網に同期させる必要があり、待機系の機能をスリープ状態にするということは困難である。

30

【 0 0 3 1 】

そこで、本発明は、冗長化された時刻情報伝送装置に於いて、二重系の切り替え時に発生する時刻同期精度の低下を抑え、消費電力を抑制すること課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 3 2 】

前記した課題を解決するため、本発明の請求項 1 に記載の発明では、上位装置から第 1 の時刻情報を受信する機能、および、休止状態に遷移する機能を有する運用系伝送部と、前記運用系伝送部の異常を監視する運用系監視部と、前記運用系監視部から前記運用系伝送部の異常が通知されると、待機系に起動通知すると共に前記運用系伝送部を休止させる運用系制御部と、休止状態から起動する機能、および、第 2 の時刻情報を受信する機能を有する待機系伝送部と、前記運用系制御部から起動通知されると、前記待機系伝送部を起動させる待機系制御部と、を備えることを特徴とする時刻情報伝送装置とした。

40

【 0 0 3 3 】

その他の手段については、発明を実施するための形態のなかで説明する。

【発明の効果】

【 0 0 3 4 】

本発明によれば、冗長化された時刻情報伝送装置に於いて、二重系の切り替え時に発生する時刻同期精度の低下を抑え、消費電力を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 3 5 】

【図 1】本実施形態に於ける冗長化時刻同期システムを示す図である。

【図 2】本実施形態に於けるパケット伝送装置を示す概略の構成図である。

【図 3】コンフィグレーション情報一覧を示す図である。

【図 4】運用情報一覧を示す図である。

【図 5】比較例に於ける時刻同期シーケンスを示す図である。

【図 6】本実施形態に於ける時刻同期シーケンスを示す図である。

【図 7】本実施形態に於ける待機系起動シーケンスを示す図である。

【図 8】本実施形態に於ける監視処理を示すフローチャートである。

【図 9】本実施形態に於ける待機系起動処理を示すフローチャートである。

10

【図 10】実施形態 2 に於けるパケット伝送装置の構成

【図 11】第 2 の実施形態の比較例に於ける時刻同期シーケンス

【図 12】第 2 の実施形態に於ける時刻同期シーケンス

【図 13】第 2 の実施形態に於ける待機系起動シーケンス

【図 14】第 2 の実施形態に於ける監視処理

【図 15】第 2 の実施形態に於ける待機系起動処理

【図 16】IEEE 1588 の Sync Message のフレーム構成を示す図である。

【図 17】IEEE 1588 に於ける時刻遅延補正を示すシーケンス図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 6 】

20

先ず、実施形態に於ける用語を定義する。

【 0 0 3 7 】

「時刻」とは、「12時00分00秒」などのように、ある唯一の時点を表す識別情報である。

【 0 0 3 8 】

「時間」とは、時の幅を表す量である。「時間」は、二つの時刻の差分として定義することができ、単位時間の累積としても定義することができる。例えば、時刻12時00分00秒と時刻13時00分00秒との差分として表される時間は、1時間00分00秒である。例えば、1秒間という単位時間を30回累積した時間は、30秒である。

【 0 0 3 9 】

30

以降、本発明を実施するための形態を、各図を参照して詳細に説明する。

(第 1 の実施形態の構成)

図 1 は、本実施形態に於ける冗長化時刻同期システムを示す図である。

【 0 0 4 0 】

冗長化時刻同期システム 1 は、階層的に接続されているパケット伝送装置(上流)10 と、パケット伝送装置(下流)20 と、基地局装置 50 とを備えている。ネットワーク 100A は、パケット伝送装置(上流)10 とパケット伝送装置(下流)20 とが、光ファイバケーブルまたは導線ケーブルによって、階層的に接続されて構成されている。ネットワーク 100A のパケット伝送装置(上流)10 は、外部ネットワーク 100B に接続され、更に、ネットワーク 100A の末端には、基地局装置 50 が接続されている。

40

【 0 0 4 1 】

パケット伝送装置(上流)10 は、例えばメディアコンバータであり、GPS アンテナ 11 を備え、図示しない処理部に、IEEE 1588 に準拠して動作するプロトコルスタックを有している。パケット伝送装置(上流)10 は、双方向通信が可能な通信回線によって、外部ネットワーク 100B と、複数のパケット伝送装置(下流)20 とに接続されている。

【 0 0 4 2 】

パケット伝送装置(上流)10 は、GPS 衛星 110 から受信する GPS 信号より時刻情報を抽出する機能と、抽出した時刻情報に内部クロックを同期させる機能と、抽出した時刻情報から PTP パケットを生成する機能と、下位装置であるパケット伝送装置(下流

50

） 20 に P T P パケットを送信する機能とを有している。パケット伝送装置（上流）10 は更に、通信回線を通じて、P T P パケットおよび、外部ネットワーク 100 B からの主信号パケットをパケット伝送装置（下流）20 に送信する機能を有している。

【0043】

パケット伝送装置（下流）20（時刻情報伝送装置）は、例えば冗長化されたメディアコンバータであり、図示しない処理部に、IEEE 1588 に準拠して動作するプロトコルスタックを有している。パケット伝送装置（下流）20 は、双方向通信が可能な通信回線によって、パケット伝送装置（上流）10 と、複数の基地局装置 50 とに接続されている。パケット伝送装置（下流）20 は、パケット伝送装置（上流）10 が計時する時刻に同期して動作するものである。

10

【0044】

パケット伝送装置（下流）20 は、パケット伝送装置（上流）10 から受信した P T P パケットの時刻情報を抽出する機能と、抽出した時刻情報に内部クロックを同期させる機能と、抽出した時刻情報から P T P パケットを生成する機能と、生成した P T P パケットを下位装置である基地局装置 50 に送信する機能を有している。

【0045】

なお、これに限られず、冗長化時刻同期システム 1 は、パケット伝送装置（下流）20 の下位装置に、他のパケット伝送装置（下流）20 を階層的に接続して、その末端に基地局装置 50 などを接続するように構成してもよい。

【0046】

基地局装置 50 は、例えば無線端末（不図示）との間で無線通信を行うために各エリアに設置された基地局であり、図示しない処理部に、IEEE 1588 に準拠して動作するプロトコルスタックを有している。基地局装置 50 は、双方向通信が可能な通信回線によってパケット伝送装置（下流）20 に接続されている。

20

【0047】

基地局装置 50 は、受信した P T P パケットから時刻情報を抽出する機能と、抽出した時刻情報に内部クロックを同期させる機能を有している。冗長化時刻同期システム 1 は、G P S アンテナ 11 および G P S 信号から時刻情報を抽出する機能を有さない末端装置にも、高精度な時刻情報を配信することができる。

【0048】

図 2 は、本実施形態に於けるパケット伝送装置を示す概略の構成図である。

30

【0049】

パケット伝送装置（下流）20 は、運用系 21 a と、待機系 21 b と、セレクトア部 32 とを備えている。パケット伝送装置（下流）20 は、L 2 S W（Level2 Switch）40 を介してパケット伝送装置（上流）10 に接続されていると共に、下位装置（不図示）と接続されている。

【0050】

運用系 21 a と待機系 21 b とは、同様の構成を有し、同様に接続されている。すなわち、運用系 21 a は、S L A V E 2 2 a と、M A S T E R 2 3 a とを備えている。待機系 21 b は、同様に構成されて接続されている S L A V E 2 2 b と、M A S T E R 2 3 b とを備えている。運用系 21 a は、通常時にパケットを送信する部位である。待機系 21 b は、運用系 21 a に異常が発生した際、この運用系 21 a に代わってパケットを送信する部位である。

40

【0051】

S L A V E 2 2 a は、伝送部 24 a と、監視部 25 a と、制御部 26 a とを備えている。伝送部 24 a は更に、パケット送受信部 27 a と、時刻情報抽出部 28 a と、P T P メッセージ生成部 29 a とを備えている。S L A V E 2 2 a は、パケット伝送装置（上流）10 との間で P T P メッセージを送受信する部位である。

【0052】

パケット送受信部 27 a は、パケット伝送装置（上流）10 から第 1 の時刻情報である

50

P T P パケットを受信する部位である。パケット送受信部 2 7 a は、L 2 S W 4 0 を介してパケット伝送装置（上流）1 0 に接続されている。パケット送受信部 2 7 a は更に、時刻情報抽出部 2 8 a と監視部 2 5 a とに接続されている。

【 0 0 5 3 】

監視部 2 5 a は、伝送部 2 4 a を監視して、異常発生を検知する部位である。監視部 2 5 a は、パケット送受信部 2 7 a と時刻情報抽出部 2 8 a とを監視し、P T P メッセージのタイムアウトを検知する。

【 0 0 5 4 】

制御部 2 6 a は、S L A V E 2 2 a 全体を統括して制御する部位である。制御部 2 6 a は更に、監視部 2 5 a からの異常通知を受けた際に、待機系 2 1 b の制御部 2 6 b に起動通知し、パケット送受信部 3 0 b に起動通知し、更にセレクタ部 3 2 に出力切り替え信号を出力する部位である。

10

【 0 0 5 5 】

時刻情報抽出部 2 8 a は、パケット伝送装置（上流）1 0 から受信した P T P パケットの時刻情報を抽出し、抽出した時刻情報に内部クロックを同期させる部位である。時刻情報抽出部 2 8 a は、パケット送受信部 2 7 a に接続されて P T P パケットを受信し、監視部 2 5 a と P T P メッセージ生成部 2 9 a とに接続されて、抽出した時刻情報を出力する。

【 0 0 5 6 】

P T P メッセージ生成部 2 9 a は、抽出した時刻情報から、第 3 の時刻情報である P T P パケットを生成する部位である。P T P メッセージ生成部 2 9 a は、時刻情報抽出部 2 8 a に接続されて時刻情報を取得し、パケット送受信部 3 0 a , 3 0 b に接続されて、生成した P T P パケットを送信する。

20

【 0 0 5 7 】

M A S T E R 2 3 a は、パケット送受信部 3 0 a と情報格納部 3 1 a を備えている。M A S T E R 2 3 a は、P T P メッセージ生成部 2 9 a が生成した P T P パケットを、セレクタ部 3 2 を介して、下位装置である基地局装置 5 0（図 1）に送信する部位である。

【 0 0 5 8 】

パケット送受信部 3 0 a は、P T P メッセージ生成部 2 9 a が生成した P T P パケットをセレクタ部 3 2 に送信する部位である。パケット送受信部 3 0 a は、P T P メッセージ生成部 2 9 a , 2 9 b に接続されて P T P パケット情報を受信し、制御部 2 6 b に接続されて、運用系 2 1 a と待機系 2 1 b のいずれから受信した P T P パケット情報を選択するかが指示される。パケット送受信部 3 0 a は更に、情報格納部 3 1 a , 3 1 b に接続され、格納されている情報を取得可能である。

30

【 0 0 5 9 】

情報格納部 3 1 a は、例えば R A M（Random Access Memory）などであり、伝送部 2 4 a から送信されたコンフィグレーション情報と運用情報と時刻情報とを格納し、格納した各情報をパケット送受信部 3 0 a , 3 0 b に送信する部位である。

【 0 0 6 0 】

待機系 2 1 b に於いて、S L A V E 2 2 b は、パケット送受信部 2 7 b と時刻情報抽出部 2 8 b と P T P メッセージ生成部 2 9 b と監視部 2 5 b と制御部 2 6 b とを備え、M A S T E R 2 3 b は、パケット送受信部 3 0 b と情報格納部 3 1 b とを備える。

40

【 0 0 6 1 】

パケット送受信部 2 7 b は、パケット伝送装置（上流）1 0 から第 2 の時刻情報である P T P パケットを受信する部位である。P T P メッセージ生成部 2 9 b は、抽出した時刻情報から、第 4 の時刻情報である P T P パケットを生成する部位である。

【 0 0 6 2 】

以下、待機系 2 1 b の構成および接続は、運用系 2 1 a の構成および接続と同様である。

【 0 0 6 3 】

50

パケット伝送装置（上流）10からの信号は、L2SW40のようなネットワーク中継器によって分岐される。これにより、伝送部24aのパケット送受信部27aと、伝送部24bのパケット送受信部27bとは、同一の信号を受信する。

【0064】

運用系21aが稼働している際には、待機系21bのSLAVE22bの伝送部24bと監視部25bとは、スリープ状態である。これにより、待機系21bは、消費電力を抑制することができる。

【0065】

なお、パケット伝送装置20の制御部26は、図2に示すように制御部26aと制御部26bのように運用系、待機系でそれぞれ別に構成しても良いし、これら2つの制御部26a、26bをまとめて1つの制御部として構成しても良い。また、情報格納部31も、情報格納部31aと情報格納部31bのように運用系、待機系でそれぞれ別に構成しても良いし、これら2つの情報格納部31a、31bをまとめて1つの情報格納部として構成しても良い。

《パケット伝送装置の動作》

以下、パケット伝送装置（下流）20が、パケット伝送装置（上流）10から受信した時刻情報を下位装置（不図示）に送信するまでの動作について説明する。

【0066】

パケット送受信部27aは、パケット伝送装置（上流）10とPTPメッセージの送受信を行う。パケット送受信部27aは、受信したPTPメッセージを、時刻情報抽出部28aと監視部25aとに送信する。

【0067】

時刻情報抽出部28aは、パケット送受信部27aから受信したPTPメッセージから時刻情報を抽出して、監視部25aとPTPメッセージ生成部29aに送信する。

【0068】

PTPメッセージ生成部29aは、時刻情報抽出部28aから受信した時刻情報をもとにPTPパケットを生成し、パケット送受信部30aとパケット送受信部30bとに送信する。

【0069】

パケット送受信部30aは、コンフィグレーション情報と運用情報と時刻情報とを、情報格納部31aまたは、情報格納部31bから受信し、下位装置とのPTPメッセージの送信に使用する。パケット送受信部30aは、制御部26bの指示により、PTPメッセージ生成部29a、29bから受信したPTPメッセージのうちいずれかをセクタ部32に送信する。

【0070】

情報格納部31a、31bは、受信したコンフィグレーション情報と運用情報と時刻情報とを格納する機能と、格納したコンフィグレーション情報と運用情報と時刻情報とを、パケット送受信部30a、30bに通知する機能とを有している。

【0071】

セクタ部32は、運用系21aが稼働している際に、パケット送受信部30aから送信される運用系21a側のPTPメッセージを下位装置に送信し、パケット送受信部30bから送信される待機系21b側のPTPメッセージを終端する。セクタ部32は更に、運用系21aが休止状態には、パケット送受信部30aから送信される運用系21a側のPTPメッセージを終端し、パケット送受信部30bから送信される待機系21b側のPTPメッセージを下位装置に送信する。

【0072】

監視部25aは、パケット送受信部27aから受信するPTPメッセージの受信タイミングを監視し、PTPメッセージの受信タイムアウトを検知することで、運用系21aの障害発生を検知して、制御部26aに送信する。

【0073】

10

20

30

40

50

次に、系切り替え時の動作について説明する。

【 0 0 7 4 】

運用系 2 1 a 側にて何らかの障害が発生し正常に P T P メッセージを受信できなくなった場合、監視部 2 5 a は、当該異常を検出し、異常発生のお知らせを制御部 2 6 a に送信する。制御部 2 6 a は、監視部 2 5 a から異常発生のお知らせを受信すると、待機系 2 1 b に起動通知信号を送信すると共に、パケット送受信部 3 0 b とセレクタ部 3 2 とに系切り替えの信号を送信する。待機系 2 1 b は、起動通知信号を受信すると、スリープ状態を解除し、パケット伝送装置（上流）1 0 との時刻同期を開始する。パケット送受信部 2 7 a は、情報格納部 3 1 b に格納されているコンフィグレーション情報と、運用情報と、時刻情報とを利用してパケット伝送装置（上流）1 0 との通信を行うことにより、通信開始のためのシーケンスを一部省略し、時刻同期開始までの時間を短縮する事ができる。

10

【 0 0 7 5 】

図 3 は、コンフィグレーション情報一覧を示す図である。コンフィグレーション情報は、運用系 2 1 a から待機系 2 1 b に引き渡される情報である。項番 1 の MAC-DA は、送信先の装置の M A C (Media Access Control) アドレスが格納される。項番 2 の MAC-SA は、送信元の装置の M A C アドレスが格納される。項番 3 の IPv4 Header は、I P (Internet Protocol) パケットのヘッダ情報が格納される。項番 4 の defaultDS.priority1 と項番 5 の defaultDS.priority2 とは、装置の時刻情報の優先順位が格納される。項番 6 の defaultDS.domainNumber は、装置のドメイン情報が格納される。項番 7 の defaultDS.slaveOnly は、スレイブ固定で動作するか否かの識別情報が格納される。項番 8 の portDS.logAnnounceInterval は、パケット伝送装置（上流）1 0 からパケット伝送装置（下流）2 0 に送信される Announce Message の送信間隔の値が格納される。項番 9 の portDS.announceReceiptTimeout は、パケット伝送装置（上流）1 0 とパケット伝送装置（下流）2 0 で送受信される Delay Req Message と Delay Resp Message の送信間隔の値が格納される。項番 1 0 の portDS.logSyncInterval は、マルチキャスト通信時に使用されるインターバル期間が格納される。項番 1 1 の portDS.delayMechanism は、遅延計算方式情報が格納される。項番 1 2 の portDS.logMinPdelayReqInterval は、遅延補正メッセージの送信間隔が格納される。項番 1 3 の portDS.versionNumber は、P T P のバージョン情報が格納される。このようにコンフィグレーション情報には、時刻同期を行う各装置の設定状態を表す値が格納される。

20

【 0 0 7 6 】

図 4 は、運用情報一覧を示す図である。運用情報は、運用系 2 1 a から待機系 2 1 b に引き渡される情報である。項番 1 の defaultDS.clockQuality.clockClass は、装置が保持している時刻情報の信頼性情報が格納される。項番 2 の defaultDS.clockQuality.ClockAccuracy は、装置が保持する時刻精度情報が格納される。項番 3 の defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance は、スレイブの時刻の分散値が格納される。項番 4 の currentDS.stepsRemoved は、グランドマスタクロックと当該装置との回線数が格納される。項番 5 の currentDS.offsetFromMaster は、マスタ - スレイブ間の時刻の差が格納される。項番 6 の currentDS.meanPathDelay は、装置間の平均伝搬時間の値が格納され、時刻情報の補正值として使用される。項番 7 の parentDS.parentPortIdentity は、マスタ側のポート I D の情報が格納される。項番 8 の parentDS.parentStats は、当該装置の持つマスタとの接続状況の情報が格納される。項番 9 の parentDS.observedParentOffsetScaledLogVariance は、スレイブが測定したマスタ時刻の分散値が格納される。項番 1 0 の parentDS.observedParentClockPhaseChangeRate は、マスタ側時刻の位相変動値が格納される。項番 1 1 の parentDS.grandmasterIdentity は、グランドマスタクロックの I D 情報が格納される。項番 1 2 の parentDS.grandmasterClockQuality は、グランドマスタクロックの精度情報が格納される。

30

40

【 0 0 7 7 】

項番 1 3 の parentDS.grandmasterPriority1 は、グランドマスタクロックの優先順位が格納される。項番 1 4 の parentDS.grandmasterPriority2 は、グランドマスタクロックの優先順位が格納される。項番 1 5 の timePropertiesDS.currentUtcOffset は、T A I (国

50

際原子時)とUTC(協定世界時)のオフセット値が格納される。項番16のtimePropertiesDS.currentUtcOffsetValidは、項番15の値の信頼性の情報が格納される。項番17のtimePropertiesDS.leap59と項番18のtimePropertiesDS.leap61とは、閏秒に対する補正值が格納される。項番19のtimePropertiesDS.timeTraceableは、15の値のタイムスケールの値が格納される。項番20のtimePropertiesDS.frequencyTraceableは、周波数の初期発信源の信頼性が格納される。項番21のtimePropertiesDS.ptpTimescaleは、グランドマスタクロックのタイムスケールが格納される。項番22のtimePropertiesDS.timeSourceは、グランドマスタクロックのタイムソースが格納される。項番23のportDS.portStateは、プロトコルエンジンの現状態の情報が格納される。項番24のportDS.logMinDelayReqIntervalは、遅延補正メッセージの送信間隔を規定する情報が格納される。項番25のportDS.peerMeanPathDelayは、伝播遅延の推定値が格納される。前記項番1~25に示したように、運用情報には、時刻同期を開始する際の初期値が格納されている。

10

(比較例の動作)

図5は、比較例に於ける時刻同期シーケンスを示す図である。当該図5は、図1および図2に示すパケット伝送装置(上流)10とパケット伝送装置(下流)20との間で通信を開始し、時刻同期するシーケンスを示している。比較例のパケット伝送装置(下流)20に於いて、運用系21aと待機系21bとが情報の送受信を行わず、待機系21bは全てスリープ状態で待機している。Signaling Message、Announce Message、Sync Message、Delay Req Message、Delay Resp Messageは、IEEE1588において規定されているPTPパケットである。

20

《コンフィグレーション情報送受信シーケンス》

シーケンスQ10に於いて、パケット伝送装置(下流)20は、パケット伝送装置(上流)10のMACアドレスやドメインなどを含むコンフィグレーション情報(図3)を取得する。すなわち、パケット伝送装置(下流)20は、以下のシーケンスQ11~Q12を実施する。

【0078】

シーケンスQ11に於いて、パケット伝送装置(下流)20は、パケット伝送装置(上流)10にSignaling Messageを送信する。シーケンスQ12に於いて、パケット伝送装置(上流)10は、パケット伝送装置(下流)20にSignaling Messageを送信する。このSignaling Messageには、MACアドレスやドメインを含むコンフィグレーション情報(図3)が格納されている。

30

《運用情報送受信シーケンス》

シーケンスQ20に於いて、パケット伝送装置(下流)20は、パケット伝送装置(上流)10が保持しているGPS信号のID情報などの運用情報を取得する。具体的には、以下のシーケンスQ22を実施する。

【0079】

シーケンスQ22に於いて、パケット伝送装置(上流)10は、パケット伝送装置(下流)20にAnnounce Messageを送信する。このAnnounce Messageには、GPS信号のID情報などに代表される運用情報(図4)が格納されている。

《時刻同期シーケンス》

40

シーケンスQ30に於いて、パケット伝送装置(上流)10は、パケット伝送装置(下流)20との間で時刻同期シーケンスを実行することにより、パケット伝送装置(下流)20を時刻同期させる。具体的には、以下のシーケンスQ31~Q35を実施する。

【0080】

シーケンスQ31に於いて、パケット伝送装置(上流)10は、パケット伝送装置(下流)20に、Sync Messageを送信する。このSync Messageは、前記した図16に示すように、時刻情報を含んだPTPパケットである。シーケンスQ32に於いて、パケット伝送装置(上流)10は、パケット伝送装置(下流)20に、Announce Messageを送信する。シーケンスQ33に於いて、パケット伝送装置(上流)10は、パケット伝送装置(下流)20に、Sync Messageを送信する。

50

【 0 0 8 1 】

シーケンスQ 3 4 に於いて、パケット伝送装置（下流）2 0 は、パケット伝送装置（上流）1 0 に、Delay Req Messageを送信する。

【 0 0 8 2 】

シーケンスQ 3 5 に於いて、パケット伝送装置（上流）1 0 は、パケット伝送装置（下流）2 0 に、Delay Resp Messageを送信する。このDelay Resp Messageは、装置間の伝送路遅延を補正するために送受信されるP T Pパケットである。

《スリープモード維持》

シーケンスQ 4 1 に於いて、運用系2 1 aの制御部2 6 aは、待機系2 1 bの制御部2 6 bに、スリープモードの維持を通知する。このスリープモードの維持は、例えば時刻同期のシーケンスQ 3 0 を実施したのちに通知される。しかし、これに限られず、運用系2 1 aの制御部2 6 aは、後記する時刻同期維持のシーケンスQ 3 0 Aを実施したのちに、定期的に通知してもよい。これにより、パケット伝送装置（下流）2 0 は、消費電力を抑制することができる。

10

《時刻同期維持シーケンス》

シーケンスQ 3 0 A に於いて、パケット伝送装置（上流）1 0 は、パケット伝送装置（下流）2 0 との間で時刻同期維持シーケンスを実行することにより、パケット伝送装置（下流）2 0 の時刻同期精度を維持させる。すなわち、シーケンスQ 3 0 A以降に、パケット伝送装置（上流）1 0 は、前記したシーケンスQ 3 1 ~ Q 3 5 と同様の処理を、P T Pメッセージの送信間隔ごとに実施する。これにより、パケット伝送装置（下流）2 0 は、上位装置であるパケット伝送装置（上流）1 0 との時刻同期を維持することができる。

20

《障害発生時の処理》

シーケンスQ 5 0 に於いて、運用系2 1 aの伝送部2 4 aで障害が発生した場合を考える。このとき、待機系2 1 bの起動処理（Q 5 2）と系切替処理（Q 6 1 ~ Q 6 3）とが行われる。

【 0 0 8 3 】

シーケンスQ 5 1 に於いて、運用系2 1 aの制御部2 6 aは、待機系2 1 bの制御部2 6 bに、起動を通知する。

【 0 0 8 4 】

シーケンスQ 5 2 に於いて、待機系2 1 bの制御部2 6 bおよび伝送部2 4 bは、起動処理を行う。

30

【 0 0 8 5 】

シーケンスQ 5 3 に於いて、運用系2 1 aの制御部2 6 aは、伝送部2 4 aに休止を通知する。休止通知を受けた伝送部2 4 aは、スリープモードに遷移する。これにより、パケット伝送装置（下流）2 0 は、消費電力を抑制することができる。

【 0 0 8 6 】

シーケンスQ 6 1 に於いて、待機系2 1 bの伝送部2 4 bおよびパケット伝送装置（上流）1 0 は、コンフィグレーション情報送受信を行う。当該シーケンスQ 6 1 は、シーケンスQ 1 0 の処理と同様である。

【 0 0 8 7 】

シーケンスQ 6 2 に於いて、待機系2 1 bの伝送部2 4 bおよびパケット伝送装置（上流）1 0 は、運用情報送受信を行う。当該シーケンスQ 6 2 は、シーケンスQ 2 0 の処理と同様である。

40

【 0 0 8 8 】

シーケンスQ 6 3 に於いて、待機系2 1 bの伝送部2 4 bおよびパケット伝送装置（上流）1 0 は、時刻同期処理を行う。当該シーケンスQ 6 3 は、シーケンスQ 3 0 の処理と同様である。

【 0 0 8 9 】

シーケンスQ 6 4 に於いて、待機系2 1 bの伝送部2 4 bおよびパケット伝送装置（上流）1 0 は、時刻同期維持処理を行う。当該シーケンスQ 6 4 は、シーケンスQ 3 0 Aの

50

処理と同様である。

【 0 0 9 0 】

シーケンス Q 6 1 ~ Q 6 3 の処理により、待機系 2 1 b は、パケット伝送装置（上流）1 0 と時刻同期して系を切り替える。しかし、シーケンス Q 6 1 ~ Q 6 3 を実行している際、パケット伝送装置（下流）2 0 は、時刻同期維持シーケンスを実行することができない。更に、パケット伝送装置（下流）2 0 と下位装置とは、時刻同期維持シーケンスを実行することができない。パケット伝送装置（下流）2 0 と下位装置とは、自走状態となり、時刻同期精度が悪化する虞があった。

（本実施形態の動作）

図 6 は、本実施形態に於ける時刻同期シーケンスを示す図である。図 5 に示す比較例の時刻同期シーケンスと同一の要素には同一の符号を付与している。

10

【 0 0 9 1 】

この時刻同期シーケンスは、比較例（図 5）と同様に、パケット伝送装置（上流）1 0 とパケット伝送装置（下流）2 0 との間で、通信を開始して時刻同期するシーケンスを示している。

【 0 0 9 2 】

本実施形態のパケット伝送装置（下流）2 0 に於いて、比較例と同様に、運用系 2 1 a と待機系 2 1 b とが情報の送受信を行わず、待機系 2 1 b は全てスリープ状態で待機している。

《コンフィグレーション情報送受信シーケンス》

20

シーケンス Q 1 0 B に於いて、パケット伝送装置（下流）2 0 は、パケット伝送装置（上流）1 0 の M A C アドレスやドメインなどを含むコンフィグレーション情報（図 3）を取得する。すなわち、パケット伝送装置（下流）2 0 は、以下のシーケンス Q 1 1 ~ Q 1 5 を実施する。

【 0 0 9 3 】

シーケンス Q 1 1 , Q 1 2 の処理は、比較例のシーケンス Q 1 1 , Q 1 2 の処理と同様である。

【 0 0 9 4 】

シーケンス Q 1 3 に於いて、運用系 2 1 a の伝送部 2 4 a は、取得したコンフィグレーション情報を、情報格納部 3 1 a に格納する。

30

【 0 0 9 5 】

シーケンス Q 1 4 に於いて、運用系 2 1 a の伝送部 2 4 a は、取得したコンフィグレーション情報を、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b に送信する。

【 0 0 9 6 】

シーケンス Q 1 5 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、受信したコンフィグレーション情報を、情報格納部 3 1 b に格納する。

《運用情報送受信シーケンス》

シーケンス Q 2 0 B に於いて、パケット伝送装置（下流）2 0 は、パケット伝送装置（上流）1 0 が保持している G P S 信号の I D 情報などの運用情報を取得する。すなわち、パケット伝送装置（下流）2 0 は、以下のシーケンス Q 2 2 ~ Q 2 5 を実施する。

40

【 0 0 9 7 】

シーケンス Q 2 2 の処理は、比較例のシーケンス Q 2 2 の処理と同様である。

【 0 0 9 8 】

シーケンス Q 2 3 に於いて、運用系 2 1 a の伝送部 2 4 a は、取得した運用情報（図 4）を、情報格納部 3 1 a に格納する。

【 0 0 9 9 】

シーケンス Q 2 4 に於いて、運用系 2 1 a の伝送部 2 4 a は、取得した運用情報（図 4）を、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b に送信する。

【 0 1 0 0 】

シーケンス Q 2 5 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、受信した運用情報（図 4

50

)を、情報格納部31bに格納する。

《時刻同期シーケンス》

シーケンスQ30Bに於いて、パケット伝送装置(上流)10は、パケット伝送装置(下流)20との間で時刻同期シーケンスを実行することにより、パケット伝送装置(下流)20を時刻同期させる。具体的には、以下のシーケンスQ31~Q38を実施する。

【0101】

シーケンスQ31~Q35の処理は、比較例のシーケンスQ31~Q35の処理と同様である。

【0102】

シーケンスQ36に於いて、運用系21aの伝送部24aは、取得した時刻情報(図4)を、情報格納部31aに格納する。

【0103】

シーケンスQ37に於いて、運用系21aの伝送部24aは、取得した時刻情報(図4)を、待機系21bの伝送部24bに送信する。

【0104】

シーケンスQ38に於いて、待機系21bの伝送部24bは、受信した時刻情報(図4)を、情報格納部31bに格納する。

《スリープモード維持》

シーケンスQ41に於いて、運用系21aの制御部26aは、待機系21bの制御部26bに、スリープモードの維持を通知する。これにより、制御部26bは、伝送部24bのパケット送受信部27b、時刻情報抽出部28b、および、PTPメッセージ生成部29bの動作を停止させ、各種情報を情報格納部31bに格納する機能のみを動作させる。これにより、パケット伝送装置(下流)20は、消費電力を抑制することができる。

《時刻同期維持シーケンス》

シーケンスQ30Cに於いて、パケット伝送装置(上流)10は、パケット伝送装置(下流)20との間で時刻同期維持シーケンスを実行することにより、パケット伝送装置(下流)20の時刻同期精度を維持させる。すなわち、パケット伝送装置(上流)10は、前記したシーケンスQ31~Q38と同様の処理を行う。パケット伝送装置(上流)10は、シーケンスQ30Cの処理を、PTPメッセージの送信間隔ごとに実施する。

【0105】

運用系21aは、シーケンスQ30Cを実行する毎に、時刻情報を、待機系21bの伝送部24bに送信し、情報格納部31bに格納させる。待機系21bは、運用系21aから、常に最新の時刻情報を取得し、情報格納部31bに格納(更新)する。このため、待機系21bは、系切替処理に於いて、運用系21aが取得していた最新の時刻情報を用いて、短時間で時刻同期を開始することができると共に、自走で時刻同期を開始するよりも高い精度で時刻同期を開始することができる。

《障害発生時の処理》

本実施形態のシーケンスQ50~Q53の処理は、比較例のシーケンスQ50~Q53の処理と同様である。

【0106】

シーケンスQ52に於いて、待機系21bの制御部26bおよび伝送部24bは、起動処理を行う。この起動処理に於いて、伝送部24bは、情報格納部31bに格納したコンフィグレーション情報、運用情報、および、時刻情報を利用する。具体的にはシーケンスQ61(図5)を、格納済のコンフィグレーション情報を利用することで省略し、シーケンスQ62(図5)を、格納済の運用情報を利用することにより省略し、シーケンスQ63(図5)を、格納済の時刻情報を利用することにより省略する。

【0107】

シーケンスQ64Bに於いて、待機系21bの伝送部24b、および、パケット伝送装置(上流)10は、時刻同期維持処理を行う。当該シーケンスQ64Bは、シーケンスQ30Cの処理と同様である。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 8 】

待機系 2 1 b は、比較例のシーケンス Q 6 1 ~ Q 6 3 の処理を省略して、シーケンス Q 6 4 B の処理を行うことにより、待機系 2 1 b 自身が自走状態となる時間を短縮することが可能となり、時刻同期精度の悪化を抑制できる。

【 0 1 0 9 】

I E E E 1 5 8 8 規格とは、装置間で P T P パケットの送受信を繰り返し行うことによって、徐々に装置間の時刻同期精度を高めるものである。本実施形態の待機系 2 1 b は、運用系 2 1 a から引き継いだ時刻情報を利用することにより、起動直後（通信開始直後）から、高い精度で時刻同期を行うことができる。

【 0 1 1 0 】

図 7 は、本実施形態に於ける待機系起動シーケンスを示す図である。

【 0 1 1 1 】

シーケンス Q 7 0 ~ Q 8 0 の処理は、前記する図 6 のシーケンス Q 5 0 ~ Q 6 4 B の処理に対応している。

【 0 1 1 2 】

シーケンス Q 7 0 に於いて、運用系 2 1 a の監視部 2 5 a は、伝送部 2 4 a の異常を検出する。具体的な異常検出方法は、後記する図 8 で説明する。

【 0 1 1 3 】

シーケンス Q 7 1 に於いて、運用系 2 1 a の監視部 2 5 a は、制御部 2 6 a に異常通知を行う。

【 0 1 1 4 】

シーケンス Q 7 2 に於いて、運用系 2 1 a の制御部 2 6 a は、待機系 2 1 b の制御部 2 6 b に、起動通知を行う。この処理は、シーケンス Q 5 1（図 6）の処理と同様である。

【 0 1 1 5 】

シーケンス Q 7 3 に於いて、運用系 2 1 a の制御部 2 6 a は、伝送部 2 4 a に、休止通知を行う。この処理は、シーケンス Q 5 3（図 6）の処理と同様である。これにより、伝送部 2 4 a は、休止状態に遷移するので、消費電力を抑制することができる。

【 0 1 1 6 】

シーケンス Q 7 4 に於いて、待機系 2 1 b の制御部 2 6 b は、起動処理を行う。

【 0 1 1 7 】

シーケンス Q 7 5 に於いて、待機系 2 1 b の制御部 2 6 b は、伝送部 2 4 b に起動通知を行う。

【 0 1 1 8 】

シーケンス Q 7 6 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、起動処理を行う。

【 0 1 1 9 】

シーケンス Q 7 7 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、情報格納部 3 1 b から、コンフィグレーション情報を取得する。

【 0 1 2 0 】

シーケンス Q 7 8 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、情報格納部 3 1 b から、運用情報を取得する。

【 0 1 2 1 】

シーケンス Q 7 9 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、情報格納部 3 1 b から、時刻情報を取得する。

【 0 1 2 2 】

このシーケンス Q 7 4 ~ Q 7 9 の処理は、シーケンス Q 5 2（図 6）の処理と同様である。

【 0 1 2 3 】

シーケンス Q 8 0 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、上位装置であるパケット伝送装置（上流）1 0（図 2）との間で、時刻同期維持シーケンスを実行する。この処理は、シーケンス Q 6 4 B（図 6）の処理と同様である。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 4 】

図 8 は、本実施形態に於ける監視処理を示すフローチャートである。

【 0 1 2 5 】

運用系 2 1 a の監視部 2 5 a が、当該監視処理を行う。

【 0 1 2 6 】

ステップ S 1 0 に於いて、監視部 2 5 a は、現在の時刻を記録する。

【 0 1 2 7 】

ステップ S 1 1 に於いて、監視部 2 5 a は、Sync Messageを受信したか否かを判断する。監視部 2 5 a は、当該判断条件が成立したならば (Y e s)、ステップ S 1 0 の処理に戻り、当該判断条件が成立しなかったならば (N o)、ステップ S 1 2 の処理を行う。

10

【 0 1 2 8 】

ステップ S 1 2 に於いて、監視部 2 5 a は、記録した時刻から現在の時刻までの経過時間を算出する。ここで、記録した時刻とは、初期状態を除き、Sync Messageを受信した時刻である。

【 0 1 2 9 】

ステップ S 1 3 に於いて、監視部 2 5 a は、当該経過時間が閾値を超えているか否かを判断する。監視部 2 5 a は、当該判断条件が成立したならば (Y e s)、ステップ S 1 4 の処理を行い、当該判断条件が成立しなかったならば (N o)、ステップ S 1 1 の処理を行う。

【 0 1 3 0 】

ステップ S 1 4 に於いて、監視部 2 5 a は、制御部 2 6 a に異常通知を行い、図 8 の処理を終了する。

20

【 0 1 3 1 】

運用系 2 1 a の監視部 2 5 a は、ステップ S 1 0 ~ S 1 4 の処理によって、伝送部 2 4 a の異常を検知することができる。

【 0 1 3 2 】

待機系 2 1 b の監視部 2 5 b は、ステップ S 1 0 ~ S 1 4 と同様な処理を行い、伝送部 2 4 b の異常を検知することができる。

【 0 1 3 3 】

図 9 は、本実施形態に於ける待機系起動処理を示すフローチャートである。

30

【 0 1 3 4 】

ここでは、待機系 2 1 b の S L A V E 2 2 b が起動してからパケット伝送装置 (上流) 1 0 と通信を開始するまでのフローチャートを示している。

【 0 1 3 5 】

処理が開始すると、ステップ S 2 0 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、情報格納部 3 1 b の格納データの有無を確認する。

【 0 1 3 6 】

ステップ S 2 1 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、情報格納部 3 1 b にコンフィグレーション情報が存在するか否かを確認する。待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、当該判断条件が成立したならば (Y e s)、ステップ S 2 2 の処理を行い、当該判断条件が成立しなかったならば (N o)、ステップ S 2 4 の処理を行う。

40

【 0 1 3 7 】

ステップ S 2 2 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、情報格納部 3 1 b に運用情報が存在するか否かを確認する。待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、当該判断条件が成立したならば (Y e s)、ステップ S 2 3 の処理を行い、当該判断条件が成立しなかったならば (N o)、ステップ S 2 5 の処理を行う。

【 0 1 3 8 】

ステップ S 2 3 に於いて、待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、情報格納部 3 1 b に時刻情報が存在するか否かを確認する。待機系 2 1 b の伝送部 2 4 b は、当該判断条件が成立したならば (Y e s)、ステップ S 2 7 の処理を行い、当該判断条件が成立しなかったなら

50

ば(No)、ステップS26の処理を行う。

【0139】

ステップS24に於いて、待機系21bの伝送部24bは、上位装置との間でコンフィグレーション情報の送受信を行う。

【0140】

ステップS25に於いて、待機系21bの伝送部24bは、上位装置との間で運用情報の送受信を行う。

【0141】

ステップS26に於いて、待機系21bの伝送部24bは、上位装置との間で時刻同期処理を行う。

【0142】

ステップS27に於いて、待機系21bの伝送部24bは、上位装置との間で時刻同期維持処理を行う。

【0143】

ステップS28に於いて、待機系21bの伝送部24bは、上位装置からSync Messageを受信したか否かを判断する。待機系21bの伝送部24bは、当該判断条件が成立したならば(Yes)、ステップS27の処理に戻り、当該判断条件が成立しなかったならば(No)、ステップS28の処理に戻る。

【0144】

SLAVE22bは、起動した後に、情報格納部31bに格納されているデータの有無に応じて、系切り替え時のシーケンスを省略することができる。

(本実施形態の効果)

以上説明した本実施形態では、次の(A)~(C)のような効果がある。

(A) 待機系21bは、起動時に、運用系21aの時刻情報を利用している。これにより、待機系21bは、起動時の初期値に、精度の良い時刻情報を使用することができる。

(B) パケット伝送装置(下流)20は、運用系21aから引き渡されたコンフィグレーション情報および運用情報を、待機系21bの起動時の初期値としている。これにより、パケット伝送装置(下流)20の待機系21bは、シーケンスQ61~Q63(図3)を省略して起動時間を短縮することができ、系を切り替える際に各装置が自走状態にある時間を短縮し、時刻同期精度の低下を抑制できる。

(C) 運用系21aが稼働しているとき、待機系21bは、時刻情報、コンフィグレーション情報、運用情報を保持・利用する機能ブロックのみを稼働し、その他の機能ブロックをスリープ状態にしている。これにより、待機系21bは、消費電力を抑制することができる。

(変形例)

本発明は、上記実施形態に限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、変更実施が可能であり、例えば、次の(a)~(d)のようなものがある。

(a) パケット伝送装置(下流)20の監視部25aは、PTPメッセージのタイムアウトを監視して、伝送部24aで異常が発生したと判断している。しかし、これに限られず、パケット伝送装置(下流)20の監視部25aは、SLAVE22aのハードウェア異常や、上位装置との間を接続するケーブルの異常を監視するように構成してもよい。

(b) パケット伝送装置(下流)20の伝送部24aは、待機系22bの伝送部24bに各種情報を送信し、伝送部24bは情報格納部31bに情報を格納している。しかし、これに限られず、伝送部24aは、情報格納部31bに直接アクセスして情報を格納するように構成してもよい。

(c) パケット伝送装置(上流)10は、GPS信号を受信して最上位の時刻源としている。しかし、これに限られず、パケット伝送装置(上流)10は、例えば原子時計などの他の手段によって最上位の時刻源を取得してもよく、更に外部ネットワーク100BのNTPサーバなどから最上位の時刻源を取得してもよい。

(d) パケット伝送装置(下流)20の、運用系側SLAVE22aと、待機系側MA

10

20

30

40

50

S T E R 2 3 b とが P T P パケットの送受信を行い、待機系側 S L A V E 2 2 b と、運用系側 M A S T E R 2 3 a とが、P T P パケットの送受信を行えるような機能を有してもよい。すなわち、運用系側 S L A V E 2 2 a と、待機系側 M A S T E R 2 3 b とが何らかの原因で故障した場合に、待機系側 S L A V E 2 2 b と、運用系側 M A S T E R 2 3 a とで P T P パケットの送受信を行い、下位装置に時刻を配信出来るような機能と構成にしてもよい。

(第2の実施形態の構成)

第1の実施例では、図1のシステムにおける、パケット伝送装置(下流)20を冗長構成とした場合の実施形態について説明した。しかし、下流側を冗長化し、上流側を冗長化しないという形態は、障害対策の面から一般的ではない。また、1つの上流装置に3つ以上の下流装置が接続されるような構成においては、コストの面から、上流装置を冗長化する事が考えられる。以上の点から、第2の実施形態として、図1におけるパケット伝送装置(上流)10を冗長化した場合について説明する。

【0145】

図10は、本実施形態に於けるパケット伝送装置(上流)10を示す概略の構成図である。パケット伝送装置(上流)10は、運用系10aと、待機系10bと、セレクト部18と、制御部17とを備えている。パケット伝送装置(上流)10は、GPSアンテナ11を介してGPS衛星110からGPS信号を受信すると共に、パケット伝送装置(下流)20と接続されている。

【0146】

運用系10aと待機系10bとは、同様の構成を有し、同様に接続されている。すなわち、運用系10aは、伝送部19aと、監視部15aと、情報格納部16aとを備えている。待機系10bは、同様に構成され接続されている伝送部19bと、監視部15bと、情報格納部16bとを備えている。運用系10aは、通常時にパケット送受信を行う部位である。待機系10bは、運用系10aに異常が発生した際、この運用系10aに代わってパケット送受信を行う部位である。

【0147】

ここで、運用系10aと待機系10bはネットワーク的に互いに独立した系である事を想定している。すなわち、運用系10aと待機系10bは、それぞれ異なるMACアドレスとIPアドレスを持っているとする。またパケット伝送装置(下流)20は、MASTERとなる可能性のある装置のMACアドレスとIPアドレスのリストをメモリとして保持している。これは、IEEE1588の規定であり、本実施例においては、パケット伝送装置(上流)10の運用系10aと待機系10bのMACアドレスとIPアドレスを情報として保持していることを意味している。

【0148】

伝送部19aは、GPS受信部11aと、時刻情報抽出部12aと、PTPメッセージ生成部13aと、パケット送受信部14aとを備えている。伝送部19aは、パケット伝送装置(下流)20との間でPTPメッセージを送受信する部位である。GPS受信部11aは、GPSアンテナ11から時刻源であるGPS信号を受信する部位である。GPS受信部11aは、時刻情報抽出部12aに接続されている。監視部15aは、伝送部19aを監視して、異常発生を検知する部位である。

【0149】

制御部17は、伝送部19a全体を統括して制御する部位である。制御部17は更に、監視部15aからの異常通知を受けた際に、待機系10bの伝送部19bに起動通知し、更にセレクト部18に出力切り替え信号を出力する部位である。時刻情報抽出部12aは、GPSアンテナ11から受信したGPS信号から時刻情報を抽出し、抽出した時刻情報に内部クロックを同期させる部位である。時刻情報抽出部12aは、GPS受信部11aに接続されてGPS信号を受信し、PTPメッセージ生成部13aに接続されて、抽出した時刻情報を出力する。

【0150】

10

20

30

40

50

P T Pメッセージ生成部 1 3 a は、抽出した時刻情報から、P T Pパケットを生成する部位である。P T Pメッセージ生成部 1 3 a は、時刻情報抽出部 1 2 a に接続されて時刻情報を取得し、パケット送受信部 1 4 a に接続されて、生成したP T Pパケットを送信する。パケット送受信部 1 4 a は、生成されたP T Pパケットを、セクタ部 1 8 を介して、下位装置であるパケット伝送装置(下流) 2 0 に送信する部位である。パケット送受信部 1 4 a は、P T Pメッセージ生成部 1 3 a に接続されてP T Pパケットを取得し、セクタ部 1 8 に接続されてP T Pパケットを送信する。

【 0 1 5 1 】

情報格納部 1 6 a は、伝送部 1 9 a から送信されたコンフィグレーション情報と運用情報とを格納し、格納した各情報を、情報格納部 1 6 b に送信し、情報格納部 1 6 b からの情報を受信する部位である。待機系 1 0 b は、伝送部 1 1 b と、監視部 1 5 b と、情報格納部 1 6 b とを備える。以下、待機系 1 0 b の構成および接続は、運用系 1 0 a と同様である。

10

【 0 1 5 2 】

G P S アンテナ 1 1 からのG P S 信号は二分岐され、伝送部 1 9 a のG P S 受信部 1 1 a と、伝送部 1 9 b のG P S 受信部 1 1 b とは、同一のG P S 信号を受信する。運用系 1 0 a が稼働している際には、待機系 1 0 b の伝送部 1 9 b はスリープ状態である。これにより、待機系 1 0 b は、消費電力を抑制することが出来る。

<<パケット伝送装置の動作>>

以下、パケット伝送装置(上流) 1 0 が、G P S アンテナ 1 1 から受信した時刻情報をパケット伝送装置(下流) 2 0 に送信するまでの動作について説明する。G P S 受信部 1 1 a は、G P S アンテナ 1 1 からG P S 信号を受信し、受信したG P S 信号を時刻情報に変換して、時刻情報抽出部 1 2 a に送信する。

20

【 0 1 5 3 】

時刻情報抽出部 1 2 a は、G P S 受信部 1 1 a から受信した時刻情報から必要な時刻を抽出して、P T Pメッセージ生成部 1 3 a に送信する。P T Pメッセージ生成部 1 3 a は、時刻情報抽出部 1 2 a から受信した時刻情報をもとにP T Pパケットを生成し、パケット送受信部 1 4 a に送信する。

【 0 1 5 4 】

パケット送受信部 1 4 a は、P T Pメッセージ生成部 1 3 a より受信したP T Pパケットを、セクタ部 1 8 を介してパケット伝送装置(下流) 2 0 に送信する。情報格納部 1 6 a は、コンフィグレーション情報と運用情報を、伝送部 1 9 a より受信し格納する機能と、格納したコンフィグレーション情報と運用情報とを、情報格納部 1 6 b へ送信する機能と、情報格納部 1 6 b からの情報を受信する機能とを有している。監視部 1 5 a は、伝送部 1 9 a の障害発生を検知して、制御部 1 7 に送信する。

30

【 0 1 5 5 】

次に系切り替え時の動作について説明する。運用系 1 0 a 側にて何らかの障害が発生し正常にP T Pメッセージを送受信できなくなった場合、監視部 1 5 a は、当該異常を検出し、異常発生の通知を制御部 1 7 に送信する。制御部 1 7 は、監視部 1 5 a からの異常発生の通知を受信すると、伝送部 1 9 b に起動通知信号を送信する。伝送部 1 9 b は、起動通知信号を受信すると、スリープ状態を解除し、パケット伝送装置(下流) 2 0 との時刻同期を開始する。P T Pメッセージ生成部 1 3 b は、情報格納部 1 6 b に格納されているコンフィグレーション情報と、運用情報とを利用して、パケット伝送装置(下流) 2 0 との通信を行うことにより、通信開始のためのシーケンスを一部省略し、時刻同期開始までの時間を短縮する事ができる。コンフィグレーション情報と、運用情報とについては、図 3、図 4 にて説明しているため、省略する。

40

【 0 1 5 6 】

(比較例の動作)

図 1 1 は、比較例に於ける時刻同期シーケンスを示す図である。当該図 1 1 は、図 1 および図 1 0 に示すパケット伝送装置(上流) 1 0 とパケット伝送装置(下流) 2 0 との間

50

で通信を開始し、時刻同期するシーケンスを示している。

【 0 1 5 7 】

比較例のパケット伝送装置（上流）10に於いて、運用系10aと待機系10bとが情報の送受信を行わず、待機系10bは全てスリープ状態で待機している。Signaling Message、Announce Message、Sync Message、Delay Req Message、Delay Resp Messageは、IEEE 1588において規定されているPTPパケットである。

《コンフィグレーション情報送受信シーケンス》

シーケンスQ10に於いて、パケット伝送装置（上流）10は、パケット伝送装置（下流）20のMACアドレスやドメインなどを含むコンフィグレーション情報（図3）を取得する。すなわち、パケット伝送装置（上流）10は、以下のシーケンスQ11～Q12を実施する。

10

【 0 1 5 8 】

シーケンスQ11に於いて、パケット伝送装置（下流）20は、パケット伝送装置（上流）10にSignaling Messageを送信する。シーケンスQ12に於いて、パケット伝送装置（上流）10は、パケット伝送装置（下流）20にSignaling Messageを送信する。このSignaling Messageには、MACアドレスやドメインを含むコンフィグレーション情報（図3）が格納されている。

《運用情報送受信シーケンス》

シーケンスQ20に於いて、パケット伝送装置（上流）10は、シーケンスQ22を実施する。シーケンスQ22に於いて、パケット伝送装置（上流）10は、パケット伝送装置（下流）20にAnnounce Messageを送信する。このAnnounce Messageには、GPS信号のID情報などに代表される運用情報（図4）が格納されている。

20

《時刻同期シーケンス》

シーケンスQ30に於いて、パケット伝送装置（上流）10は、パケット伝送装置（下流）20との間で時刻同期シーケンスを実行することにより、パケット伝送装置（下流）20を時刻同期させる。具体的には、以下のシーケンスQ31～Q35を実施する。シーケンスQ31に於いて、パケット伝送装置（上流）10は、パケット伝送装置（下流）20に、Sync Messageを送信する。このSync Messageは、前記した図16に示すように、時刻情報を含んだPTPパケットである。

【 0 1 5 9 】

30

シーケンスQ32に於いて、パケット伝送装置（上流）10は、パケット伝送装置（下流）20に、Announce Messageを送信する。シーケンスQ33に於いて、パケット伝送装置（上流）10は、パケット伝送装置（下流）20に、Sync Messageを送信する。

【 0 1 6 0 】

シーケンスQ34に於いて、パケット伝送装置（下流）20は、パケット伝送装置（上流）10に、Delay Req Messageを送信する。シーケンスQ35に於いて、パケット伝送装置（上流）10は、パケット伝送装置（下流）20に、Delay Resp Messageを送信する。このDelay Resp Messageは、装置間の伝送路遅延を補正するために送受信されるPTPパケットである。

《スリープモード維持》

40

シーケンスQ100に於いて、パケット伝送装置（上流）10の制御部17は、待機系10bにスリープモードの維持を通知する。このスリープモードの維持は、例えば時刻同期のシーケンスQ30を実施したのちに通知される。しかし、これに限られず、制御部17は、後記する時刻同期維持のシーケンスQ30Aを実施したのちに、定期的に通知してもよい。これにより、パケット伝送装置（上流）10は、消費電力を抑制することができる。

《時刻同期維持シーケンス》

シーケンスQ30Aに於いて、パケット伝送装置（上流）10は、パケット伝送装置（下流）20との間で時刻同期維持シーケンスを実行することにより、パケット伝送装置（下流）20の時刻同期精度を維持させる。すなわち、シーケンスQ30A以降に、パケッ

50

ト伝送装置（上流）10は、前記したシーケンスQ31～Q35と同様の処理を、PTPメッセージの送信間隔ごとに実施する。これにより、パケット伝送装置（下流）20は、上位装置であるパケット伝送装置（上流）10との時刻同期を維持することができる。

《障害発生時の処理》

シーケンスQ101に於いて、運用系10aで障害が発生した場合を考える。このとき、待機系10bの起動処理（Q102～Q104）と系切替処理（Q105～Q108）とが行われる。

【0161】

シーケンスQ102に於いて、制御部17は、待機系10bに、起動を通知する。シーケンスQ104に於いて、待機系10bは起動処理を行う。シーケンスQ103に於いて、制御部17は、運用系10aに休止を通知する。休止通知を受けた運用系10aは、スリープモードに遷移する。これにより、パケット伝送装置（上流）10は、消費電力を抑制することができる。

10

【0162】

前述した通り、運用系10aと待機系10bは互いに独立した系であり、異なるMACアドレスとIPアドレスを持っている。系切替時、待機系10bはパケット伝送装置（下流）20のMACアドレスとIPアドレスの情報を持っていないため、パケット伝送装置（下流）20とPTPパケットの送受信を開始する前に、パケット伝送装置（下流）20のMACアドレスとIPアドレスを取得する必要がある。そのため、シーケンスQ105に於いて、待機系10bおよびパケット伝送装置（下流）20は、コンフィグレーション情報送受信を行う。具体的には、図3の項番1～3の情報等が該当する。当該シーケンスQ105は、シーケンスQ10の処理と同様である。これにより待機系10bは、パケット伝送装置（下流）20をSLAVE装置として認識する事が可能となる。

20

【0163】

また、コンフィグレーション情報には、図3の項番12に示すようにPTPパケットの送信レート情報も含まれているが、送信レートはSLAVE側が決定権を持っている。本実施例であれば、パケット伝送装置（下流）20が、待機系10bへ送信レート情報を送信し、装置間のPTPパケットの送信レートが決定される。

【0164】

次にシーケンスQ106に於いて、待機系10bおよびパケット伝送装置（下流）20は、運用情報送受信を行う。ここで運用情報とは、図4にて説明した情報群である。運用情報には、グランドマスタクロック（本実施例においてはGPS信号）のID（図4の項番11）や優先順位（図4の項番13、14）等の情報が含まれている。図11のシーケンスでは不図示であるが、パケット伝送装置（上流）10の待機系10bはまずGPS信号からID等を取得し、その後、運用情報をパケット伝送装置（下流）20へ送信する。当該シーケンスQ106は、シーケンスQ20の処理と同様である。

30

【0165】

シーケンスQ107に於いて、待機系10bおよびパケット伝送装置（下流）20は、時刻同期処理を行う。当該シーケンスQ107は、シーケンスQ30の処理と同様である。シーケンスQ108に於いて、待機系10bおよびパケット伝送装置（下流）20は、時刻同期維持処理を行う。当該シーケンスQ108は、シーケンスQ30Aの処理と同様である。

40

【0166】

シーケンスQ105～Q107の処理により、待機系10bは、パケット伝送装置（下流）20と時刻同期して系を切り替える。しかし、シーケンスQ105～Q107を実行している際、パケット伝送装置（下流）20は、時刻同期維持シーケンスを実行することができない。更に、パケット伝送装置（下流）20と下位装置とは、時刻同期維持シーケンスを実行することができない。パケット伝送装置（下流）20と下位装置とは、自走状態となり、時刻同期精度が悪化する虞があった。

（本実施形態の動作）

50

図 1 2 は、本実施形態に於ける時刻同期シーケンスを示す図である。図 1 1 に示す比較例の時刻同期シーケンスと同一の要素には同一の符号を付与している。この時刻同期シーケンスは、比較例（図 1 1）と同様に、パケット伝送装置（上流）1 0 とパケット伝送装置（下流）2 0 との間で、通信を開始して時刻同期するシーケンスを示している。本実施形態のパケット伝送装置（上流）1 0 に於いて、比較例と同様に、運用系 1 0 a と待機系 1 0 b とが情報の送受信を行わず、待機系 1 0 b は全てスリープ状態で待機している。

《コンフィグレーション情報送受信シーケンス》

シーケンス Q 1 0 C に於いて、パケット伝送装置（上流）1 0 は、パケット伝送装置（下流）2 0 の M A C アドレスやドメインなどを含むコンフィグレーション情報（図 3）を取得する。すなわち、パケット伝送装置（上流）1 0 は、以下のシーケンス Q 1 1、Q 1 2、Q 1 6 ~ Q 1 8 を実施する。シーケンス Q 1 1、Q 1 2 の処理は、比較例のシーケンス Q 1 1、Q 1 2 の処理と同様である。シーケンス Q 1 6 に於いて、運用系 1 0 a は、取得したコンフィグレーション情報を、情報格納部 1 6 a に格納する。シーケンス Q 1 7 に於いて、運用系 1 0 a は、取得したコンフィグレーション情報を、待機系 1 0 b に送信する。シーケンス Q 1 8 に於いて、待機系 1 0 b は、受信したコンフィグレーション情報を、情報格納部 1 6 b に格納する。

《運用情報送受信シーケンス》

シーケンス Q 2 0 C に於いて、パケット伝送装置（下流）2 0 は、パケット伝送装置（上流）1 0 が保持している G P S 信号の I D 情報などの運用情報を取得する。すなわち、パケット伝送装置（上流）1 0 は、以下のシーケンス Q 2 2、Q 2 6 ~ Q 2 8 を実施する。シーケンス Q 2 2 の処理は、比較例のシーケンス Q 2 2 の処理と同様である。

【 0 1 6 7 】

シーケンス Q 2 6 に於いて、運用系 1 0 a は、パケット伝送装置（下流）2 0 へ送信した運用情報（図 4）を、情報格納部 1 6 a に格納する。シーケンス Q 2 7 に於いて、運用系 1 0 a は、格納した運用情報（図 4）を、待機系 1 0 b に送信する。シーケンス Q 2 8 に於いて、待機系 1 0 b は、受信した運用情報（図 4）を、情報格納部 1 6 b に格納する。

《時刻同期シーケンス》

シーケンス Q 3 0 D に於いて、パケット伝送装置（上流）1 0 は、パケット伝送装置（下流）2 0 との間で時刻同期シーケンスを実行することにより、パケット伝送装置（下流）2 0 を時刻同期させる。具体的には、以下のシーケンス Q 3 1 ~ Q 3 5、Q 3 9 を実施する。シーケンス Q 3 1 ~ Q 3 5 の処理は、比較例のシーケンス Q 3 1 ~ Q 3 5 の処理と同様である。シーケンス Q 3 9 に於いて、運用系 1 0 a は、情報格納部 1 6 a に格納しているコンフィグレーション情報と、運用情報とを待機系 1 0 b へ再び送信する。待機系 1 0 b は、情報格納部 1 6 b のデータを新たに受信した各情報に更新する。

《スリープモード維持》

シーケンス Q 1 1 0 に於いて、制御部 1 7 は、待機系 1 0 b に、スリープモードの維持を通知する。これにより、待機系 1 0 b は、伝送部 1 9 b の動作を停止させ、各種情報を情報格納部 1 6 b に格納する機能のみを動作させる。

これにより、パケット伝送装置（上流）1 0 は、消費電力を抑制することができる。

《時刻同期維持シーケンス》

シーケンス Q 3 0 E に於いて、パケット伝送装置（上流）1 0 は、パケット伝送装置（下流）2 0 との間で時刻同期維持シーケンスを実行することにより、パケット伝送装置（下流）2 0 の時刻同期精度を維持させる。すなわち、パケット伝送装置（上流）1 0 は、前記したシーケンス Q 3 1 ~ Q 3 5、Q 3 9 と同様の処理を行う。パケット伝送装置（上流）1 0 は、シーケンス Q 3 0 E の処理を、P T P メッセージの送信間隔ごと実施する。

《障害発生時の処理》

本実施形態のシーケンス Q 1 1 1 ~ Q 1 1 4 の処理は、比較例のシーケンス Q 1 0 1 ~ Q 1 0 4 の処理と同様である。シーケンス Q 1 1 4 に於いて、待機系 1 0 b は、起動処理

10

20

30

40

50

を行う。この起動処理に於いて、待機系 10 b は、情報格納部 16 b に格納したコンフィグレーション情報、運用情報を利用する。具体的にはシーケンス Q 105 (図 11) を、格納済のコンフィグレーション情報を利用することで省略し、シーケンス Q 106 (図 11) を、格納済の運用情報を利用することにより省略する。

【 0168 】

シーケンス Q 108 B に於いて、待機系 10 b および、パケット伝送装置 (下流) 20 は、時刻同期維持処理を行う。当該シーケンス Q 108 B は、シーケンス Q 30 E の処理と同様である。待機系 10 b は、比較例のシーケンス Q 105、Q 106 の処理を省略して、シーケンス Q 108 B の処理を行うことにより、待機系 10 b 自身が自走状態となる時間を短縮することが可能となり、時刻同期精度の悪化を抑制できる。

10

【 0169 】

ただし、シーケンス Q 105、Q 106 を省略する事により、パケット伝送装置 (下流) 20 側はパケット伝送装置 (上流) 10 の運用系と待機系が切り替わった事を認識出来ない。そこで、シーケンス Q 108 B の時刻同期維持シーケンスにて待機系 10 b からパケット伝送装置 (下流) 20 に送信される Sync Message に、系切替の通知信号を含める事とする。パケット伝送装置 (下流) 20 は、系切替の通知信号を受信すると、系切替の通知信号の送信元 MAC アドレス及び IP アドレスと、メモリにある MAC アドレス及び IP アドレス一覧リストとを照合し、一致した場合は、PTP パケットの送受信を開始する。なお、このアドレスの一覧リストとは、下流側のパケット伝送装置 20 があらかじめ保持している情報であり、自装置に時刻情報を配信しうる複数の上流側パケット伝送装置の待機系や運用系の MAC アドレスと IP アドレスのリストである。

20

【 0170 】

図 13 は、本実施形態に於ける待機系起動シーケンスを示す図である。シーケンス Q 70 A ~ Q 80 A の処理は、前記する図 12 のシーケンス Q 111 ~ Q 114、Q 108 B の処理に対応している。シーケンス Q 70 A に於いて、運用系 10 a の監視部 15 a は、伝送部 19 a の異常を検出する。具体的な異常検出方法は、後記する図 14 で説明する。

【 0171 】

シーケンス Q 71 A に於いて、運用系 10 a の監視部 15 a は、制御部 17 に異常通知を行う。シーケンス Q 72 A に於いて、制御部 17 は、待機系 10 b の伝送部 19 b に、起動通知を行う。この処理は、シーケンス Q 112 (図 12) の処理と同様である。シーケンス Q 73 A に於いて、制御部 17 は、伝送部 19 a に、休止通知を行う。この処理は、シーケンス Q 113 (図 12) の処理と同様である。これにより、伝送部 19 a は、休止状態に遷移するので、消費電力を抑制することができる。

30

【 0172 】

シーケンス Q 74 A に於いて、伝送部 19 b は、起動処理を行う。シーケンス Q 77 A に於いて、待機系 10 b の伝送部 19 b は、情報格納部 16 b から、コンフィグレーション情報を取得する。シーケンス Q 78 A に於いて、待機系 10 b の伝送部 19 b は、情報格納部 16 b から、運用情報を取得する。このシーケンス Q 74 A、Q 77 A、Q 78 A の処理は、シーケンス Q 114 (図 12) の処理と同様である。

【 0173 】

シーケンス Q 80 A に於いて、待機系 10 b の伝送部 19 b は、下位装置であるパケット伝送装置 (下流) 20 (図 10) との間で、時刻同期維持シーケンスを実行する。この処理は、シーケンス Q 108 B (図 12) の処理と同様である。

40

【 0174 】

図 14 は、本実施形態に於ける監視処理を示すフローチャートである。運用系 10 a の監視部 15 a が、当該監視処理を行う。ステップ S 10 A に於いて、監視部 15 a は、GPS 受信部 11 a にて GPS 信号を受信したか否かを判断する。監視部 15 a は、当該判断条件が成立したならば (Yes)、ステップ S 11 A の処理を行い、当該判断条件が成立しなかったならば (No)、ステップ S 13 A の処理を行う。

【 0175 】

50

ステップS 1 1 Aに於いて、監視部 1 5 aは、時刻情報抽出部 1 2 aにて時刻情報が抽出されたか否かを判断する。監視部 1 5 aは、当該判断条件が成立したならば(Yes)、ステップS 1 2 Aの処理を行い、当該判断条件が成立しなかったならば(No)、ステップS 1 3 Aの処理を行う。

【0176】

ステップS 1 2 Aに於いて、監視部 1 5 aは、パケット送受信部 1 4 aからPTPパケットが送信されたか否かを判断する。監視部 1 5 aは、当該判断条件が成立したならば(Yes)、ステップS 1 0 Aの処理に戻り、当該判断条件が成立しなかったならば(No)、ステップS 1 3 Aの処理を行う。ステップS 1 3 Aに於いて、監視部 1 5 aは、制御部 1 7に異常通知を行い、図 1 4の処理を終了する。

10

【0177】

運用系 1 0 aの監視部 1 5 aは、ステップS 1 0 A～S 1 3 Aの処理によって、伝送部 1 9 aの異常を検知することができる。待機系 1 0 bの監視部 1 5 bは、ステップS 1 0 A～S 1 3 Aと同様な処理を行い、伝送部 1 9 bの異常を検知することができる。

【0178】

図 1 5は、本実施形態に於ける待機系起動処理を示すフローチャートである。ここでは、待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bが起動してからパケット伝送装置(下流) 2 0と通信を開始するまでのフローチャートを示している。

【0179】

処理が開始すると、ステップS 2 0 Aに於いて、待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bは、情報格納部 1 6 bの格納データの有無を確認する。ステップS 2 1 Aに於いて、待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bは、情報格納部 1 6 bにコンフィグレーション情報が存在するか否かを確認する。待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bは、当該判断条件が成立したならば(Yes)、ステップS 2 2 Aの処理を行い、当該判断条件が成立しなかったならば(No)、ステップS 2 4 Aの処理を行う。

20

【0180】

ステップS 2 2 Aに於いて、待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bは、情報格納部 1 6 bに運用情報が存在するか否かを確認する。待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bは、当該判断条件が成立したならば(Yes)、ステップS 2 7 Aの処理を行い、当該判断条件が成立しなかったならば(No)、ステップS 2 5 Aの処理を行う。

30

【0181】

ステップS 2 4 Aに於いて、待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bは、上位装置との間でコンフィグレーション情報の送受信を行う。ステップS 2 5 Aに於いて、待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bは、上位装置との間で運用情報の送受信を行う。ステップS 2 7 Aに於いて、待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bは、下位装置との間で時刻同期維持処理を行う。

【0182】

ステップS 2 8 Aに於いて、待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bは、下位装置からDelay_Req Messageを受信したか否かを判断する。待機系 1 0 bの伝送部 1 9 bは、当該判断条件が成立したならば(Yes)、ステップS 2 7 Aの処理に戻り、当該判断条件が成立しなかったならば(No)、ステップS 2 8 Aの処理に戻る。伝送部 1 9 bは、起動した後に、情報格納部 1 6 bに格納されているデータの有無に応じて、系切り替え時のシーケンスを省略することができる。

40

(本実施形態の効果)

以上説明した本実施形態では、次の(D)、(E)のような効果がある。

(D) パケット伝送装置(上流) 1 0は、運用系 1 0 aから引き渡されたコンフィグレーション情報および運用情報を、待機系 1 0 bの起動時の初期値としている。これにより、パケット伝送装置(上流) 1 0の待機系 1 0 bは、シーケンスQ 1 0 5、Q 1 0 6(図 1 1)を省略して起動時間を短縮することができ、系を切り替える際に各装置が自走状態にある時間を短縮し、時刻同期精度の低下を抑制できる。

(E) 運用系 1 0 aが稼働しているとき、待機系 1 0 bは、コンフィグレーション情報

50

、運用情報を保持・利用する機能ブロックのみを稼働し、その他の機能ブロックをスリープ状態にしている。これにより、待機系 2 1 b は、消費電力を抑制することができる。

【符号の説明】

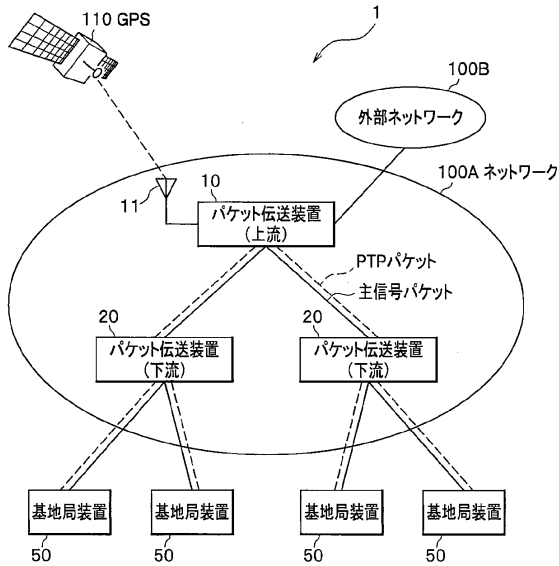
【 0 1 8 3 】

1 0	パケット伝送装置（上流）	（上位装置）	
2 0	パケット伝送装置（下流）	（時刻情報伝送装置）	
1 1	GPSアンテナ		
1 0 a	パケット伝送装置（上流）の運用系		
1 0 b	パケット伝送装置（上流）の待機系		
2 1 a	運用系		10
2 1 b	待機系		
2 2 a , 2 2 b	S L A V E		
2 3 a , 2 3 b	M A S T E R		
2 4 a	伝送部	（運用系伝送部）	
2 4 b	伝送部	（待機系伝送部）	
2 5 a	監視部	（運用系監視部）	
2 5 b	監視部	（待機系監視部）	
2 6 a	制御部	（運用系制御部）	
2 6 b	制御部	（待機系制御部）	
2 7 a	パケット送受信部		20
2 7 b	パケット送受信部		
2 8 a	時刻情報抽出部		
2 8 b	時刻情報抽出部		
2 9 a	PTPメッセージ生成部		
2 9 b	PTPメッセージ生成部		
3 0 a	パケット送受信部	（運用系パケット送受信部）	
3 0 b	パケット送受信部	（待機系パケット送受信部）	
3 1 a	情報格納部	（運用系情報格納部）	
3 1 b	情報格納部	（待機系情報格納部）	
3 2	セレクタ部		30
4 0	L 2 S W		
5 0	基地局装置（下位装置）		
1 0 0 A	ネットワーク		
1 0 0 B	外部ネットワーク		
1 1 0	GPS衛星		

【図1】

【図1】

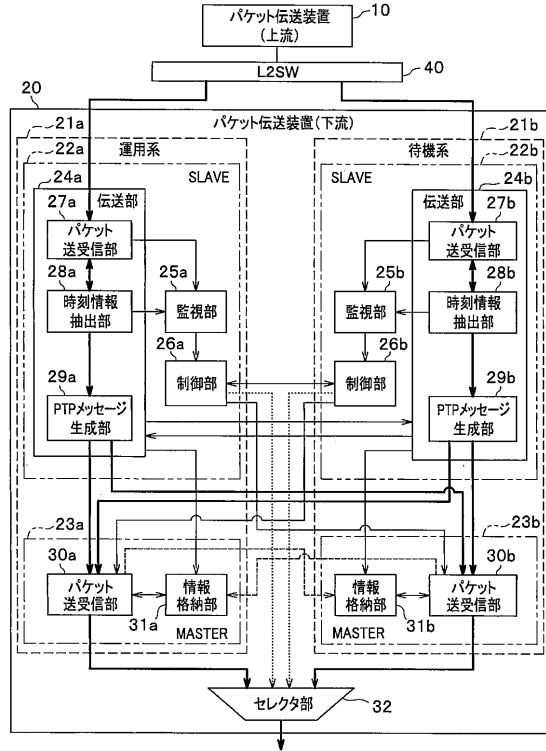
本実施形態に於ける冗長化時刻同期システム



【図2】

【図2】

本実施形態に於けるパケット伝送装置の構成



【図3】

【図3】

コンフィグレーション情報一覧

項番	data set 名	内容
1	MAC-DA	送信先MACアドレス
2	MAC-SA	送信元MACアドレス
3	IPv4 Header	IPパケットのヘッダ情報
4	defaultDS.priority1	装置の時刻情報の優先順位
5	defaultDS.priority2	装置の時刻情報の優先順位
6	defaultDS.domainNumber	装置のドメイン情報
7	defaultDS.slaveOnly	スレブ固定で動作するかの識別
8	portDS.logAnnounceInterval	Announce Messageの送信間隔
9	portDS.announceReceiptTimeout	遅延補正メッセージの送信間隔
10	portDS.logSyncInterval	マルチキャスト通信時に使用
11	portDS.delayMechanism	遅延計算方式情報
12	portDS.logMinPdelayReqInterval	遅延補正メッセージの送信間隔
13	portDS.versionNumber	PTPのバージョン情報

【図4】

【図4】

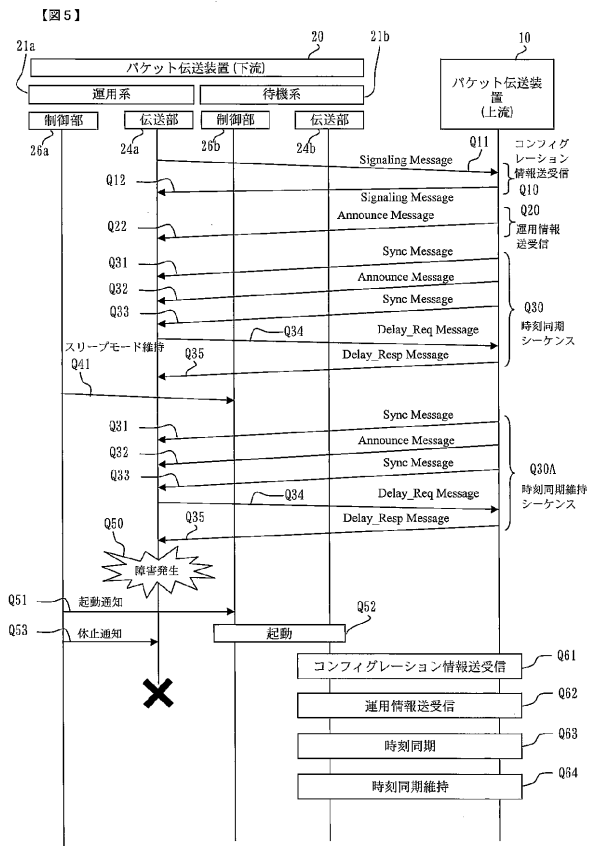
運用情報一覧

項番	data set 名	内容
1	defaultDS.clockQuality.clockClass	装置が保持している時刻情報の信頼性
2	defaultDS.clockQuality.ClockAccuracy	装置が保持する時刻情報の精度
3	defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance	スレブの時刻の分散値
4	currentDS.stepsRemoved	グランドマスタクロックと装置との回線数
5	currentDS.offsetFromMaster	マスタスレブ間の時刻の差
6	currentDS.meanPathDelay	装置間の平均伝搬時間
7	parentDS.parentPortIdentity	マスタ側のポートIDの情報
8	parentDS.parentStats	装置の持つマスタとの接続状況
9	parentDS.observedParentOffsetScaledLogVariance	スレブが測定したマスタ時刻の分散値
10	parentDS.observedParentClockPhaseChangeRate	マスタ側時刻の位相変動値
11	parentDS.grandmasterIdentity	グランドマスタクロックのID情報
12	parentDS.grandmasterClockQuality	グランドマスタクロックの精度情報
13	parentDS.grandmasterPriority1	グランドマスタクロックの優先順位
14	parentDS.grandmasterPriority2	グランドマスタクロックの優先順位
15	timePropertiesDS.currentUtcOffset	TAI(※1)とUTC(※2)のオフセット値
16	timePropertiesDS.currentUtcOffsetValid	15の値の信頼性の情報
17	timePropertiesDS.leap59	閏秒に対する補正值
18	timePropertiesDS.leap61	閏秒に対する補正值
19	timePropertiesDS.timeTraceable	15の値のタイムスケールの値
20	timePropertiesDS.frequencyTraceable	周波数の初期発信源の信頼性
21	timePropertiesDS.ptpTimescale	グランドマスタクロックのタイムスケール
22	timePropertiesDS.timeSource	グランドマスタクロックのタイムソース
23	portDS.portState	プロトコルエンジンの現状態の情報
24	portDS.logMinDelayReqInterval	遅延補正メッセージの送信間隔を規定
25	portDS.peerMeanPathDelay	伝播遅延の推定値

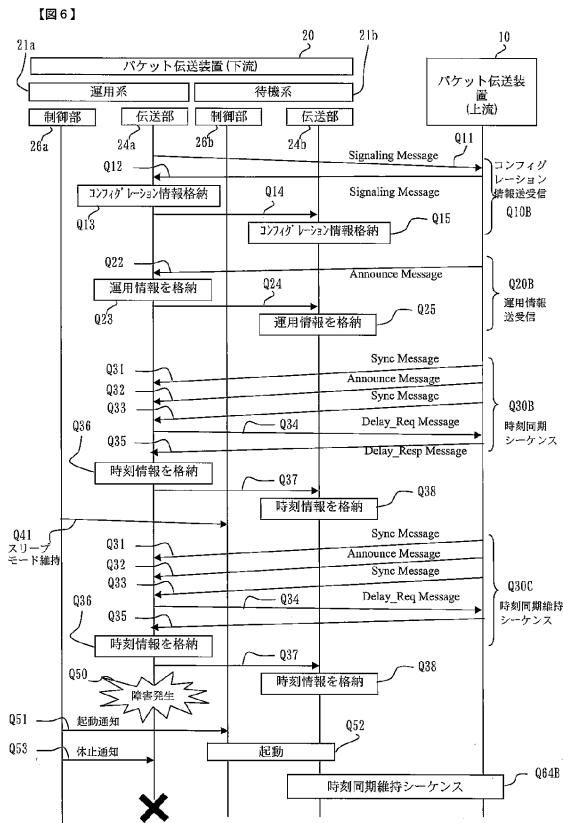
※1:TAI(Temps Atomique International):国際原子時

※2:UTC(Universal Time, Coordinated):協定世界時

【図5】



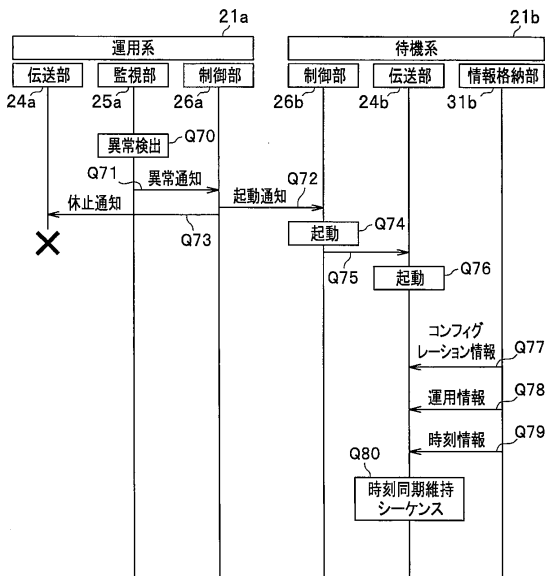
【図6】



【図7】

【図7】

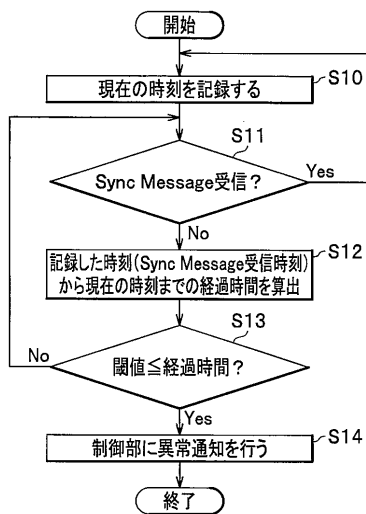
本実施形態に於ける待機系起動シーケンス



【図8】

【図8】

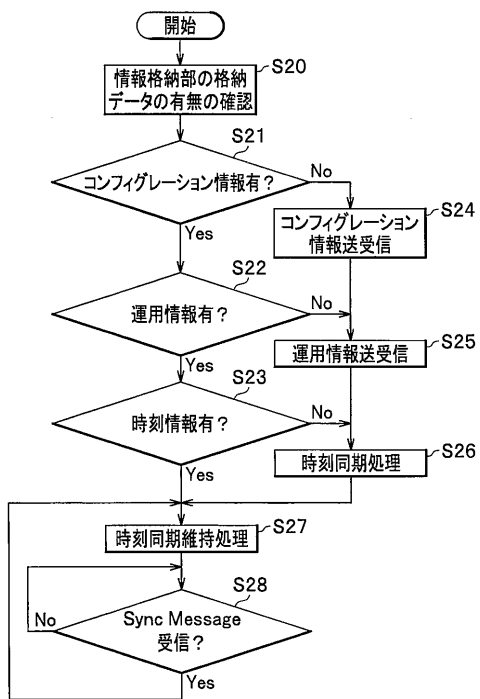
本実施形態に於ける監視処理



【図9】

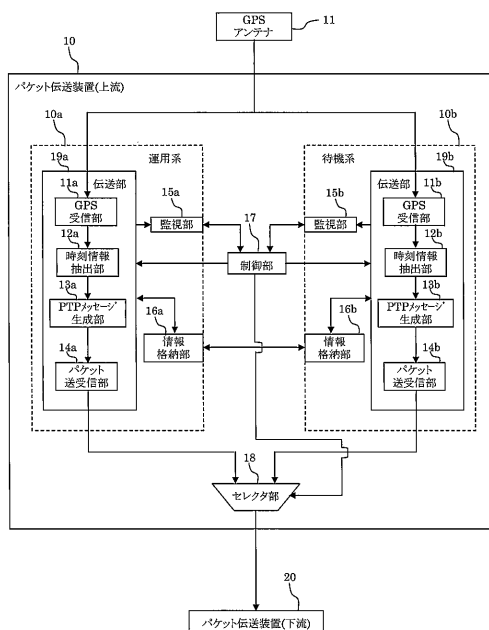
【図9】

本実施形態に於ける待機系起動処理



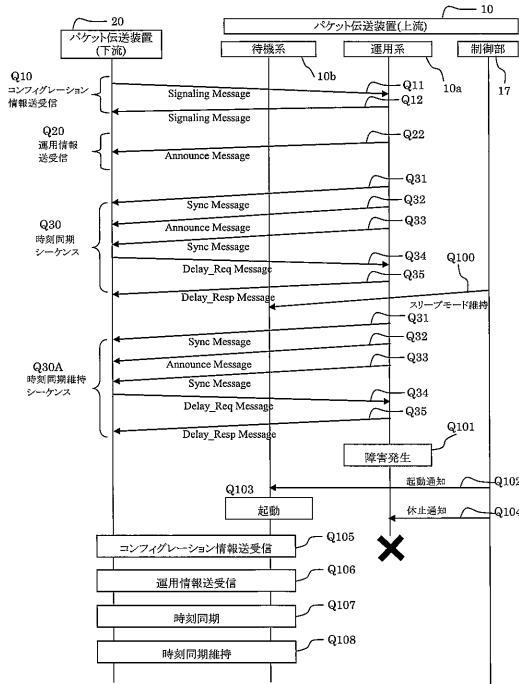
【図10】

図10 実施形態2に於けるパケット伝送装置の構成



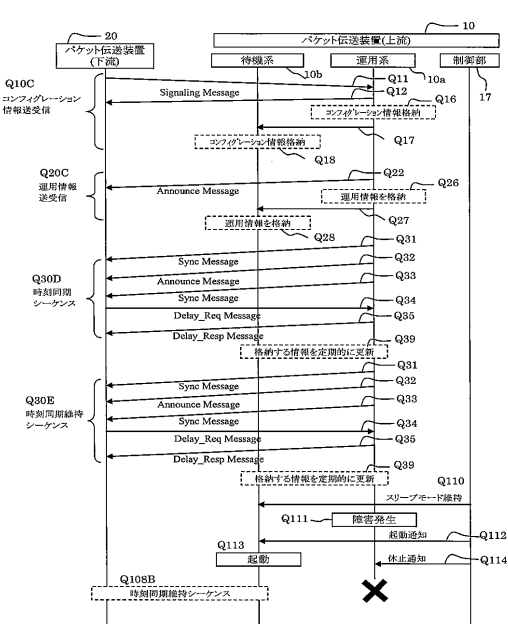
【図11】

図11 第2の実施形態の比較例に於ける時刻同期シーケンス

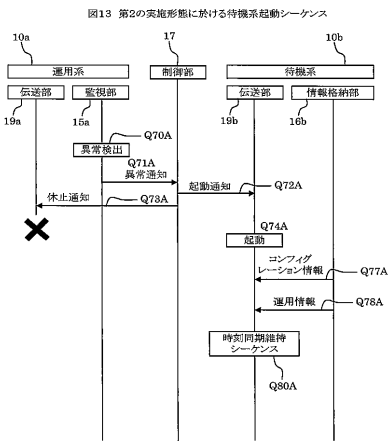


【図12】

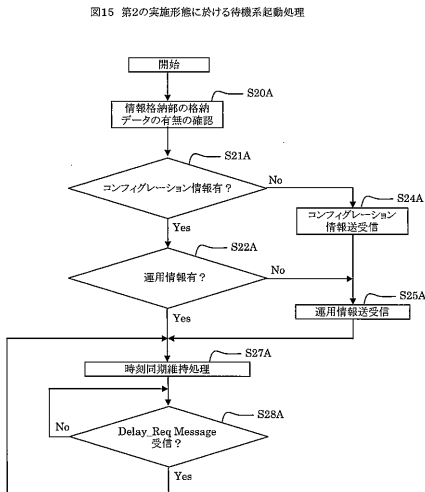
図12 第2の実施形態に於ける時刻同期シーケンス



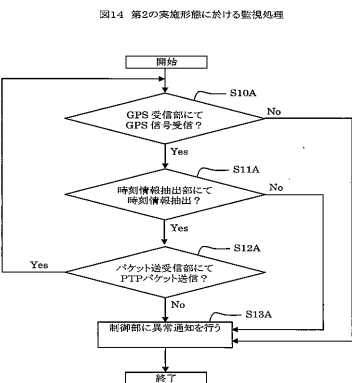
【図13】



【図15】

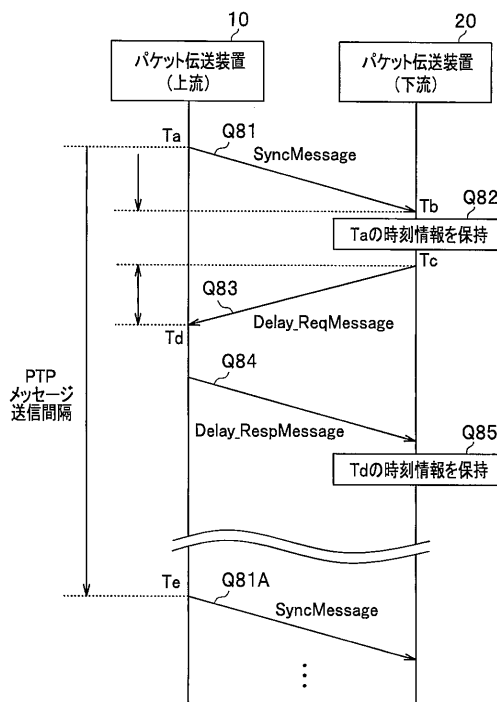


【図14】



【図17】

IEEE1588に於ける時刻遅延補正



【図16】

IEEE1588のSync Messageの構成

	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
1	MAC-DA																															
5	MAC-SA																															
9	Type																															
13	IPv4 Header																															
33	UDP Header																															
37	Transport Specific				Message Type				reserved				Version PTP																			
41	messageLength								domainNumber				reserved																			
45	flagField																															
49	correctionField																															
53	reserved																															
57	reserved																															
61	reserved																															
65	sourcePortIdentity																															
69	sequenceId				controlField				logMessageInterval																							
73	originTimestamp																															
77	originTimestamp																															
81	originTimestamp																															
85	originTimestamp																															
89	Padding																															
...	Padding																															
n	Frame check sequence																															

フロントページの続き

- (72)発明者 梅松 一頼
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6 番地 株式会社日立製作所 通信ネットワーク事業部内
- (72)発明者 紺野 聡史
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6 番地 株式会社日立製作所 通信ネットワーク事業部内
- (72)発明者 糸川 直樹
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町2 1 6 番地 株式会社日立製作所 通信ネットワーク事業部内

審査官 森谷 哲朗

- (56)参考文献 特開2003 - 345773 (JP, A)
特開平09 - 162782 (JP, A)
国際公開第2010 / 130123 (WO, A1)
特開2003 - 084861 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 7 / 00
H04L 12 / 70
H04L 29 / 14