

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2010 年 9 月 16 日(16.09.2010)



(10) 国際公開番号
WO 2010/104153 A1

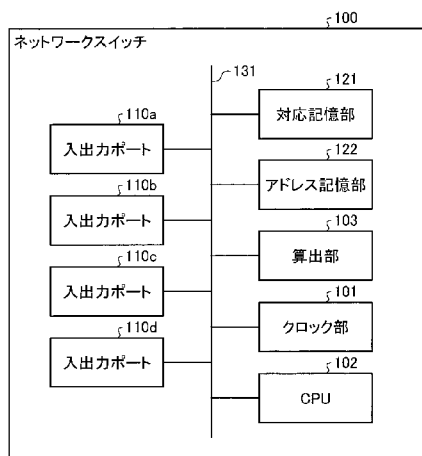
- (51) 国際特許分類:
H04L 12/44 (2006.01) H04L 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/054129
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 11 日(11.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-058402 2009 年 3 月 11 日(11.03.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社東芝(Kabushiki Kaisha Toshiba) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 谷内 謙一(TANIUCHI, Kenichi) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 田中 信吾(TANAKA, Shingo) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 正畑 康郎(SHOBATAKE, Yasuro) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明, 外(SAKAI, Hiroaki et al.); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: RELAY APPARATUS WHICH RELAYS MESSAGES, AND PROGRAM OF SAME

(54) 発明の名称: メッセージを中継する中継装置およびプログラム

[図2]



100 network switch
110a i/o port
110b i/o port
110c i/o port
110d i/o port
121 correspondence storage unit
122 address storage unit
103 calculation unit
101 clock unit

(57) Abstract: A relay apparatus provided with: an I/O port (110a) provided with a reception unit which receives a first synchronization message from a first communication apparatus, said first synchronization message addressed to a second communication apparatus and including the time of transmission; a calculation unit (103) which calculates a holding time until transmission of the first synchronization message to the second communication apparatus; a transmission control unit inside the I/O port (110a) which transmits the first synchronization message to the second communication apparatus after the holding time has passed since receipt of the first synchronization message; I/O ports (110b to d) which are each provided with a reception unit which receives a second synchronization message from the second communication apparatus, said second synchronization message transmitted addressed to the first communication apparatus in response to the first synchronization message and including the time of transmission; and a transmission control unit inside each of the I/O ports (110b to d) which transmits the second synchronization message to the first communication apparatus after the holding time which had been calculated with respect to the corresponding first synchronization message has passed since receipt of the second synchronization message.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

第 2 通信装置を宛先とし、送信時刻を含む第 1 同期メッセージを第 1 通信装置から受信する受信部を備えた入出力ポート 110 a と、第 1 同期メッセージを第 2 通信装置に送信するまでの滞留時間を算出する算出部 103 と、第 1 同期メッセージを受信してから滞留時間が経過した後に第 1 同期メッセージを第 2 通信装置に送信する入出力ポート 110 a 内の送信制御部と、第 1 同期メッセージに応じて第 1 通信装置を宛先として送信され、送信時刻を含む第 2 同期メッセージを第 2 通信装置から受信する受信部を備えた入出力ポート 110 b ~ d と、第 2 同期メッセージを受信してから、対応する第 1 同期メッセージに対して算出された滞留時間が経過した後に第 2 同期メッセージを第 1 通信装置に送信する入出力ポート 110 b ~ d 内の送信制御部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：メッセージを中継する中継装置およびプログラム 技術分野

[0001] 本発明は、メッセージを中継する中継装置およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] I E E E 1 5 8 8（非特許文献１）では、高精度な時刻同期を行うためのプロトコルであるP T P (Precision Time Protocol)が定義されている。P T Pでは、マスターノードとスレーブノードの時刻を同期するために、スレーブノードは、マスターノードから定期的送信されるS y n cメッセージの送信時刻および受信時刻と、スレーブノードからマスターノードに送信するD e l l a y _ R e qメッセージの送信時刻および受信時刻とから、マスターノードに対する時刻のずれを求める。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：IEEE Std 1588, “IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems”

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、I E E E 1 5 8 8では、マスターノードからスレーブノードにメッセージを送信する場合と、スレーブノードからマスターノードにメッセージを送信する場合とで、伝送遅延が等しいと仮定している。このため、実際には両者の伝送遅延が等しくない場合は、時刻の計算時に誤差が生じ、時刻同期精度が下がるという問題があった。例えば、マスターノードとスレーブノードとの間にネットワークスイッチ等の別のノードが存在し、当該ノードがメッセージを中継している場合は、ノード内のキューイング遅延等が生じるため、伝送遅延が等しくならない場合がある。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、メッセージを中継する通信装置間の時刻同期を高精度に実行可能とする装置およびプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、第1通信装置と第2通信装置との間で送受信されるメッセージを中継する中継装置であって、前記第2通信装置を宛先とし、送信時刻を含む第1同期メッセージを前記第1通信装置から受信する第1受信部と、前記第1同期メッセージを前記第2通信装置に送信するまでに滞留する時間の予測値である第1滞留時間を算出する算出部と、前記第1同期メッセージを受信してから前記第1滞留時間が経過した後に前記第1同期メッセージを前記第2通信装置に送信する第1送信制御部と、前記第1同期メッセージに応じて前記第1通信装置を宛先として送信され、送信時刻を含む第2同期メッセージを前記第2通信装置から受信する第2受信部と、前記第2同期メッセージを受信してから、対応する前記第1同期メッセージに対して算出された前記第1滞留時間が経過した後に前記第2同期メッセージを前記第1通信装置に送信する第2送信制御部と、を備えることを特徴とする。

[0007] また、本発明は、第1通信装置と第2通信装置との間で送受信されるメッセージを中継する中継装置であって、前記第2通信装置を宛先とし、送信時刻を含む第1同期メッセージを前記第1通信装置から受信する第1受信部と、前記第1同期メッセージを前記第2通信装置に送信するまでに滞留する時間の予測値である第1滞留時間を算出する第1算出部と、算出された前記第1滞留時間を前記第1同期メッセージに付加し、前記第1同期メッセージを受信してから前記第1滞留時間が経過した後に、前記第1滞留時間を付加した前記第1同期メッセージを前記第2通信装置に送信する第1送信制御部と、前記第1同期メッセージに応じて前記第1通信装置を宛先として送信され、送信時刻を含む第2同期メッセージを前記第2通信装置から受信する第2受信部と、前記第2同期メッセージを前記第1通信装置に送信するまでに滞

留する時間の予測値である第2滞留時間を算出する第2算出部と、算出された前記第2滞留時間を前記第2同期メッセージに付加し、前記第2同期メッセージを受信してから前記第2滞留時間が経過した後に、前記第2滞留時間を付加した前記第2同期メッセージを前記第1通信装置に送信する第2送信制御部と、を備えることを特徴とする。

[0008] また、本発明は、第1通信装置と第2通信装置との間で送受信されるメッセージを中継する中継装置であって、F I F O (F i r s t I n F i r s t O u t) 方式でn個 (n は2以上の整数) のメッセージを記憶可能な記憶部と、前記記憶部からF I F O方式でメッセージを取得し、取得したメッセージで指定された宛先に、取得したメッセージを送信する送信制御部と、前記第2通信装置を宛先とし、送信時刻を含む第1同期メッセージを前記第1通信装置から受信する第1受信部と、前記第1同期メッセージに応じて前記第1通信装置を宛先として送信され、送信時刻を含む第2同期メッセージを前記第2通信装置から受信する第2受信部と、前記第1同期メッセージおよび前記第2同期メッセージを、前記記憶部のF I F O方式でn番目に出力される位置に保存する保存部と、を備えることを特徴とする。

[0009] また、本発明は、第1通信装置と第2通信装置との間で送受信されるメッセージを中継する中継装置であって、前記第2通信装置を宛先とするメッセージを前記第1通信装置から受信する第1受信部と、受信されたメッセージが、送信時刻を含む第1同期メッセージであるか否かを判定する第1メッセージ判定部と、前記第1同期メッセージであると判定されたメッセージを記憶する第1記憶部と、前記第1同期メッセージでないと判定されたメッセージを記憶する第2記憶部と、前記第1記憶部に記憶されたメッセージを、前記第2記憶部に記憶されたメッセージより優先して前記第2通信装置に送信する第1送信制御部と、前記第1通信装置を宛先とするメッセージを前記第2通信装置から受信する第2受信部と、受信されたメッセージが、前記第1同期メッセージに応じて送信され、送信時刻を含む第2同期メッセージであるか否かを判定する第2メッセージ判定部と、前記第2同期メッセージであ

ると判定されたメッセージを記憶する第3記憶部と、前記第2同期メッセージでないと判定されたメッセージを記憶する第4記憶部と、前記第3記憶部に記憶されたメッセージを、前記第4記憶部に記憶されたメッセージより優先して前記第1通信装置に送信する第2送信制御部と、を備えることを特徴とする。

[0010] また、本発明は、上記装置で実行することができるプログラムである。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、メッセージを中継する通信装置間の時刻同期を高精度に実行できるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]第1の実施の形態の中継装置であるネットワークスイッチを含む通信システムの構成例を示す図。

[図2]第1の実施の形態のネットワークスイッチの内部構成の一例を示すブロック図。

[図3]第1の実施の形態の対応記憶部に記憶されるデータのデータ構造の一例を示す図。

[図4]第1の実施の形態の入出力ポートの詳細構成の一例を示すブロック図。

[図5]PTPメッセージのメッセージ形式の一例を示す図。

[図6]PTPヘッダの詳細な構成の一例を示す図。

[図7]PTPボディの一例を示す図。

[図8]PTPボディの一例を示す図。

[図9]PTPボディの一例を示す図。

[図10]第1の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである。

[図11]第2の実施の形態にかかるネットワークスイッチの構成の一例を示すブロック図。

[図12]第2の実施の形態の入出力ポートの詳細構成の一例を示すブロック図。
。

[図13] 第2の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである。

[図14] 第3の実施の形態の中継装置であるネットワークスイッチ300を含む通信システムの構成例を示す図。

[図15] 第3の実施の形態のネットワークスイッチの内部構成の一例を示すブロック図。

[図16] 第3の実施の形態の入出力ポートの詳細構成の一例を示すブロック図。

[図17] 入出力キューの構成例を示す図。

[図18] 第3の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである。

[図19] 1つのデータにまとめたDelayReqメッセージのデータ形式の一例を示す図。

[図20] 第4の実施の形態にかかるネットワークスイッチの構成の一例を示すブロック図。

[図21] 第4の実施の形態のポート状態記憶部に記憶されるデータのデータ構造の一例を示す図。

[図22] DelayReq開始メッセージのPTPボディの構成例を示す図。

[図23] DelayReq終了メッセージのPTPボディの構成例を示す図。

[図24] 第4の実施の形態の入出力ポートの詳細構成の一例を示すブロック図。

[図25] マスターノードおよびスレーブノードの内部構成の一例を示すブロック図。

[図26] PTP管理メッセージのメッセージ形式の一例を示す図。

[図27] 第4の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである。

[図28] 第4の実施の形態の時刻同期処理のシーケンス図。

[図29] 第5の実施の形態の中継装置であるネットワークスイッチを含む通信システムの構成例を示す図。

[図30] 第5の実施の形態にかかるネットワークスイッチの構成の一例を示すブロック図。

[図31] 第5の実施の形態のポート状態記憶部に記憶されるデータのデータ構造の一例を示す図。

[図32] 第5の実施の形態の時刻同期処理のシーケンス図。

[図33] 第6の実施の形態にかかるネットワークスイッチの構成の一例を示すブロック図。

[図34] 第6の実施の形態の入出力ポートの詳細構成の一例を示すブロック図。

[図35] 第6の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである。

[図36] 専用出力キューおよび出力キューに割り当てる処理時間の一例を示す図。

発明を実施するための形態

[0013] 以下に添付図面を参照して、この発明にかかる中継装置および中継プログラムの最良な実施の形態を詳細に説明する。

[0014] (第1の実施の形態)

第1の実施の形態にかかる中継装置は、通信装置であるIEEE1588のマスターノードおよびスレーブノードに接続され、マスターノードから送信される時刻同期用のメッセージと、スレーブノードから送信される時刻同期用のメッセージとに対し、中継装置内での滞留時間を一致させるように制御する。

[0015] 図1は、第1の実施の形態の中継装置であるネットワークスイッチ100を含む通信システムの構成例を示す図である。図1に示すように、第1の実施の形態の通信システムは、ネットワークスイッチ100と、マスターノード

ド2と、スレーブノード3とを備えている。

[0016] マスターノード2およびスレーブノード3は、イーサネット（登録商標）ケーブルなどのケーブルにより、ネットワークスイッチ100に接続されている。以下では、マスターノード2およびスレーブノード3は、イーサネット（登録商標）に準拠したケーブルで接続されているものとして説明する。マスターノード2およびスレーブノード3は、IEEE1588を実装しており、それぞれIEEE1588で規定されたマスタースレーブ階層のマスタースレーブとして動作する。

[0017] 本実施の形態の通信システムは、原子時計内蔵マスタークロックをマスターノード2、遮断機ヘトリップ信号を送信する保護リレー装置等をスレーブノード3とする変電所システムに適用できる。トリップ信号は、複数の遮断機へ高い時刻制度により同時に送信されることが要求されるため、これらの機器は時刻が同期されている必要がある。

[0018] なお、適用可能なシステムはこれに限られるものではない。また、中継装置はネットワークスイッチに限られるものではなく、時刻同期用のメッセージを中継できるものであれば、ルータなどの従来から用いられているあらゆる中継装置に適用できる。また、以下では、時刻同期のためのプロトコルとしてIEEE1588で定義されるPTPを用いる場合を例に説明する。この場合の時刻同期用のメッセージを以下ではPTPメッセージという。

[0019] 図2は、ネットワークスイッチ100の内部構成の一例を示すブロック図である。ネットワークスイッチ100は、対応記憶部121と、アドレス記憶部122と、入出力ポート110a、110b、110c、110dと、クロック部101と、CPU102と、算出部103と、を備えている。各構成部は、内部バス131により接続され、内部バス131を介して相互にデータを送受信する。

[0020] 対応記憶部121は、マスターノード2からスレーブノード3に送信されたPTPメッセージであるSyncメッセージに含まれる所定のパラメータと、当該Syncメッセージを送信したときの滞留時間を特定可能な情報と

を対応づけて記憶する。図3は、対応記憶部121に記憶されるデータのデータ構造の一例を示す図である。図3に示すように、対応記憶部121は、1つのエントリに、イーサネット（登録商標）ヘッダ（以下、イーサヘッダという）の送主（送信元）アドレスと、イーサヘッダの宛先アドレスと、PTPヘッダのシーケンス番号と、メッセージの受信時刻と、メッセージの送信時刻とを含んでいる。

[0021] なお、同図では、送信時刻と受信時刻とを保存する例が示されているが、滞留時間を特定可能な情報はこれに限られるものではない。例えば、滞留時間自体を保存するように構成してもよい。

[0022] アドレス記憶部122は、入出力ポート110a、110b、110c、110dに接続されたノードのアドレスを記憶する。この情報により、メッセージを転送すべきノードが接続されたポートを特定することができる。

[0023] なお、対応記憶部121およびアドレス記憶部122は、HDD（Hard Disk Drive）、光ディスク、メモリカード、RAM（Random Access Memory）などの一般的に利用されているあらゆる記憶媒体により構成することができる。

[0024] クロック部101は、クロック信号を発生させる。CPU102は、ネットワークスイッチ100内で実行される各種処理を制御するプロセッサである。

[0025] 入出力ポート110a、110b、110c、110dは、各ノードに接続するためのケーブルが接続されるポートである。なお、入出力ポート110a、110b、110c、110dはそれぞれ同様の構成を備えるため、以下では単に入出力ポート110という場合がある。また、入出力ポート110の個数は4に限られるものではない。また、以下では、マスターノード2およびスレーブノード3が、それぞれ入出力ポート110aおよび入出力ポート110bに接続されているものとして説明する。

[0026] 図4は、入出力ポート110の詳細構成の一例を示すブロック図である。図4に示すように、入出力ポート110は、PHY（PHYsical layer）部1

１１と、入力キュー１１２と、出力キュー１１３と、専用出力キュー１１４と、接続検出部１１５と、時刻検出部１１６と、メッセージ検出部１１７と、送信制御部１１８と、転送制御部１１９と、を備えている。これらは、内部バス１３１により接続され、相互にデータのやり取りが可能である。

[0027] PHY部１１１は、OSI参照モデルの物理層に関連する処理を実行する。PHY部１１１は、さらに詳細な構成として、受信部１１１aと、送信部１１１bとを備えている。受信部１１１aは、ケーブル１３２からメッセージを受信する。具体的には、受信部１１１aは、ケーブル１３２からメッセージを表す電気信号が到着すると、電気信号をディジタル情報に変換し、メッセージ検出部１１７に渡す。送信部１１１bは、ケーブル１３２に対してメッセージを送信する。具体的には、送信部１１１bは、送信すべきメッセージを表すビット列を、イーサネット（登録商標）の仕様に準拠した形式の信号に変換し、ケーブル１３２に送出する。

[0028] 入力キュー１１２は、受信したメッセージを一時的に記憶するキューである。入力キュー１１２は、複数のメッセージを一時的に記憶できる。以下では、入力キュー１１２に記憶可能なメッセージの個数を表す最大長を Q_{imax} と表す。

[0029] 出力キュー１１３は、ケーブル１３２に出力するメッセージを一時的に記憶するキューである。出力キュー１１３は、予め定められたクロック（以下、クロックCとする）ごとに、記憶しているメッセージを出力する。出力キュー１１３は、複数のメッセージを一時的に記憶できる。以下では、出力キュー１１３に記憶可能なメッセージの個数を表す最大長を Q_{omax} と表す。なお、入力キュー１１２の最大長 Q_{imax} と、出力キュー１１３の最大長 Q_{omax} は固定値とする。

[0030] 専用出力キュー１１４は、予め定められたPTPメッセージを一時的に記憶するキューである。専用出力キュー１１４は、算出部１０３により算出された送信予定時刻に、記憶したメッセージを出力するように送信制御部１１８により制御される。

- [0031] 接続検出部 115 は、ケーブル 132 を介してノードが接続されているか否かを検出する。例えば、接続検出部 115 は、ケーブル 132 を介してノードがアクティブであることを表す所定の信号を受信したか否かにより、ノードが接続されているか否かを検出する。接続検出部 115 は、ケーブル 132 が接続されかつノードがアクティブの場合には、接続状態としてオン情報を保持する。また、接続検出部 115 は、ケーブル 132 が接続されていない場合、または、ノードがアクティブでない場合には、接続状態としてオフ情報を保持する。
- [0032] 上述のようにマスターノード 2 およびスレーブノード 3 が、それぞれ入出力ポート 110a および入出力ポート 110b に接続されている場合は、入出力ポート 110a および入出力ポート 110b の接続検出部 115 は、オン情報を保持している。一方、入出力ポート 110c および入出力ポート 110d は、ノードが接続されていないため、オフ情報を保持している。
- [0033] 時刻検出部 116 は、メッセージを受信した時刻（受信時刻）を検出する。例えば、時刻検出部 116 は、クロック部 101 から時刻情報を受け取ることにより、メッセージの受信時刻を検出し、検出した受信時刻を保持する。
- [0034] メッセージ検出部 117 は、受信されたメッセージの種類を検出する。具体的には、メッセージ検出部 117 は、イーサヘッダのタイプと PTP メッセージの PTP ヘッダのメッセージタイプとを参照することにより、メッセージの種類を検出する。
- [0035] 図 5 は、受信される PTP メッセージのメッセージ形式の一例を示す図である。図 5 に示すように、PTP メッセージは、イーサヘッダ 41 と、PTP ヘッダ 42 と、PTP ボディ 43 と、送信時刻タグ 44 とから構成される。PTP メッセージは、システムによっては、UDP/IP 通信のパケットとして運ばれる場合がある。本実施の形態では、イーサネット（登録商標）により運ばれたため、イーサヘッダ 41 が付加されている。
- [0036] イーサヘッダ 41 は、宛先アドレス 41a と、送主アドレス 41b と、タ

イプ 4 1 c とから構成されている。宛先アドレス 4 1 a は、宛先のノードの MAC アドレス、ブロードキャストアドレス、およびマルチキャストアドレスなどが割り当てられる。送主アドレス 4 1 b は、送主のノードの MAC アドレスが割り当てられる。タイプ 4 1 c は、ペイロードの内容を表す。PTP の場合は、タイプ 4 1 c に「0 x 8 8 0 7」が割り当てられる。

[0037] PTP ヘッダ 4 2 は、PTP で定められたパラメータを格納するヘッダである。図 6 は、PTP ヘッダ 4 2 の詳細な構成の一例を示す図である。図 6 に示すように、PTP ヘッダ 4 2 は、メッセージタイプ 4 2 a と、バージョン 4 2 b と、メッセージ長 4 2 c と、ドメイン番号 4 2 d と、フラグフィールド 4 2 e と、コレクションフィールド 4 2 f と、ソースポート ID 4 2 g と、シーケンス ID 4 2 h と、制御フィールド 4 2 i と、ログメッセージ間隔 4 2 j とから構成される。

[0038] メッセージタイプ 4 2 a は、PTP メッセージの種類により異なる値が割り当てられる。バージョン 4 2 b は、PTP プロトコルのバージョンを表す。メッセージ長 4 2 c は、PTP ヘッダを含むメッセージの長さである。ドメイン番号 4 2 d は、時刻を同期する範囲を表す識別子である。フラグフィールド 4 2 e は、メッセージによって与えられる詳細の情報である。コレクションフィールド 4 2 f は、マスターノード 2 およびスレーブノード 3 以外の IEEE 1 5 8 8 ノードにメッセージが滞留した時間である。ソースポート ID 4 2 g は、IEEE 1 5 8 8 ノードの送主の送信ポートの識別子を示す。シーケンス ID 4 2 h は、PTP メッセージの識別子を示す。制御フィールド 4 2 i は、メッセージによって異なる値が割り当てられる識別子である。ログメッセージ間隔 4 2 j は、メッセージによって役割が異なる。

[0039] 図 5 に戻り、PTP ボディ 4 3 は、PTP メッセージの種類によって構成が変更される。図 7 ~ 図 9 は、PTP ボディ 4 3 の一例を示す図である。

[0040] 図 7 は、PTP メッセージが Sync メッセージである場合の PTP ボディ 4 3 の構造を示す。Sync メッセージの PTP ボディ 4 3 1 は、送主タイムスタンプにより構成される。送主タイムスタンプは、Sync メッセー

ジがマスターノード2から送信された概算の時刻を表す。なお、Syncメッセージの場合、イーサヘッダ41の宛先アドレス41aはマルチキャストアドレスとなり、PTPヘッダ42のメッセージタイプ42aは「0」となる。

[0041] なお、Delay_ReqメッセージのPTPボディは、SyncメッセージのPTPボディ431と同じ構成であり、送主タイムスタンプが保持可能である。Delay_Reqメッセージの場合、イーサヘッダ41の宛先アドレス41aにはマスターノード2のMACアドレス、送主アドレス41bにはスレーブノード3のMACアドレス、PTPヘッダ42のメッセージタイプ42aの値には「1」が設定される。

[0042] 図8は、PTPメッセージがFollow_Upメッセージである場合のPTPボディ43の構造を示す。Follow_UpメッセージのPTPボディ432は、精密な送主タイムスタンプにより構成される。精密な送主タイムスタンプは、Syncメッセージが実際に送信された時刻である。Follow_Upメッセージの場合、イーサヘッダ41の宛先アドレス41aにはマルチキャストアドレス。送主アドレス41bにはマスターノード2のMACアドレス、タイプ41cには「0x0087」、PTPヘッダ42のメッセージタイプ42aの値には「8」が設定される。

[0043] 図9は、PTPメッセージがDelay_Respメッセージである場合のPTPボディ43の構造を示す。Delay_RespメッセージのPTPボディ433は、受信タイムスタンプと要求ポートIDとにより構成される。受信タイムスタンプは、Delay_Reqメッセージを受信した時刻が保持されている。要求ポートIDは、Delay_Reqメッセージを送信した送信先のポートIDが保持されている。Delay_Respメッセージはユニキャストである。Delay_Respメッセージの場合、イーサヘッダの送主アドレスにはマスターノード2のMACアドレス、宛先アドレスにはスレーブノード3のMACアドレス、PTPヘッダ42のメッセージタイプ42aの値には「9」が設定される。

- [0044] 図4に戻り、メッセージ検出部117は、このように構成されたメッセージの各ヘッダ等を参照することによりメッセージの種類を検出する。例えば、イーサヘッダ41のタイプ41cが「0x8807」で、かつPTPヘッダのメッセージタイプが「0」の場合は、メッセージ検出部117は、受信したメッセージがSyncメッセージであることを検出する。この場合、メッセージ検出部117は、Syncメッセージのイーサヘッダ41の送主アドレス41bと、イーサヘッダ41の宛先アドレス41aと、PTPヘッダ42のシーケンスID42hと、時刻検出部116により検出された受信時刻とを含むエントリを作成し、対応記憶部121に追加する。
- [0045] 送信制御部118は、出力キュー113および専用出力キュー114に記憶されているメッセージの送信タイミングを制御する。例えば、送信制御部118は、クロックCごとに、出力キュー113に記憶されているメッセージを、PHY部111を介してケーブル132に送信するように制御する。また、送信制御部118は、専用出力キュー114に記憶されているメッセージを、算出部103により算出された送信予定時刻にPHY部111を介してケーブル132に送信するように制御する。
- [0046] 転送制御部119は、入力キュー112に記憶されているメッセージを、他の入出力ポート110の出力キュー113に転送する処理を制御する。例えば、転送制御部119は、クロックCごとに、入力キュー112に記憶されているメッセージの1つを取得し、内部バス131を介して、取得したメッセージの宛先となるノードが接続された入出力ポート110の出力キュー113に転送する。
- [0047] 図2に戻り、算出部103は、入出力ポート110から入力されたメッセージがネットワークスイッチ100内に滞留する時間（滞留時間）の予測値を算出する。具体的には、算出部103は、以下のアルゴリズムにしたがって滞留時間を見積もる。
- [0048] まず、ネットワークスイッチ100は、アクティブなノードに接続されたN個の入出力ポート110の入力キュー112および出力キュー113に対

して、クロックCごとに、予め定められた順番で巡回してアクセスするものとする。ノードがアクティブか否かは、接続検出部115が保持する接続状態（オン情報かオフ情報か）により判断できる。また、滞留時間の見積り時にアクセスしている入力キュー112を基準とした、滞留時間の見積り対象であるメッセージを受信した入出力ポート110の入力キュー112のアクセスする順番をTとする。なお、TはN以下（ $T \leq N$ ）である。この場合、複数の入力キュー112を所定の順序でアクセスすることにより生じる滞留時間の最大値（最大滞留時間）は、 $C \times (T \times Q_{\text{imax}} + Q_{\text{omax}})$ となる。

[0049] 算出部103は、まず、受信されたメッセージが入力キュー112へ送られた時に、出力キュー113への転送用にアクセスされている入力キュー112の位置を検出する。そして、算出部103は、受信されたメッセージが出力するまでに滞留する時間として予測される時間の最大値である $S + C \times (T \times Q_{\text{imax}} + Q_{\text{omax}})$ を滞留時間として算出する。なお、Sは、受信されたメッセージが入力キュー112へ送られる時間として予め定められた値である。

[0050] なお、同図に示すように算出部103をCPU102と異なるハードウェア回路により実現する代わりに、CPU102により動作するソフトウェアとして構成してもよい。

[0051] 次に、このように構成された第1の実施の形態にかかるネットワークスイッチ100による中継処理について図10を用いて説明する。図10は、第1の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである。

[0052] まず、PHY部111の受信部111aが、マスターノード2またはスレーブノード3から送信されたメッセージを受信する（ステップS1001）。次に、時刻検出部116が、メッセージの受信時刻を検出して保持する（ステップS1002）。次に、メッセージ検出部117が、イーサヘッダのタイプおよびPTPヘッダのメッセージタイプを参照してメッセージの種類

を検出する（ステップS1003）。

[0053] 次に、メッセージ検出部117が、受信したメッセージがSyncメッセージであるか否かを判断する（ステップS1004）。Syncメッセージの場合（ステップS1004：YES）、メッセージ検出部117は、Syncメッセージのイーサヘッダ41の送主アドレス41bと、PTPヘッダ42のシーケンスID42hと、受信時刻とを含むエントリを作成し、対応記憶部121へ追加する（ステップS1005）。次に、算出部103が、Syncメッセージの滞留時間を算出する（ステップS1006）。

[0054] Syncメッセージでない場合（ステップS1004：NO）、メッセージ検出部117は、さらに受信したメッセージがDelay_Reqメッセージであるか否かを判断する（ステップS1007）。Delay_Reqメッセージの場合（ステップS1007：YES）、算出部103は、受信されたDelay_Reqメッセージに対応するSyncメッセージがネットワークスイッチ100を通過した際に要した滞留時間を調べる。すなわち、算出部103は、Delay_Reqメッセージのイーサヘッダの送主アドレスと一致する宛先アドレスを有するエントリを対応記憶部121から検索する（ステップS1008）。

[0055] そして、算出部103は、検索したエントリの送信時刻と受信時刻との差分であるSyncメッセージの滞留時間を算出する（ステップS1009）。なお、対応記憶部121に滞留時間自体が記憶されている場合は、算出部103は検索したエントリから滞留時間を取得する。また、算出部103は、Delay_Reqメッセージの滞留時間を算出する（ステップS1010）。

[0056] 次に、算出部103は、Delay_Reqメッセージの滞留時間が、対応するSyncメッセージの滞留時間以下であるか否かを判断する（ステップS1011）。Delay_Reqメッセージの滞留時間が、対応するSyncメッセージの滞留時間以下でない場合（ステップS1011：NO）、算出部103は、受信されたDelay_Reqメッセージを破棄し（ス

テップS 1 0 1 2)、中継処理を終了する。

[0057] Delay__Reqメッセージの滞留時間が、対応するSyncメッセージの滞留時間以下である場合(ステップS 1 0 1 1: YES)、算出部1 0 3は、Delay__Reqメッセージの滞留時間を対応するSyncメッセージの滞留時間に一致させる(ステップS 1 0 1 3)。

[0058] ステップS 1 0 0 6でSyncメッセージの滞留時間を算出後、または、ステップS 1 0 1 3でDelay__Reqメッセージの滞留時間を算出後、算出部1 0 3は、算出した滞留時間をメッセージの受信時刻に加算することにより送信予定時刻を算出し、メッセージの送信時刻タグ4 4に付加する(ステップS 1 0 1 4)。

[0059] 次に、算出部1 0 3は、送信予定時刻を付加したメッセージを、メッセージを受信した入出力ポート1 1 0の入力キュー1 1 2に送出する(ステップS 1 0 1 5)。入力キュー1 1 2に送出されたメッセージは、別の入出力ポート1 1 0の出力キュー1 1 3に転送されるまで保持される。転送制御部1 1 9は、メッセージが転送される順番となったとき、入力キュー1 1 2に保持されたメッセージを、宛先となるノードが接続された入出力ポート1 1 0の出力キュー1 1 3に転送する(ステップS 1 0 1 6)。転送制御部1 1 9は、アドレス記憶部1 2 2を参照することにより宛先となるノードが接続された入出力ポート1 1 0を決定する。

[0060] メッセージが転送された入出力ポート1 1 0の送信制御部1 1 8は、クロックCごとに、送信するメッセージを出力キュー1 1 3から取得する(ステップS 1 0 1 7)。次に、メッセージ検出部1 1 7が、ステップS 1 0 0 3と同様の手法により、取得されたメッセージの種類を検出する(ステップS 1 0 1 8)。

[0061] 次に、メッセージ検出部1 1 7が、取得されたメッセージがSyncメッセージまたはDelay__Reqメッセージであるか否かを判断する(ステップS 1 0 1 9)。SyncメッセージまたはDelay__Reqメッセージである場合(ステップS 1 0 1 9: YES)、メッセージ検出部1 1 7は

、取得されたメッセージを専用出力キュー 114 に転送する（ステップ S 1020）。

[0062] 次に、送信制御部 118 は、メッセージの送信時刻タグから送信予定時刻を抽出し、定期的にクロック部 101 から取得した現在時刻と送信時刻とを比較することにより、送信予定時刻に達したか否かを判断する（ステップ S 1021）。送信予定時刻でない場合（ステップ S 1021：NO）、送信予定時刻となるまで専用出力キュー 114 にメッセージが保持される。送信予定時刻である場合（ステップ S 1021：YES）、送信制御部 118 は、PHY 部 111 を介して、専用出力キュー 114 に保持されたメッセージを宛先となるノードに送信する（ステップ S 1022）。

[0063] ステップ S 1019 で、出力キュー 113 から取得されたメッセージが Sync メッセージまたは Delay_Req メッセージでないと判断された場合（ステップ S 1019：NO）、送信制御部 118 は、PHY 部 111 を介して、取得されたメッセージを宛先となるノードに送信する（ステップ S 1022）。

[0064] 次に、送信制御部 118 は、対応記憶部 121 のエントリを更新する（ステップ S 1023）。例えば、Sync メッセージを送信した場合、送信制御部 118 は、シーケンス ID 42h が一致するエントリの送信時刻および宛先アドレスとして、メッセージの送信時刻と、宛先のノードの MAC アドレスとを追加する。なお、このエントリ以外に同じ送主アドレスおよび宛先アドレスのエントリ（重複エントリ）が存在した場合、送信制御部 118 は当該重複エントリを削除する。

[0065] また、Delay_Req メッセージを送信した場合、送信制御部 118 は、送信した Delay_Req メッセージに対応する Sync メッセージを、イーサヘッダの宛先アドレスと送主アドレスとを用いて対応記憶部 121 から検索する。Delay_Req メッセージの送主アドレスと Sync メッセージの宛先アドレス、および、Delay_Req メッセージの宛先アドレスと Sync メッセージの送主アドレスが一致した場合、送信制御部

118は、そのエントリを対応記憶部121から削除する。

[0066] 上記のような手順により、Syncメッセージの滞留時間と、Syncメッセージに対する応答として送信されるDelay_Reqメッセージの滞留時間とを一致させることができる。すなわち、マスターノード2からスレーブノード3にメッセージを送信する場合と、スレーブノード3からマスターノード2にメッセージを送信する場合とで、伝送遅延を一致させることができる。これにより、これらのメッセージの受信時刻等を用いる時刻同期処理を高精度に実行可能となる。

[0067] 次に、本実施の形態の通信システムによる時刻同期処理の具体例について説明する。IEEE1588では、マスターノード2からのSyncメッセージおよびFollow_Upメッセージの送信、スレーブノード3からのDelay_Reqメッセージの送信、および、マスターノード2からのDelay_Respメッセージの送信、という手順により、時刻同期処理が実現される。

[0068] まず、マスターノード2は、IEEE1588で定義されているPTPのSyncメッセージを定期的送信する。

[0069] マスターノード2から送信されたSyncメッセージは、ネットワークスイッチ100の入出力ポート110aに受信される。メッセージ検出部117は、イーサヘッダ41のタイプ41cが「0x8807」で、かつPTPヘッダのメッセージタイプが「0」であるため、Syncメッセージであることを検出する。次に、算出部103が、Syncメッセージの滞留時間を見積もる。また、算出部103は、算出した滞留時間を受信時刻に加算して送信予定時刻を算出する。そして、算出部103は、算出した送信予定時刻を設定した送信時刻タグ44をSyncメッセージに付加する。

[0070] 次に、Syncメッセージは、入力キュー112に送られ、別の入出力ポート110bの出力キュー113に転送されるまで保持される。Syncメッセージが転送される順番となったとき、転送制御部119が、アドレス記憶部122を参照して、Syncメッセージのイーサヘッダの宛先アドレス

41aに該当する入出力ポート110を検出する。この例では、スレーブノード3が宛先となるため、入出力ポート110bが検出される。したがって、Syncメッセージは、入出力ポート110bの出力キュー113へ転送され、メッセージがスレーブノード3へ送信されるまで保持される。

[0071] 送信の順番となったとき、メッセージ受信時と同様の手順により、メッセージ検出部117によりメッセージの種類が判定される。この場合はSyncメッセージであることが検出され、専用出力キュー114へ送られる。送信制御部118は、送信時刻タグから送信予定時刻を抽出し、送信予定時刻となるまでSyncメッセージを専用出力キュー114に保持する。送信制御部118は、送信予定時刻となったときにSyncメッセージをスレーブノード3に送信する。

[0072] Syncメッセージがスレーブノード3に受信されると、続いて、マスターノード2はFollow_Upメッセージを送信する。

[0073] Follow_Upメッセージがネットワークスイッチ100に受信されると、Syncメッセージと同様に、入出力ポート110aの時刻検出部116が、Follow_Upメッセージの受信時刻を検出する。次に、メッセージ検出部117が、Follow_Upメッセージのイーサヘッダのタイプと、PTPヘッダのメッセージタイプを調べる。メッセージ検出部117は、イーサヘッダ41のタイプ41cが「0x8807」で、かつPTPヘッダのメッセージタイプが「8」であるため、Follow_Upメッセージであることを検出する。Follow_Upメッセージは、Syncメッセージが送信された正確な時刻を送信するメッセージであるため、伝送遅延を対称にする必要はない。したがって、そのまま入力キュー112に送られ、スレーブノード3へ転送される。

[0074] スレーブノード3でFollow_Upメッセージが受信された後、スレーブノード3は、マスターノード2へDelay_Reqメッセージを送信する。

[0075] Delay_Reqメッセージがネットワークスイッチ100に受信され

ると、Syncメッセージと同様に、入出力ポート110bの時刻検出部116が、Delay_Reqメッセージの受信時刻を検出する。次に、メッセージ検出部117が、Delay_Reqメッセージのイーサヘッダのタイプと、PTPヘッダのメッセージタイプを調べる。メッセージ検出部117は、イーサヘッダ41のタイプ41cが「0x8807」で、かつPTPヘッダのメッセージタイプが「1」であるため、Delay_Reqメッセージであることを検出する。

[0076] 次に、算出部103が、Syncメッセージの場合と同様の方法で、Delay_Reqメッセージの滞留時間を見積もる。さらに、算出部103は、対応記憶部121を参照することにより、過去に、対応するSyncメッセージがネットワークスイッチ100を通過した際に要した滞留時間を調べる。そして、算出部103は、計算で求めた滞留時間と対応するSyncメッセージの滞留時間とを比較する。Syncメッセージの滞留時間がDelay_Reqメッセージの滞留時間より長い場合、算出部103は、Delay_Reqメッセージの滞留時間をSyncメッセージの滞留時間に合わせる。アクティブな入出力ポート110が増加した等の理由で、Delay_Reqメッセージの滞留時間が、対応するSyncメッセージの滞留時間より長くなる場合は、滞留時間を等しくできず、誤差が生じるため、算出部103はDelay_Reqメッセージを破棄する。破棄せずに処理が続く場合は、算出部103はSyncメッセージと同様に送信予定時刻を計算し、送信時刻タグ44をDelay_Reqメッセージに付加し、入力キュー112に送る。

[0077] Delay_Reqメッセージは、入出力ポート110bの入力キュー112から、入出力ポート110aの出力キュー113へ転送され、出力の順番が待たれる。出力の順番となったときには、メッセージ受信時と同様の手順により、出力するメッセージがDelay_Reqメッセージであることが検出される。このため、Delay_Reqメッセージは専用出力キュー114に送られる。送信制御部118は、送信時刻タグから送信予定時刻を

抽出し、送信予定時刻となるまで `Delay_Req` メッセージを専用出力キュー 114 に保持する。送信制御部 118 は、送信予定時刻となったときに `Delay_Req` メッセージをマスターノード 2 に送信する。

[0078] マスターノード 2 は、`Delay_Req` メッセージを受信すると、即座に `Delay_Resp` メッセージをスレーブノード 3 へ送信する。`Delay_Resp` メッセージは、`Follow_Up` メッセージ同様、ネットワークスイッチ 100 では、特殊な処理が実行されずに、スレーブノード 3 へ転送される。

[0079] これらの一連の通信により、スレーブノード 3 は、(1) マスターノード 2 による `Sync` メッセージの送信時刻 t_1 、(2) `Sync` メッセージがスレーブノード 3 によって受信された時刻 t_2 、(3) スレーブノード 3 により `Delay_Req` メッセージが送信された時刻 t_3 、(4) マスターノード 2 により `Delay_Req` メッセージが受信された時刻 t_4 、の 4 つの時刻を得ることができる。なお、(1) の送信時刻 t_1 は、`Follow_Up` メッセージの精密な送主タイムスタンプから得られる。また、(4) の時刻 t_4 は、`Delay_Resp` メッセージの受信タイムスタンプから得られる。

[0080] これらの 4 つの時刻から、スレーブノード 3 のクロックの、マスターノード 2 のクロックに対するずれを表す t_o を計算することができる。

[0081] まず、マスターノード 2 からスレーブノード 3 へのメッセージ伝送遅延を t_{md} とすると、 $t_2 - t_1 = t_o + t_{md}$ が成り立つ。また、スレーブノード 3 からマスターノード 2 へのメッセージ伝送遅延を t_{sd} とすると、 $t_4 - t_3 = -t_o + t_{sd}$ が成り立つ。

[0082] t_{md} は、マスターノード 2 からネットワークスイッチ 100 への伝送遅延、ネットワークスイッチ 100 内の滞留時間、および、ネットワークスイッチ 100 からスレーブノード 3 への伝送遅延で構成されている。 t_{sd} は、スレーブノード 3 からネットワークスイッチ 100 への伝送遅延、ネットワークスイッチ 100 内の滞留時間、および、ネットワークスイッチ 1

00からマスターノード2への伝送遅延で構成されている。

[0083] ケーブル132上の伝送遅延の非対称性は、無視できる範囲である。また、ネットワークスイッチ100内の滞留時間は、本実施の形態の処理により等しい。このため、 t_{md} と t_{sd} は等しい。したがって、両ノードのクロックのずれは、 $t_o = (t_2 - t_1 - t_4 + t_3) / 2$ により算出することができる。

[0084] このように、第1の実施の形態にかかる中継装置では、スレーブノードから送信されるDelayReqメッセージの滞留時間を、マスターノードから送信されるSyncメッセージの滞留時間と一致させることができる。これにより、マスターノードおよびスレーブノード間の時刻同期を高精度に実行することが可能となる。

[0085] (第2の実施の形態)

第2の実施の形態にかかる中継装置は、時刻同期用のメッセージの滞留時間を見積もり、見積もった滞留時間をメッセージに付加した上で、見積もった滞留時間が経過した後にメッセージを送信する。

[0086] 図11は、第2の実施の形態にかかるネットワークスイッチ200の構成の一例を示すブロック図である。図11に示すように、ネットワークスイッチ200は、アドレス記憶部122と、入出力ポート210a、210b、210c、210d（以下、入出力ポート210という）と、クロック部101と、CPU102と、算出部203と、を備えている。各構成部は、内部バス131により接続され、内部バス131を介して相互にデータを送受信する。

[0087] 第2の実施の形態では、対応記憶部121を削除したこと、および、入出力ポート210および算出部203の機能が第1の実施の形態と異なっている。その他の構成および機能は、第1の実施の形態にかかるネットワークスイッチ100の構成を表すブロック図である図2と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

[0088] 図12は、入出力ポート210の詳細構成の一例を示すブロック図である

。図 12 に示すように、入出力ポート 210 は、PHY 部 111 と、入力キュー 112 と、出力キュー 113 と、専用出力キュー 114 と、接続検出部 115 と、時刻検出部 116 と、メッセージ検出部 217 と、送信制御部 218 と、転送制御部 119 と、を備えている。

[0089] 第 2 の実施の形態では、メッセージ検出部 217 および送信制御部 218 の機能が第 1 の実施の形態と異なっている。その他の構成および機能は、第 1 の実施の形態にかかる入出力ポート 110 の構成を表すブロック図である図 4 と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

[0090] メッセージ検出部 217 は、第 1 の実施の形態のメッセージ検出部 117 と同様に、受信されたメッセージの種類を検出する。一方、本実施の形態では、対応記憶部 121 を備えないため、メッセージ検出部 217 は、対応記憶部 121 にエントリを追加する機能を備えていない。

[0091] 送信制御部 218 は、第 1 の実施の形態の送信制御部 118 と同様に、出力キュー 113 および専用出力キュー 114 に記憶されているメッセージの送信タイミングを制御する。一方、本実施の形態では、対応記憶部 121 を備えないため、送信制御部 218 は、対応記憶部 121 のエントリを更新する機能を備えていない。

[0092] 算出部 203 は、第 1 の実施の形態の送信制御部 118 と同様の手法により、メッセージの滞留時間の予測値を算出する。さらに、算出部 203 は、滞留時間を PTP ヘッダのコレクションフィールドに加算する機能を備えている。

[0093] 一方、算出部 203 は、Delay_Req メッセージに対応する Sync メッセージの滞留時間を対応記憶部 121 から取得する機能、Delay_Req メッセージの滞留時間と Sync メッセージの滞留時間とを比較し、Delay_Req メッセージの滞留時間を Sync メッセージの滞留時間に一致させる機能、滞留時間が一致させられない場合に Delay_Req メッセージを破棄する機能を備えていない。

[0094] 次に、このように構成された第 2 の実施の形態にかかるネットワークスイ

ッチ200による中継処理について図13を用いて説明する。図13は、第2の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである。

- [0095] ステップS1301からステップS1303までの、メッセージ受信処理、受信時刻検出処理、およびメッセージ検出処理は、第1の実施の形態にかかるネットワークスイッチ100におけるステップS1001からステップS1003までと同様の処理なので、その説明を省略する。
- [0096] 次に、メッセージ検出部217は、受信したメッセージがSyncメッセージまたはDelay_Reqメッセージであるか否かを判断する（ステップS1304）。SyncメッセージまたはDelay_Reqメッセージである場合（ステップS1304：YES）、算出部203が、受信したメッセージの滞留時間を算出する（ステップS1305）。
- [0097] 次に、算出部203が、算出した滞留時間をメッセージの受信時刻に加算することにより送信予定時刻を算出し、メッセージの送信時刻タグ44に付加する（ステップS1306）。次に、算出部203は、滞留時間をPTPヘッダのコレクションフィールドに加算する（ステップS1307）。
- [0098] ステップS1308からステップS1315までは、第1の実施の形態にかかるネットワークスイッチ100におけるステップS1015からステップS1022までと同様の処理なので、その説明を省略する。
- [0099] また、本実施の形態では、ステップS1315で出力キュー113または専用出力キュー114に保持されたメッセージを送信後、中継処理を終了する。
- [0100] 従来は、例えばメッセージが送信可能となった時点で滞留時間を算出し、滞留時間をコレクションフィールドに設定した後に、メッセージを送信することにより、コレクションフィールドに設定された滞留時間を考慮した時刻同期処理を行っていた。しかし、例えば滞留時間を算出してから実際にメッセージを送信するまでにさらに時間を要する場合などでは、コレクションフィールドに設定した滞留時間と、実際の滞留時間とに誤差が生じ、時刻同期

の精度が低下するおそれがあった。

[0101] 一方、本実施の形態によれば、上記のような手順により、コレクションフィールドに設定する滞留時間と、実際の滞留時間とを高精度で一致させることができる。すなわち、見積もった滞留時間をコレクションフィールドに設定するとともに、見積もった滞留時間が経過した後にメッセージを送信することができる。これにより、コレクションフィールドを用いた時刻同期処理を高精度に実行可能となる。

[0102] 次に、本実施の形態の通信システムによる時刻同期処理の具体例について説明する。

[0103] まず、マスターノード2は、IEEE 1588で定義されているPTPのSyncメッセージを定期的送信する。

[0104] マスターノード2から送信されたSyncメッセージは、ネットワークスイッチ200の入出力ポート210aに受信される。入出力ポート210aの時刻検出部116は、クロック部101から時刻情報を得ることにより、Syncメッセージの受信時刻を検出して保持する。

[0105] 次に、メッセージ検出部217が、イーサヘッダのタイプと、PTPヘッダのメッセージタイプを調べる。メッセージ検出部217は、イーサヘッダ41のタイプ41cが「0x8807」で、かつPTPヘッダのメッセージタイプが「0」であるため、Syncメッセージであることを検出する。次に、算出部203が、Syncメッセージの滞留時間を見積もる。また、算出部203が、滞留時間を受信時刻に加算して送信予定時刻を得る。次に、算出部203は、滞留時間をPTPヘッダのコレクションフィールドに加算する。また、算出部203は、送信時刻タグ44を、Syncメッセージに付加する。送信時刻タグ44は、送信予定時刻を保持する。

[0106] この後、Syncメッセージは、入力キュー112、別の入出力ポート210の出力キュー113、および、別の入出力ポート210の専用出力キュー114に送出され、送信予定時刻となったときにスレーブノード3に送信される。このときの処理は、第1の実施の形態と同様であるため詳細な説明

を省略する。

- [0107] 続いて、マスターノード2はFollow_Upメッセージを送信する。ネットワークスイッチ200は、Follow_Upメッセージを受信し、受信したFollow_Upメッセージをスレーブノード3に転送する。このときの処理は、第1の実施の形態と同様であるため詳細な説明を省略する。
- [0108] スレーブノード3でFollow_Upメッセージが受信された後、スレーブノード3は、マスターノード2へDelay_Reqメッセージを送信する。
- [0109] ネットワークスイッチ200は、Delay_Reqメッセージを受信し、Syncメッセージと同様の方法により、滞留時間の算出、送信予定時刻の算出、および、コレクションフィールドへの滞留時間の加算等の処理を行う。そして、Delay_Reqメッセージは、送信予定時刻となったときにマスターノード2に送信される。このときの処理は、第1の実施の形態と同様であるため詳細な説明を省略する。
- [0110] マスターノード2は、Delay_Reqメッセージを受信すると、即座にDelay_Respメッセージをスレーブノード3へ送信する。Delay_Respメッセージは、Follow_Upメッセージ同様、ネットワークスイッチ200では、特殊な処理が実行されずに、スレーブノード3へ転送される。
- [0111] これらの一連の通信により、スレーブノード3は、第1の実施の形態で説明した(1)～(4)の4つの時刻($t_1 \sim t_4$)に、(5) Syncメッセージがネットワークスイッチ200に滞留した時間 r_1 、および、(6) Delay_Reqメッセージがネットワークスイッチ200に滞留した時間 r_2 を加えた6つの時刻を得ることができる。
- [0112] 本実施の形態では、これらの6つの時刻から、スレーブノード3のクロックの、マスターノード2のクロックに対するずれを表す t_{offset} を計算することができる。

[0113] マスターノード2からスレーブノード3へのメッセージ伝送遅延を t_md とすると、 $t_2 - t_1 = t_o + t_md + r_1$ が成り立つ。また、スレーブノード3からマスターノード2へのメッセージ伝送遅延を t_sd とすると、 $t_4 - t_3 = -t_o + t_sd + r_2$ が成り立つ。

[0114] t_md は、マスターノード2からネットワークスイッチ200への伝送遅延、およびネットワークスイッチ200からスレーブノード3への伝送遅延で構成されている。 t_sd は、スレーブノード3からネットワークスイッチ200への伝送遅延、およびネットワークスイッチ200からマスターノード2への伝送遅延で構成されている。

[0115] ケーブル132上の伝送遅延の非対称性は、無視できる範囲であり、 t_md と t_sd は等しい。したがって、両ノードのクロックのずれは、 $t_o = (t_2 - t_1 - r_1 - t_4 + t_3 + r_2) / 2$ により算出することができる。

[0116] このように、第2の実施の形態にかかる中継装置では、SyncメッセージおよびDelayReqメッセージの滞留時間を見積もり、見積もった滞留時間を各メッセージのコレクションフィールドに付加した上で、見積もった滞留時間が経過した後にメッセージを送信することができる。これにより、コレクションフィールドに設定した滞留時間と実際の滞留時間との間に誤差が生じる可能性を低減し、マスターノードおよびスレーブノード間の時刻同期を高精度に実行することが可能となる。

[0117] (第3の実施の形態)

第3の実施の形態にかかる中継装置は、複数の入出力ポートに共通する入出力キューを備え、時刻同期用のメッセージを、当該入出力キューの最後尾に追加する。これにより、追加したメッセージが出力されるまでの滞留時間を一致させることができる。

[0118] 図14は、第3の実施の形態の中継装置であるネットワークスイッチ300を含む通信システムの構成例を示す図である。図14に示すように、第3の実施の形態の通信システムは、ネットワークスイッチ300と、マスター

ノード２と、複数のスレーブノード３a～３cとを備えている。

[0119] スレーブノード３a～３cは、第１および第２の実施の形態のスレーブノード３と同様の機能を備えるノードである。以下では、スレーブノード３a～３cを単にスレーブノード３という場合がある。

[0120] マスターノード２の構成は、第１および第２の実施の形態と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

[0121] 図１５は、ネットワークスイッチ３００の内部構成の一例を示すブロック図である。ネットワークスイッチ３００は、アドレス記憶部１２２と、入出力ポート３１０a、３１０b、３１０c、３１０d（以下、入出力ポート３１０という）と、クロック部１０１と、CPU１０２と、入出力キュー３０４と、送信制御部３１８と、を備えている。各構成部は、内部バス１３１により接続され、内部バス１３１を介して相互にデータを送受信する。

[0122] 第３の実施の形態では、対応記憶部１２１と算出部１０３とを削除したこと、入出力ポート３１０の機能、および、入出力キュー３０４と送信制御部３１８とを追加したことが第１の実施の形態と異なっている。その他の構成および機能は、第１の実施の形態にかかるネットワークスイッチ１００の構成を表すブロック図である図２と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

[0123] 入出力ポート３１０は、各ノードに接続するためのケーブル１３２が接続されるポートである。図１６は、入出力ポート３１０の詳細構成の一例を示すブロック図である。図１６に示すように、入出力ポート３１０は、PHY部１１１を備えている。すなわち、第３の実施の形態では、PHY部１１１以外の構成部を削除したことが第１の実施の形態と異なっている。PHY部１１１の構成および機能は、第１の実施の形態と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

[0124] 図１５に戻り、入出力キュー３０４は、各入出力ポート３１０で送受信されるメッセージを記憶するキューである。図１７は、入出力キュー３０４の構成例を示す図である。図１７に示すように、入出力キュー３０４は、 n 個

(n は2以上の整数)のFIFO構造のデータブロック305と、データ処理部306とを備えている。同図では、10個($n=10$)のデータブロック305(305-1~305-10)を備える例が示されている。

[0125] 1つのデータブロック305には1つのメッセージ(データ)が入力され、一定の時間 t_{sq} ごとに1つのデータが出力される。全てのデータは最初にデータ処理部306に入力される。データ処理部306は、メッセージ検出部307と、保存部308とを備えている。

[0126] メッセージ検出部307は、第1の実施の形態のメッセージ検出部117と同様の手法により、受信されたメッセージの種類を検出する。すなわち、メッセージ検出部307は、イーサヘッダのタイプとPTPメッセージのPTPヘッダのメッセージタイプとを参照することにより、メッセージの種類を検出する。

[0127] 保存部308は、入力されたデータをデータブロック305に保存する。例えば、保存部308は、受信されたメッセージがPTPメッセージである場合、FIFO方式により最後(n 番目)に出力されるデータブロック305(最後尾のデータブロック305)に、当該PTPメッセージを保存する。なお、最後尾のデータブロック305以外に空のデータブロック305が存在する場合、保存部308は、ダミーデータを作成し、空のデータブロック305に作成したダミーデータを保存する。

[0128] また、保存部308は、受信されたメッセージがPTPメッセージ以外のメッセージである場合、空のデータブロック305またはダミーデータが保存されているデータブロック305のうち最も出力順序が小さいデータブロック305に当該メッセージを保存する。該当するデータブロック305にダミーデータが保存されている場合、保存部308は、ダミーデータと入れ替えることによりメッセージを保存する。

[0129] 図15に戻り、送信制御部318は、一定の時間 t_{sq} ごとに入出力キュー304からFIFO方式でデータ(メッセージ)を取得し、取得したメッセージを、メッセージで指定された宛先のノードに送信するように制御する。

。なお、送信制御部 318 は、入出力キュー 304 からダミーデータを取得した場合は、取得したデータを送信せずに破棄する。

[0130] 上述のように、受信された PTP メッセージは、常に入出力キュー 304 の最後尾に入力される。このため、PTP メッセージが入出力キュー 304 に入力されてから出力されるまでの時間は $n \times t_q$ で一定となる。

[0131] 次に、このように構成された第 3 の実施の形態にかかるネットワークスイッチ 300 による中継処理について図 18 を用いて説明する。図 18 は、第 3 の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである。

[0132] まず、PHY 部 111 の受信部 111a が、マスターノード 2 またはスレーブノード 3 から送信されたメッセージを受信する（ステップ S1801）。PHY 部 111 は、受信したメッセージを入出力キュー 304 に送出する（ステップ S1802）。

[0133] 次に、入出力キュー 304 のメッセージ検出部 307 が、イーサヘッダのタイプおよび PTP ヘッダのメッセージタイプを参照してメッセージの種類を検出する（ステップ S1803）。次に、メッセージ検出部 307 が、受信したメッセージが Sync メッセージまたは Delay_Req メッセージであるか否かを判断する（ステップ S1804）。

[0134] Sync メッセージまたは Delay_Req メッセージである場合（ステップ S1804：YES）、保存部 308 が、受信したメッセージをデータブロック 305 の最後尾に入力する（ステップ S1805）。なお、空のデータブロック 305 が存在する場合は、保存部 308 は、空のデータブロック 305 にダミーデータを入力した上で、メッセージをデータブロック 305 の最後尾に入力する。

[0135] Sync メッセージまたは Delay_Req メッセージでない場合（ステップ S1804：NO）、保存部 308 は、受信したメッセージをデータブロック 305 のうち、最も出力に近い位置の空のデータブロック 305 に入力する（ステップ S1806）。

- [0136] 次に、送信制御部 318 が、一定の時間 t_q ごとに入出力キュー 304 から F I F O 方式で送信するメッセージを取得する（ステップ S 1807）。そして、送信制御部 318 は、取得したメッセージをメッセージで指定された宛先のノードに送信し（ステップ S 1808）、中継処理を終了する。
- [0137] 次に、本実施の形態の通信システムによる時刻同期処理の具体例について説明する。
- [0138] まず、マスターノード 2 は、I E E E 1588 で定義されている P T P の S y n c メッセージを定期的送信する。
- [0139] マスターノード 2 から送信された S y n c メッセージは、ネットワークスイッチ 300 の入出力ポート 310 a で受信される。次に、S y n c メッセージは入出力キュー 304 に入力される。S y n c メッセージは P T P メッセージであるため、保存部 308 は、入出力キュー 304 の最後尾に S y n c メッセージを保存する。そして、送信制御部 318 が、一定時間である $n \times t_q$ が経過後に S y n c メッセージをスレーブノード 3 に送信する。
- [0140] S y n c メッセージがスレーブノード 3 で受信されると、続いてマスターノード 2 は F o l l o w _ U p メッセージを送信する。ネットワークスイッチ 300 では、F o l l o w _ U p メッセージは通常のデータと同じ扱いにより処理され、スレーブノード 3 へ転送される。
- [0141] スレーブノード 3 で F o l l o w _ U p メッセージが受信された後、スレーブノード 3 は、マスターノード 2 へ D e l a y _ R e q メッセージを送信する。
- [0142] D e l a y _ R e q メッセージがネットワークスイッチ 300 に入力されると、ネットワークスイッチ 300 は S y n c メッセージ同様の処理を行う。すなわち、データ処理部 306 のメッセージ検出部 307 が、D e l a y _ R e q メッセージのイーサヘッダのタイプおよび P T P ヘッダのメッセージタイプを調べる。イーサヘッダ 41 のタイプ 41 c が「0 x 8 8 0 7」で、かつ P T P ヘッダのメッセージタイプが「1」であるため、メッセージ検出部 307 は、D e l a y _ R e q メッセージであることを検出する。さら

に、保存部308が、Delay_Reqメッセージをデータブロック305の最後尾に入力し、それ以外の空のデータブロック305をダミーデータで埋める。この結果、Delay_Reqメッセージは、 $n \times t_q$ 時間の滞留時間後に入出力キュー304から出力され、マスターノード2に送信される。

[0143] マスターノード2は、Delay_Reqメッセージを受信すると、即座にDelay_Respメッセージをスレーブノード3へ送信する。Delay_Reqメッセージがネットワークスイッチ300により受信されると、通常のデータの処理が行われ、スレーブノード3へ転送される。

[0144] これらの一連の通信により、スレーブノード3は、第1の実施の形態で説明した(1)～(4)の4つの時刻($t_1 \sim t_4$)を得ることができる。また、滞留時間を一定($n \times t_q$)にすることができるため、マスターノード2とスレーブノード3との間のクロックのずれは、第1の実施の形態と同様に $t_o = (t_2 - t_1 - t_4 + t_3) / 2$ により算出することができる。

[0145] ところで、本実施の形態では、複数のスレーブノード3a～3cがネットワークスイッチ300に接続されている。このような構成では、ネットワークスイッチ300が、複数のスレーブノード3a～3cからマスターノード2へ送信されるDelay_Reqメッセージを同時に受信する場合がある。このような場合、データ処理部306の保存部308は、各スレーブノード3から受信した複数のメッセージを1つのデータにまとめてデータブロック305の最後尾へ入力する。

[0146] 仮に、同時に受信した複数のメッセージをそれぞれ異なるデータブロック305に入力するように構成した場合、例えば、それぞれのメッセージの滞留時間は、 $n \times t_q$ 、 $(n+1) \times t_q$ 、および $(n+2) \times t_q$ のように異なる値となる。一方、上述のように同時に受信した複数のメッセージをまとめて最後尾のデータブロック305に入力するように構成すれば、滞留時間を常に一定の値である $n \times t_q$ とすることができる。

[0147] 図19は、1つのデータにまとめたDelay_Reqメッセージのデータ形式の一例を示す図である。図19では、Delay_Reqメッセージの後に別のDelay_Reqメッセージを連結して1つのデータとする例が示されている。このようなメッセージを受信したマスターノード2は、先頭から2番目のイーサヘッダが検出されるまでのメッセージを、あるスレーブノード3から送信された1つのDelay_Reqメッセージとして処理する。

[0148] 次に、マスターノード2は、2番目のイーサヘッダとPTPヘッダを検出し、別のスレーブノード3から送信されたDelay_Reqメッセージとして処理を行う。マスターノード2は、2番目に処理するDelay_Reqメッセージの受信時刻を、最初に処理をしたDelay_Reqメッセージと同じ受信時刻とする。

[0149] マスターノード2は、3番目以降のDelay_Reqメッセージも同様にして処理する。マスターノード2は、複数のDelay_Reqメッセージに対して、それぞれDelay_Respメッセージを送信する。

[0150] なお、保存部308が、2番目以降のDelay_Reqメッセージのイーサヘッダに、送信元MACアドレス（送主アドレス）のみを設定するように構成してもよい。宛先アドレスやタイプは共通するためである。これにより、送信するメッセージのサイズを低減することが可能となる。

[0151] このように、第3の実施の形態にかかる中継装置では、複数の入出力ポートに共通する入出力キューを備え、SyncメッセージおよびDelay_Reqメッセージを、当該入出力キューの最後尾に追加するため、追加したメッセージが出力されるまでの滞留時間を一致させることができる。これにより、マスターノードおよびスレーブノード間の時刻同期を高精度に実行することが可能となる。

[0152] （第4の実施の形態）

第4の実施の形態にかかる中継装置は、時刻同期用のメッセージを、宛先のノードが接続された入出力ポート内の専用出力キューに直接転送する。そ

して、専用出力キューに入力されたメッセージを、通常のメッセージが入力される出力キューより優先して即時に宛先のノードに送信する。これにより、中継装置内での時刻同期用のメッセージの滞留時間を一定にすることができる。

[0153] なお、複数の時刻同期用のメッセージが同時に受信された場合、いずれかのメッセージが優先的に送信されることにより滞留時間を一定にできない可能性がある。そこで、第4の実施の形態にかかる中継装置は、複数のスレーブノードに対して、それぞれ異なるタイミングで時刻同期用のメッセージを送信することを要求するメッセージを送信する。これにより、各スレーブノードが送信した時刻同期用のメッセージが同時に受信されることを回避できる。

[0154] 本実施の形態の通信システムの構成は、第3の実施の形態の通信システムの構成例を示す図14と同様であるため、説明を省略する。

[0155] 図20は、第4の実施の形態にかかるネットワークスイッチ400の構成の一例を示すブロック図である。図20に示すように、ネットワークスイッチ400は、アドレス記憶部122と、ポート状態記憶部423と、入出力ポート410a、410b、410c、410d（以下、入出力ポート410という）と、クロック部101と、CPU102と、プロトコル処理部405と、を備えている。各構成部は、内部バス131により接続され、内部バス131を介して相互にデータを送受信する。

[0156] 第4の実施の形態では、対応記憶部121と算出部103とを削除したと、ポート状態記憶部423とプロトコル処理部405とを追加したこと、および入出力ポート410の機能が第1の実施の形態と異なっている。その他の構成および機能は、第1の実施の形態にかかるネットワークスイッチ100の構成を表すブロック図である図2と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

[0157] ポート状態記憶部423は、入出力ポート410の状態を表すポート状態を記憶する。図21は、ポート状態記憶部423に記憶されるデータのデー

タ構造の一例を示す図である。同図に示すように、ポート状態記憶部 423 のエントリは、ポート番号と、ポート状態とを含んでいる。ポート番号は、入出力ポート 410 を識別する番号である。ポート状態は、入出力ポート 410 にマスターノード 2 が接続されている状態の場合に「マスター」が設定され、入出力ポート 410 にスレーブノード 3 が接続されている状態の場合に「スレーブ」が設定される。同図では、ポート番号 1 の入出力ポート 410 にはマスターノード 2 が接続され、ポート番号 2、3、および 4 の入出力ポート 410 にはスレーブノード 3 が接続された場合のエントリの一例が示されている。

[0158] 図 20 に戻り、プロトコル処理部 405 は、PTP に準拠した各種処理を実行する。例えば、プロトコル処理部 405 は、ポート状態を検出するために定期的に PTP 管理要求メッセージを各ノードに送信する。また、プロトコル処理部 405 は、PTP 管理要求メッセージに対する応答である PTP 管理応答メッセージを受信し、PTP 管理応答メッセージを解析することにより、各ノードのポート状態を検出する。また、検出されたポート状態は、ポート状態記憶部 423 に保存される。

[0159] また、プロトコル処理部 405 は、指定した開始時間が経過後に Delay_Req メッセージを送信することを要求するための Delay_Req 開始メッセージを生成してスレーブノード 3 に送信する。この Delay_Req 開始メッセージは、PTP のシグナリングメッセージを拡張したものである。

[0160] 図 22 は、Delay_Req 開始メッセージの PTP ボディの構成例を示す図である。図 22 に示すように、Delay_Req 開始メッセージの PTP ボディ 431 は、ターゲットポート ID と、タイプと、長さと、組織 ID と、組織サブタイプと、開始時間とを含んでいる。ターゲットポート ID は、宛先のポート ID である。タイプは、PTP シグナリングメッセージのタイプを表す。Delay_Req 開始メッセージは組織拡張メッセージであるため、タイプには「3」の値を保持する。組織 ID は、例えば組織を

表すOUIコードを保持する。組織サブタイプは、組織内により自由に割り当てられる値を保持する。したがって、Delay_Req開始メッセージを表す固有の値は、組織IDおよび組織サブタイプの値となる。開始時間は、スレーブノード3がDelay_Req開始メッセージを受信してからDelay_Reqメッセージの送信を開始するまでの時間を保持する。開始時間がゼロの場合は、スレーブノード3は即座にDelay_Reqメッセージを送信する。

[0161] Delay_Req開始メッセージのイーサヘッダ41の宛先アドレス41aにはスレーブノード3のMACアドレスが保持される。送主アドレス41bにはネットワークスイッチ400のMACアドレスが保持される。タイプ41cには「0x8807」が保持され、PTPヘッダ42のメッセージタイプ42aにはシグナリングメッセージを表す「0xC」の値が保持される。

[0162] なお、Delay_Reqメッセージを送信する必要がないスレーブノード3は、Delay_Req開始メッセージに対する応答として、Delay_Reqメッセージの代わりに、Delay_Req終了メッセージを送信する。このDelay_Req終了メッセージは、PTPのシグナリングメッセージを拡張したものである。

[0163] 図23は、Delay_Req終了メッセージのPTPボディの構成例を示す図である。図23に示すように、Delay_Req終了メッセージは、ターゲットポートIDと、タイプと、長さ、組織IDと、組織サブタイプとを含んでいる。組織サブタイプは、Delay_Req開始メッセージと異なる値を保持する。Delay_Req終了メッセージは、Delay_Req開始メッセージ同様に組織拡張メッセージであるため、タイプには「3」の値を保持する。

[0164] 図20に戻り、入出力ポート410は、各ノードに接続するためのケーブル132が接続されるポートである。図24は、入出力ポート410の詳細構成の一例を示すブロック図である。図24に示すように、入出力ポート4

10は、PHY部111と、入力キュー112と、出力キュー113と、専用出力キュー114と、接続検出部115と、メッセージ検出部117と、送信制御部418と、転送制御部419と、メッセージ判定部420と、を備えている。これらは、内部バス131により接続され、相互にデータのやり取りが可能である。

[0165] 第4の実施の形態では、時刻検出部116を削除したこと、送信制御部418と転送制御部419の機能、および、メッセージ判定部420を追加したことが第1の実施の形態と異なっている。その他の構成および機能は、第1の実施の形態にかかる入出力ポート110の構成を表すブロック図である図4と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

[0166] メッセージ判定部420は、受信されたメッセージが最優先で転送するPTPメッセージであるか否かを判定する。具体的には、メッセージ判定部420は、メッセージ検出部117によって検出されたメッセージの種類が、最優先で転送するPTPメッセージとして予め定められたメッセージを表すか否かを判定する。

[0167] 送信制御部418は、出力キュー113および専用出力キュー114に記憶されているメッセージの送信タイミングを制御する。本実施の形態では、送信制御部418は、出力キュー113に記憶されているメッセージより、専用出力キュー114に記憶されているメッセージを優先して即時に送信するように制御する。

[0168] 転送制御部419は、入力キュー112に記憶されているメッセージを、他の入出力ポート410の出力キュー113に転送する処理を制御する。また、転送制御部419は、最優先で転送するPTPメッセージを、入力キュー112に記憶せずに、宛先のノードが接続された入出力ポート410の専用出力キュー114に即時に転送するように制御する機能が追加される。

[0169] 次に、マスターノード2およびスレーブノード3の内部構造について図25を用いて説明する。図25は、マスターノード2およびスレーブノード3の内部構成の一例を示すブロック図である。なお、マスターノード2および

スレーブノード3は、同図に示すような同様の内部構成を備えている。

[0170] すなわち、マスターノード2およびスレーブノード3は、クロック部22と、CPU23と、プロトコル処理部24と、入出力ポート25と、を備えている。各構成部は、内部バス26により接続され、内部バス26を介して相互にデータを送受信する。

[0171] クロック部22は、クロック信号を発生させる。CPU23は、各ノード内で実行される各種処理を制御するプロセッサである。プロトコル処理部24は、ネットワークスイッチ400と同様に、PTPに準拠した各種処理を実行する。入出力ポート25は、ネットワークスイッチ400に接続するためのケーブル132が接続されるポートである。

[0172] 次に、このように構成された第4の実施の形態にかかるネットワークスイッチ400によるポート状態検出処理について説明する。ポート状態検出処理とは、PTPに準拠した所定のメッセージを送受信することにより、各入出力ポート410のポート状態を検出する処理を表す。

[0173] まず、マスターノード2やスレーブノード3がネットワークスイッチ400に接続されると、接続検出部115によって接続が検出され、接続状態がオフ情報からオン情報に変更される。これを契機として、ネットワークスイッチ400は、PTP管理要求メッセージを定期的送信し、ノード毎のポート状態（マスターかスレーブか）を取得する。

[0174] 図26は、PTP管理メッセージのメッセージ形式の一例を示す図である。PTP管理メッセージとは、ポート状態の検出等のPTPを実行するために必要な管理処理に関連して送信されるメッセージである。PTP管理メッセージには、ポート状態を検出するためのPTP管理要求メッセージ、および、PTP管理要求メッセージに対する応答であるPTP管理応答メッセージが含まれる。

[0175] 図26に示すように、PTP管理メッセージは、イーサヘッダ41と、PTPヘッダ42と、PTPボディ43と、から構成される。このように、PTP管理メッセージは、図5に示すような時刻同期に用いられるPTPメッ

セージから送信時刻タグ 4 4 を削除した構成となっている。なお、PTP ヘッダ 4 2 の詳細な構成は、第 1 の実施の形態で示した図 6 と同様であるため説明を省略する。

[0176] PTP 管理メッセージのボディは、アクションフィールド、マネージメント ID、およびポート状態フィールド等から構成される（図示せず）。アクションフィールドは、PTP 管理要求メッセージであれば「0」の値が保持され、PTP 管理応答メッセージであれば「2」の値が保持される。マネージメント ID は、PTP 管理メッセージの種類を表す値が保持される。PTP 管理要求メッセージおよび PTP 管理応答メッセージの種類は、PORT__DATA__SET であるため、「0 x 2 0 0 4」が保持される。

[0177] ポート状態フィールドは、ポート状態が保持される。マスターノード 2 が接続されている場合は「0 x 0 6」が保持され、スレーブノード 3 が接続されている場合は「0 x 0 9」の値が保持される。

[0178] PTP 管理要求メッセージのイーサヘッダ 4 1 の宛先アドレス 4 1 a には、マルチキャストアドレスが保持される。送主アドレス 4 1 b にはネットワークスイッチ 4 0 0 の MAC アドレスが保持される。PTP ヘッダ 4 2 のメッセージタイプ 4 2 a には「0 x D」が保持される。PTP ボディ 4 3 のアクションフィールドには「0」が保持され、マネージメント ID には「0 x 2 0 0 4」が保持される。

[0179] マスターノード 2 は、PTP 管理要求メッセージを受信すると、プロトコル処理部 2 4 により、メッセージの種類が判別される。プロトコル処理部 2 4 は、PTP ヘッダのメッセージタイプ、PTP ボディのアクションフィールド、およびマネージメント ID の値から、PTP 管理要求メッセージであることを検出し、応答として PTP 管理応答メッセージを送信する。

[0180] マスターノード 2 が送信する PTP 管理応答メッセージのイーサヘッダ 4 1 の宛先アドレス 4 1 a には、PTP 管理要求メッセージの送主アドレスであったネットワークスイッチ 4 0 0 の MAC アドレスが保持される。イーサヘッダ 4 1 の送主アドレス 4 1 b には、マスターノード 2 の MAC アドレス

が保持される。PTPヘッダ42のメッセージタイプ42aには「0xD」が保持される。PTPボディ43のアクションフィールドには「2」が保持され、マネージメントIDには「0x2004」が保持され、ポート状態フィールドには「6」の値が保持される。

[0181] スレーブノード3a、3b、3cは、マスターノード2同様に、PTP管理要求メッセージを受信すると、プロトコル処理部24により、メッセージの種類が判別される。プロトコル処理部24は、PTP管理要求メッセージであることを検出し、PTP管理応答メッセージを送信する。

[0182] スレーブノード3が送信するPTP管理応答メッセージのイーサヘッダ41の宛先アドレス41aにはネットワークスイッチ400のMACアドレスが保持される。送主アドレス41bにはスレーブノード3のMACアドレスが保持される。PTPヘッダ42のメッセージタイプ42aには「0xD」が保持される。PTPボディ43のアクションフィールドには「2」が保持され、マネージメントIDには「0x2004」が保持され、ポート状態フィールドには「9」の値が保持される。

[0183] ネットワークスイッチ400は、マスターノード2、およびスレーブノード3a、3b、3cから送信されたPTP管理応答メッセージを受信すると、プロトコル処理部405によりメッセージの種類が検出される。プロトコル処理部405は、PTP管理応答メッセージであることを検出し、ポート状態フィールドから各入出力ポート410のポート状態を検出する。また、プロトコル処理部405は、検出したポート状態を、ポート状態記憶部423に反映する。

[0184] このようなポート状態検出処理により、ネットワークスイッチ400は、各入出力ポート410の最新のポート状態を保持することができる。

[0185] 次に、このように構成された第4の実施の形態にかかるネットワークスイッチ400による中継処理について図27を用いて説明する。図27は、第4の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである。

- [0186] まず、PHY部111の受信部111aが、マスターノード2またはスレーブノード3から送信されたメッセージを受信する（ステップS2701）。次に、メッセージ検出部117が、イーサヘッダのタイプおよびPTPヘッダのメッセージタイプを参照してメッセージの種類を検出する（ステップS2702）。
- [0187] 次に、メッセージ判定部420が、受信したメッセージが最優先で転送するPTPメッセージであるか否かを判断する（ステップS2703）。例えば、メッセージ判定部420は、Syncメッセージ、Follow_Upメッセージ、Delay_Reqメッセージ、およびDelay_Respメッセージを最優先で転送するPTPメッセージであると判定する。
- [0188] 最優先で転送するPTPメッセージである場合（ステップS2703：YES）、転送制御部419は、当該PTPメッセージの宛先として指定されたノードが接続された入出力ポート410を特定する。そして、転送制御部419が、特定した入出力ポート410の専用出力キュー114に当該PTPメッセージを転送する（ステップS2704）。
- [0189] PTPメッセージが転送された入出力ポート410の送信制御部418は、専用出力キュー114に転送されたPTPメッセージを最優先で送信し（ステップS2705）、中継処理を終了する。
- [0190] 最優先で転送するPTPメッセージでない場合（ステップS2703：NO）、受信されたメッセージは、メッセージが受信された入出力ポート410の入力キュー112に記憶される（ステップS2706）。
- [0191] 次に、転送制御部419は、記憶されたメッセージの処理の順番となったときに、当該メッセージを、内部バス131を介して、当該メッセージの宛先となるノードが接続された入出力ポート410の出力キュー113に転送する（ステップS2707）。
- [0192] メッセージが転送された入出力ポート410の送信制御部418は、出力キュー113に転送されたメッセージの処理の順番となったときに、当該メッセージを宛先となるノードに送信し（ステップS2708）、中継処理を

終了する。

[0193] 次に、本実施の形態の通信システムによる時刻同期処理の具体例について図28を用いて説明する。図28は、第4の実施の形態の時刻同期処理のシーケンス図である。

[0194] まず、マスターノード2は、定期的にSyncメッセージを送信する（ステップS2801）。ネットワークスイッチ400は、任意のメッセージを受信すると、メッセージ検出部117によって、最優先で転送するPTPメッセージであるか否かを検出する。Syncメッセージは、最優先で転送するPTPメッセージであるため、転送制御部419によって宛先ノードが接続された入出力ポート410の専用出力キュー114へ直接転送され、即座にメッセージがスレーブノード3へ出力される（ステップS2802～ステップS2804）。本実施の形態では、スレーブノード3a、3b、3cが接続された入出力ポート410b、410c、410dの専用出力キュー114へ転送される。

[0195] 最優先で転送されるPTPメッセージは、直接専用出力キュー114へ転送されることで、入力キュー112での待ち時間、および出力キュー113での待ち時間が生じなくなる。このため、ネットワークスイッチ400内でのメッセージの滞留時間が減り、マスターノード2とスレーブノード3間の時刻同期精度が向上する。

[0196] なお、最優先で転送するPTPメッセージ以外のメッセージは、受信された入出力ポート410の入力キュー112へ送られ、先に送られたメッセージと共に、宛先となるノードが接続された入出力ポート410の出力キュー113へ転送する順番を待つ。

[0197] マスターノード2は、Syncメッセージに続いて、Follow_Upメッセージを送信する（ステップS2805）。Follow_Upメッセージを受信したネットワークスイッチ400は、メッセージ検出部117により最優先で転送するPTPメッセージであることを検出する。これにより、Follow_Upメッセージは、Syncメッセージ同様に最優先で転

送される（ステップS2806～ステップS2808）。

[0198] 次に、ネットワークスイッチ400は、ポート状態記憶部423を参照し、スレーブノード3が接続された入出力ポート410を検出する。そして、検出した各入出力ポート410に接続されたスレーブノード3a、3b、3cそれぞれに対して、Delay_Reqメッセージの送信を開始する開始時間を算出する（ステップS2809）。このとき、ネットワークスイッチ400は、各スレーブノード3a、3b、3cに送信するDelay_Req開始メッセージの開始時間を、それぞれ異なる時間に設定する。例えば、スレーブノード3a、3b、および3cに送信するDelay_Req開始メッセージの開始時間を、それぞれ「0ミリ秒」、「10ミリ秒」、および「20ミリ秒」に設定する。

[0199] ネットワークスイッチ400は、算出した開始時間を各スレーブノード3のDelay_Req開始メッセージにそれぞれ設定し（ステップS2810）、各スレーブノード3に送信する（ステップS2811～ステップS2813）。

[0200] スレーブノード3aは、Delay_Req開始メッセージを受信し、プロトコル処理部24によってメッセージを検出する。また、プロトコル処理部24は、Delay_Req開始メッセージのPTPボディ431の開始時間を読み取り、Delay_Reqメッセージを、読み取った開始時間後に送信する（ステップS2814）。上記例では開始時間が「0ミリ秒」であるため、スレーブノード3aは、Delay_Req開始メッセージを受信してから即座にDelay_Reqメッセージを送信する。

[0201] スレーブノード3b、3cも同様にDelay_Req開始メッセージを受信し、Delay_Req開始メッセージで指定された開始時間が経過した後に、Delay_Reqメッセージを送信する（ステップS2816、ステップS2818）。

[0202] Delay_Reqメッセージを受信したネットワークスイッチ400は、メッセージ検出部117によって最優先で転送するPTPメッセージであ

ることを検出する。これにより、D e l a y _ R e qメッセージは、S y n cメッセージと同様に優先してマスターノード2へ転送される。

[0203] スレーブノード3 b、3 cも同様に、それぞれD e l a y _ R e q開始メッセージを受信してから、10ミリ秒、20ミリ秒後にD e l a y _ R e qメッセージを送信する。各D e l a y _ R e qメッセージは、それぞれマスターノード2へ同様に転送される。D e l a y _ R e qメッセージを送信する必要がないスレーブノード3は、D e l a y _ R e qメッセージの代わりに、D e l a y _ R e q終了メッセージを送信する。

[0204] マスターノード2は、各スレーブノード3のD e l a y _ R e qメッセージを受信した後、各スレーブノード3へD e l a y _ R e s pメッセージを送信する。

[0205] D e l a y _ R e s pメッセージを受信したネットワークスイッチ400は、メッセージ検出部117によって最優先で転送するP T Pメッセージであることを検出する。これにより、D e l a y _ R e s pメッセージは、最優先度でスレーブノード3へ転送される（ステップS 2 8 1 5、ステップS 2 8 1 7、ステップS 2 8 1 9）。

[0206] これらの一連の通信により、スレーブノード3は、第1の実施の形態で説明した（1）～（4）の4つの時刻（ $t_1 \sim t_4$ ）を得ることができる。また、P T Pメッセージを常に最優先で転送することにより滞留時間を一定にすることができる。このため、マスターノード2とスレーブノード3との間のクロックのずれは、第1の実施の形態と同様に $t_{\text{offset}} = (t_2 - t_1 - t_4 + t_3) / 2$ により算出することができる。

[0207] このように、第4の実施の形態にかかる中継装置では、時刻同期用のメッセージを専用出力キューに直接転送し、専用出力キューに入力されたメッセージを最優先で宛先のノードに送信する。これにより、中継装置内での時刻同期用のメッセージの滞留時間を一定にすることができる。

[0208] また、第4の実施の形態にかかる中継装置では、複数のスレーブノードに対して、それぞれ異なるタイミングで時刻同期用のメッセージを送信するこ

とを要求するメッセージを送信することができる。これにより、各スレーブノードが送信した時刻同期用のメッセージが同時に受信されることを回避できる。

[0209] (第5の実施の形態)

第5の実施の形態にかかる中継装置は、さらに他の中継装置を介してスレーブノードに接続される。そして、第5の実施の形態にかかる中継装置は、時刻同期用のメッセージ(Delay__Reqメッセージ)を送信することを要求するメッセージ(Delay__Req開始メッセージ)を、他の中継装置を介して接続されたスレーブノードを優先して送信する。そして、他の中継装置を介して接続されたスレーブノードから、Delay__Req開始メッセージに対応するDelay__Reqメッセージを受信した後に、直接接続されたスレーブノードに対してDelay__Req開始メッセージを送信する。

[0210] 図29は、第5の実施の形態の中継装置であるネットワークスイッチ500を含む通信システムの構成例を示す図である。図29に示すように、第5の実施の形態の通信システムは、ネットワークスイッチ500a、500bと、マスターノード2と、スレーブノード3d、3e、3f、3gとを備えている。なお、ネットワークスイッチ500aおよび500bは同様の構成を備えるため、以下では単にネットワークスイッチ500という場合がある。

[0211] マスターノード2、スレーブノード3d、3e、およびネットワークスイッチ500bが、ネットワークスイッチ500aに接続されている。また、スレーブノード3fおよびスレーブノード3gが、ネットワークスイッチ500bに接続されている。マスターノード2およびスレーブノード3の内部構成は、第4の実施の形態と同様であるため説明を省略する。

[0212] 図30は、第5の実施の形態にかかるネットワークスイッチ500の構成の一例を示すブロック図である。図30に示すように、ネットワークスイッチ500は、アドレス記憶部122と、ポート状態記憶部523と、入出力

ポート410と、クロック部101と、CPU102と、プロトコル処理部505と、送信判定部506と、を備えている。各構成部は、内部バス131により接続され、内部バス131を介して相互にデータを送受信する。

[0213] 第5の実施の形態では、ポート状態記憶部523のデータ構造、プロトコル処理部505の機能、および、送信判定部506を追加したことが第4の実施の形態と異なっている。その他の構成および機能は、第4の実施の形態にかかるネットワークスイッチ400の構成を表すブロック図である図20と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

[0214] ポート状態記憶部523は、他のネットワークスイッチ500が接続された入出力ポート410が存在する場合に、当該他のネットワークスイッチ500に接続されたスレーブノード3の個数を記憶するためのフィールドが追加される。

[0215] 図31は、ポート状態記憶部523に記憶されるデータのデータ構造の一例を示す図である。同図に示すように、ポート状態記憶部523のエントリは、ポート番号と、ポート状態と、ノード数とを含んでいる。本実施の形態では、他のネットワークスイッチ500が接続された入出力ポート410のポート状態として「スイッチ」が設定される。また、ノード数は、ポート状態が「スイッチ」である場合に、その配下に接続されたスレーブノード3の個数を保持する。

[0216] プロトコル処理部505は、第4の実施の形態のプロトコル処理部405と同様に、PTPに準拠した各種処理を実行する。また、プロトコル処理部505は、DelayReq開始メッセージを生成してスレーブノード3に送信する。このとき、プロトコル処理部505は、ポート状態記憶部523のポート状態が「スイッチ」であるエントリが存在する場合、対応する入出力ポート410に接続された他のネットワークスイッチ500に対して、優先的にDelayReq開始メッセージを送信する。

[0217] 送信判定部506は、他のネットワークスイッチ500にDelayReq開始メッセージが送信された場合に、送信されたDelayReq開

始メッセージに応じて、すべてのスレーブノード3からDelay_Reqメッセージが送信されたことを判定する。プロトコル処理部505は、すべてのスレーブノード3からDelay_Reqメッセージが送信されたと判定されたときに、直接接続されたスレーブノード3に対してDelay_Req開始メッセージを送信する。

[0218] 本実施の形態の中継処理の流れは、第4の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである図27と同様であるため、説明を省略する。

[0219] 次に、このように構成された第5の実施の形態にかかるネットワークスイッチ500によるポート状態検出処理について説明する。

[0220] ネットワークスイッチ500は、PTP管理要求メッセージを定期的送信し、ノード毎のポート状態（マスターかスレーブか）を取得する。

[0221] ネットワークスイッチ500aおよび500bは、それぞれ、PTP管理要求メッセージを送信し、各ポートのポート状態を取得する。ネットワークスイッチ500bは適切なポート状態を有さないため、ネットワークスイッチ500aに対して適切なPTP管理応答メッセージを送信しない。

[0222] したがって、ネットワークスイッチ500aは、ネットワークスイッチ500bが接続された入出力ポート410をさらに調査する。まず、ネットワークスイッチ500aは、ネットワークスイッチ500bに、拡張したPTP管理要求メッセージを送信する。PTPの拡張であるため、このPTP管理要求メッセージのマネージメントIDには、PTPで割り当てられていない値を設定する。

[0223] このPTP管理要求メッセージに対するPTP管理応答メッセージは、配下のノード数フィールドを含むように拡張する。配下のノード数とは、ネットワークスイッチ500bに接続されている、カスケード接続されたものを含めたノードの総数である。

[0224] これにより、ネットワークスイッチ500aは、ネットワークスイッチ500bの存在を検出し、配下のノード数を検出する。図29のような構成の

場合、配下のノード数が2であることを検出する。もしネットワークスイッチ500bに、さらに別のネットワークスイッチ500cが接続され、ネットワークスイッチ500cに4つのスレーブノード3が接続されていた場合、ノード数の値は4増加して6となる。プロトコル処理部505は、検出したノード数の値をポート状態記憶部523へ反映する。

[0225] 次に、本実施の形態の通信システムによる時刻同期処理の具体例について図32を用いて説明する。図32は、第5の実施の形態の時刻同期処理のシーケンス図である。

[0226] まず、マスターノード2は、定期的にPTPのSyncメッセージを送信する（ステップS3201）。ネットワークスイッチ500aは、Syncメッセージを受信すると、メッセージ検出部117により最優先で処理するメッセージであることを検出する。そして、Syncメッセージは、スレーブノード3d、3e、3f、3gへ送信される（ステップS3202～ステップS3206）。続いて送信されるFollow_Upメッセージも、同様に各スレーブノード3に送信される（ステップS3207～ステップS3212）。

[0227] 次に、ネットワークスイッチ500aは、ポート状態記憶部523を参照し、ネットワークスイッチ500bおよびスレーブノード3d、3eが接続された入出力ポート410へDelay_Req開始メッセージを順番に送信する。Delay_Req開始メッセージの開始時間は、例えば、全てゼロ秒に設定するが、最初にネットワークスイッチ500bへ送信する（ステップS3213、ステップS3214）。

[0228] ネットワークスイッチ500bは、Delay_Req開始メッセージを受信してから、即座にスレーブノード3f、3gへDelay_Req開始メッセージを送信する（ステップS3215、ステップS3216）。Delay_Req開始メッセージの開始時間は、例えば、スレーブノード3fはゼロ秒、スレーブノード3gは10ミリ秒に設定する。

[0229] Delay_Req開始メッセージを受信したスレーブノード3f、3g

は、それぞれ、開始時間後に、Delay_Reqメッセージをマスターノード2宛に送信する（ステップS3217、ステップS3219）。Delay_Reqメッセージを受信したネットワークスイッチ500bは、最優先でメッセージをネットワークスイッチ500aへ転送する。Delay_Reqメッセージを受信したネットワークスイッチ500aは、Delay_Reqメッセージを検出し、マスターノード2へさらに転送する。

[0230] ネットワークスイッチ500aの送信判定部506は、ポート状態記憶部523のノード数から、Delay_Reqメッセージか、またはDelay_Req終了メッセージを受信した総数をカウントし、カウントした値がポート状態記憶部523のノード数に等しくなった場合に、Delay_Reqメッセージの受信が完了したと判断する。そして、プロトコル処理部505が、Delay_Req開始メッセージをスレーブノード3dへ送信する（ステップS3221）。

[0231] スレーブノード3dは、Delay_Req開始メッセージを受信後、即座にDelay_Reqメッセージを送信する（ステップS3222）。このDelay_Reqメッセージを処理したネットワークスイッチ500aは、Delay_Req開始メッセージをスレーブノード3eへ送信する（ステップS3224）。同様にスレーブノード3eはDelay_Reqメッセージを送信する（ステップS3225）。

[0232] マスターノード2は、各スレーブノード3が送信したDelay_Reqを受信すると、即座にDelay_Respメッセージを送信する（ステップS3218、ステップS3220、ステップS3223、ステップS3226）。

[0233] このような処理により、ネットワークスイッチ500aでは、Delay_Reqメッセージが複数の入出力ポート410に同時に受信されることがない。このため、所定のPTPメッセージを常に最優先で転送する最優先処理が実行される場合であっても、受信したPTPメッセージの衝突が起これず、滞留時間のずれが生じない。

[0234] なお、同図では、直接接続された複数のスレーブノード3に対してD e l a y _ R e q開始メッセージを送信するときに、1つのスレーブノード3に送信したD e l a y _ R e q開始メッセージに対応するD e l a y _ R e qメッセージを受信した後に、次のスレーブノード3にD e l a y _ R e q開始メッセージを送信していた。これに対し、第4の実施の形態と同様の方法により、異なる開始時間を設定したD e l a y _ R e q開始メッセージを複数のスレーブノード3に対して同時に送信するように構成してもよい。

[0235] このように、第5の実施の形態にかかる中継装置では、他の中継装置を介してスレーブノードが接続される場合であっても、第4の実施の形態と同様に受信したP T Pメッセージの衝突を起こさず、かつ、滞留時間を一定にすることができる。

[0236] （第6の実施の形態）

一般的に、プロトコル処理部やC P Uが接続される内部バスには、イーサネット（登録商標）上のトラフィックのほか、C P Uが実行する命令データや、機器を構成する各ハードウェアの監視制御情報等が流れ、データの流れを制御するのが非常に困難である。

[0237] そこで第6の実施の形態では、データの流れを制御して滞留時間を最小化するメッセージを転送するためのバス（優先バス）を、他のデータが流れる上記のような内部バスから独立させる。この優先バスでは、最優先で転送するP T Pメッセージのみを転送することとして、これらのメッセージの滞留時間を容易に制御できるようにしている。

[0238] 図33は、第6の実施の形態にかかるネットワークスイッチ600の構成の一例を示すブロック図である。図33に示すように、ネットワークスイッチ600は、アドレス記憶部122と、ポート状態記憶部423と、入出力ポート610a、610b、610c、610d（以下、入出力ポート610という）と、クロック部101と、C P U102と、プロトコル処理部405と、を備えている。各構成部は、内部バス131により接続され、内部バス131を介して相互にデータを送受信する。また、各入出力ポート61

0は、相互に優先バス632により接続され、優先バス632を介して優先的に送信するPTPメッセージを送受信する。

[0239] 第6の実施の形態では、上述のような優先バス632を追加したこと、および、入出力ポート610の機能が第4の実施の形態と異なっている。その他の構成および機能は、第4の実施の形態にかかるネットワークスイッチ400の構成を表すブロック図である図20と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

[0240] 入出力ポート610は、各ノードに接続するためのケーブル132が接続されるポートである。図34は、入出力ポート610の詳細構成の一例を示すブロック図である。図34に示すように、入出力ポート610は、PHY部111と、入力キュー112と、出力キュー113と、専用出力キュー614と、接続検出部115と、メッセージ検出部117と、送信制御部418と、転送制御部619と、メッセージ判定部420と、を備えている。

[0241] 本実施の形態では、入力キュー112と、出力キュー113と、接続検出部115と、転送制御部619と、メッセージ判定部420とが、内部バス131により接続され、専用出力キュー614と、メッセージ検出部117と、転送制御部619とが、優先バス632により接続される点が、第4の実施の形態と異なっている。

[0242] また、第4の実施の形態では、専用出力キュー614および転送制御部619の機能が第4の実施の形態と異なっている。その他の構成および機能は、第4の実施の形態にかかる入出力ポート410の構成を表すブロック図である図24と同様であるので、同一符号を付し、ここでの説明は省略する。

[0243] 転送制御部619は、最優先で転送するPTPメッセージを優先バス632を介して他のすべての入出力ポート610の専用出力キュー614に転送するように制御する点が、第4の実施の形態の転送制御部419と異なっている。

[0244] 専用出力キュー614は、転送されたPTPメッセージの宛先アドレスが、対応する入出力ポート610に接続されたノードのアドレスと一致するか

否かを判定し、一致する場合にのみ転送されたPTPメッセージを記憶する機能が追加された点が、第4の実施の形態の専用出力キュー114と異なっている。

[0245] 次に、このように構成された第6の実施の形態にかかるネットワークスイッチ600による中継処理について図35を用いて説明する。図35は、第6の実施の形態における中継処理の全体の流れを示すフローチャートである。

[0246] ステップS3501からステップS3503までは、第4の実施の形態にかかるネットワークスイッチ400におけるステップS2701からステップS2703までと同様の処理なので、その説明を省略する。

[0247] 最優先で転送するPTPメッセージである場合（ステップS3503：YES）、転送制御部619が、他のすべての入出力ポート610の専用出力キュー614に当該PTPメッセージを転送する（ステップS3504）。PTPメッセージが転送された入出力ポート610の専用出力キュー614は、PTPメッセージの宛先アドレスを確認し、入出力ポート610に接続されたノードのアドレスと一致する場合に、転送されたPTPメッセージ記憶する。

[0248] ステップS3505からステップS3508までは、第4の実施の形態にかかるネットワークスイッチ400におけるステップS2705からステップS2708までと同様の処理なので、その説明を省略する。

[0249] 次に、本実施の形態のネットワークスイッチ600による中継処理の具体例について説明する。

[0250] ケーブル132からメッセージが到着すると、PHY部111が該メッセージをデジタル情報に変換し、入力キュー112とメッセージ検出部117とに渡す。メッセージ検出部117は、現在受信しているメッセージが最優先で転送するPTPメッセージであるか否かを、メッセージのフォーマットが、予め定められた最優先で転送するPTPメッセージと一致するか否かを調べることによって判断する。最優先で転送するPTPメッセージである

場合は、転送制御部 6 1 9 は、優先バス 6 3 2 を通じて該メッセージを送出するべき入出力ポート 6 1 0 へと転送する。一方、転送制御部 6 1 9 は、入力キュー 1 1 2 に該メッセージを廃棄するよう指示する。

[0251] 入出力ポート 6 1 0 a の転送制御部 6 1 9 は、受信されたメッセージを、その他の全ての入出力ポート 6 1 0 の専用出力キュー 6 1 4 に、優先バス 6 3 2 を介して転送する。

[0252] 各入出力ポート 6 1 0 の専用出力キュー 6 1 4 は、優先バス 6 3 2 上を転送されてくるメッセージの宛先アドレスを確認し、メッセージを取り込む可否かを判断し、取り込むと判断した場合にメッセージを取り込む。送信制御部 4 1 8 は、専用出力キュー 6 1 4 に取り込まれたメッセージを即時に P H Y 部 1 1 1 に出力する。P H Y 部 1 1 1 は、渡されたビット列を、イーサネット（登録商標）の仕様に基づく形式の信号に変換し、ケーブル 1 3 2 に送出する。

[0253] 本実施の形態では、以下の 2 つの場合に滞留が発生する可能性がある。

（１）優先バス 6 3 2 に対して、ある入出力ポート 6 1 0 （例えば入出力ポート 6 1 0 a）から最優先で転送する P T P メッセージを送出するとき、他の入出力ポート 6 1 0 （例えば入出力ポート 6 1 0 b）によって優先バス 6 3 2 にメッセージが送出されている場合。

（２）専用出力キュー 6 1 4 からメッセージをケーブル 1 3 2 に送出するとき、出力キュー 1 1 3 からメッセージが送出されている場合。

[0254] 上記（１）の場合の滞留は、マスターノード 2 からスレーブノード 3 へ転送される、または、スレーブノード 3 からマスターノード 2 へ転送される、最優先で転送する P T P メッセージが、ネットワークスイッチ 6 0 0 に同時に到着しないように制御すれば回避できる。

[0255] マスターノード 2 から転送される P T P メッセージについては、マスターノード 2 がシステムの中で 1 つであること、および、シーケンスがマスターノード 2 から始まることから、マスターノード 2 が最優先で転送する P T P メッセージ（S y n c メッセージ等）の送出間隔を制御することにより回避

できる。すなわち、マスターノード2が、過去に送出したSyncメッセージにより開始された一連のシーケンスが終了した後で、次のSyncメッセージを送出することにすれば滞留が回避できる。

[0256] 一方、スレーブノード3からマスターノード2へ転送されるPTPメッセージについては、Delay_Req開始メッセージに開始時間を設定することにより、スレーブノード3が応答するまでの待ち時間を指定するようにしたので、この値をネットワークスイッチ600が適切に調節することで滞留が回避できる。

[0257] 上記(2)の場合の滞留は、以下に述べる方法を適用することで回避できる。図36は、専用出力キュー614および出力キュー113に割り当てる処理時間の一例を示す図である。図36に示すように、ケーブル132に対して、最優先で転送するPTPメッセージだけを送出できる時間を周期的に設ける。

[0258] 例えば、1msのうち100 μ 秒が、最優先で転送するPTPメッセージだけを送出できる時間とする。この周期構造は送信制御部418が作成する。通常のメッセージが出力キュー113に保持されると、送信制御部418は、該メッセージをケーブル132に送出するのに必要な時間を計算する。この時間は、メッセージの長さでケーブル132の物理速度から計算できる。その後、送信制御部418は、その時点でメッセージ送出を開始した場合に、そのメッセージ送出が終了する時刻を算出する。そして、送信制御部418は、この時刻を元に、現時点でメッセージを送出すると、最優先で転送するPTPメッセージだけを送出できる時間の開始までに送出が終了するかどうかを判定する。送出が終了しないと判定した場合、送信制御部418は、最優先で転送するPTPメッセージの送出を妨げないように、最優先で転送するPTPメッセージだけを送出できる時間の終了まで出力キュー113からのメッセージ送出を待機する。

[0259] このように出力キュー113からのメッセージ送出を制御することにより、必ず、最優先で転送するPTPメッセージを送出する空き時間を確保する

ことができる。このため、最優先で転送するPTPメッセージの滞留を周期構造の周期に留めることが可能になる。これにより、最優先で転送するPTPメッセージのネットワークスイッチ600での滞留時間を確定できるようになり、滞留時間のずれを防止できる。

[0260] このように、第6の実施の形態にかかる中継装置では、最優先で転送するメッセージを転送するための優先バスを、他のデータが流れる内部バスから独立させることができる。これにより、最優先で転送するメッセージの滞留時間を一定にする制御を容易に実現可能となる。

[0261] 第1～第6の実施の形態にかかる中継装置で実行される中継プログラムは、インストール可能な形式又は実行可能な形式のファイルでCD-ROM (Compact Disk Read Only Memory)、フレキシブルディスク (FD)、CD-R (Compact Disk Recordable)、DVD (Digital Versatile Disk) 等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録されてコンピュータプログラムプロダクトとして提供される。

[0262] また、第1～第6の実施の形態にかかる中継装置で実行される中継プログラムを、インターネット等のネットワークに接続されたコンピュータ上に格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせることにより提供するように構成してもよい。また、第1～第6の実施の形態にかかる中継装置で実行される中継プログラムをインターネット等のネットワーク経由で提供または配布するように構成してもよい。

[0263] また、第1～第6の実施の形態の中継プログラムを、ROM等に予め組み込んで提供するように構成してもよい。

[0264] なお、本発明は、上記実施の形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化することができる。また、上記実施の形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成することができる。例えば、実施の形態に示される全構成要素からいくつかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施の形態にわたる構成要素を適宜組み合わせても良い。

符号の説明

- [0265] 2 マスターノード
 3 スレーブノード
 2 2 クロック部
 2 3 CPU
 2 4 プロトコル処理部
 2 5 入出力ポート
 2 6 内部バス
 1 0 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0、5 0 0、6 0 0 ネットワークスイッチ
- 1 0 1 クロック部
 1 0 2 CPU
 1 0 3、2 0 3 算出部
 1 1 0、2 1 0、3 1 0、4 1 0、6 1 0 入出力ポート
 1 1 1 PHY部
 1 1 1 a 受信部
 1 1 1 b 送信部
 1 1 2 入力キュー
 1 1 3 出力キュー
 1 1 4、6 1 4 専用出力キュー
 1 1 5 接続検出部
 1 1 6 時刻検出部
 1 1 7、2 1 7 メッセージ検出部
 1 1 8、2 1 8、3 1 8、4 1 8 送信制御部
 1 1 9、4 1 9、6 1 9 転送制御部
 1 2 1 対応記憶部
 1 2 2 アドレス記憶部
 1 3 1 内部バス

- 1 3 2 ケーブル
- 3 0 4 入出力キュー
- 3 0 5 データブロック
- 3 0 6 データ処理部
- 3 0 7 メッセージ検出部
- 3 0 8 保存部
- 4 0 5、5 0 5 プロトコル処理部
- 4 2 0 メッセージ判定部
- 4 2 3、5 2 3 ポート状態記憶部
- 5 0 6 送信判定部
- 6 3 2 優先バス

請求の範囲

- [請求項1] 第1通信装置と第2通信装置との間で送受信されるメッセージを中継する中継装置であって、
- 前記第2通信装置を宛先とし、送信時刻を含む第1同期メッセージを前記第1通信装置から受信する第1受信部と、
- 前記第1同期メッセージを前記第2通信装置に送信するまでに滞留する時間の予測値である第1滞留時間を算出する算出部と、
- 前記第1同期メッセージを受信してから前記第1滞留時間が経過した後に前記第1同期メッセージを前記第2通信装置に送信する第1送信制御部と、
- 前記第1同期メッセージに応じて前記第1通信装置を宛先として送信され、送信時刻を含む第2同期メッセージを前記第2通信装置から受信する第2受信部と、
- 前記第2同期メッセージを受信してから、対応する前記第1同期メッセージに対して算出された前記第1滞留時間が経過した後に前記第2同期メッセージを前記第1通信装置に送信する第2送信制御部と、
- を備えることを特徴とする中継装置。
- [請求項2] 前記算出部は、さらに、前記第2同期メッセージを前記第1通信装置に送信するまでに滞留する時間の予測値である第2滞留時間を算出し、
- 前記第2送信制御部は、前記第2滞留時間が、対応する前記第1同期メッセージに対して算出された前記第1滞留時間以下である場合に、前記第2同期メッセージを受信してから、対応する前記第1同期メッセージに対して算出された前記第1滞留時間が経過した後に前記第2同期メッセージを前記第1通信装置に送信すること、
- を特徴とする請求項1に記載の中継装置。
- [請求項3] 前記算出部は、前記第2滞留時間が、前記第1滞留時間より大きい場合に前記第2同期メッセージを破棄すること、

を特徴とする請求項 2 に記載の中継装置。

[請求項 4]

前記第 1 同期メッセージの送信元アドレスと、前記第 1 同期メッセージの宛先アドレスと、前記第 1 滞留時間とを対応づけて記憶する対応記憶部をさらに備え、

前記第 2 送信制御部は、受信された前記第 2 同期メッセージの送信元アドレスが、対応する前記第 1 同期メッセージの宛先アドレスと一致する前記第 1 滞留時間を前記対応記憶部から読み出し、前記第 2 同期メッセージを受信してから、読み出した前記第 1 滞留時間が経過した後に前記第 2 同期メッセージを前記第 1 通信装置に送信すること、

を特徴とする請求項 1 に記載の中継装置。

[請求項 5]

前記算出部は、前記第 1 同期メッセージを前記第 2 通信装置に送信するまでに滞留する時間として予測される時間の最大値を前記第 1 滞留時間として算出すること、

を特徴とする請求項 1 に記載の中継装置。

[請求項 6]

第 1 通信装置と第 2 通信装置との間で送受信されるメッセージを中継する中継装置であって、

前記第 2 通信装置を宛先とし、送信時刻を含む第 1 同期メッセージを前記第 1 通信装置から受信する第 1 受信部と、

前記第 1 同期メッセージを前記第 2 通信装置に送信するまでに滞留する時間の予測値である第 1 滞留時間を算出する第 1 算出部と、

算出された前記第 1 滞留時間を前記第 1 同期メッセージに付加し、前記第 1 同期メッセージを受信してから前記第 1 滞留時間が経過した後に、前記第 1 滞留時間を付加した前記第 1 同期メッセージを前記第 2 通信装置に送信する第 1 送信制御部と、

前記第 1 同期メッセージに応じて前記第 1 通信装置を宛先として送信され、送信時刻を含む第 2 同期メッセージを前記第 2 通信装置から受信する第 2 受信部と、

前記第 2 同期メッセージを前記第 1 通信装置に送信するまでに滞留

する時間の予測値である第2滞留時間を算出する第2算出部と、

算出された前記第2滞留時間を前記第2同期メッセージに付加し、
前記第2同期メッセージを受信してから前記第2滞留時間が経過した
後に、前記第2滞留時間を付加した前記第2同期メッセージを前記第
1通信装置に送信する第2送信制御部と、
を備えることを特徴とする中継装置。

[請求項7] 第1通信装置と第2通信装置との間で送受信されるメッセージを中
継する中継装置であって、

F I F O (F i r s t I n F i r s t O u t) 方式でn個 (
nは2以上の整数) のメッセージを記憶可能な記憶部と、

前記記憶部からF I F O方式でメッセージを取得し、取得したメッ
セージで指定された宛先に、取得したメッセージを送信する送信制御
部と、

前記第2通信装置を宛先とし、送信時刻を含む第1同期メッセージ
を前記第1通信装置から受信する第1受信部と、

前記第1同期メッセージに応じて前記第1通信装置を宛先として送
信され、送信時刻を含む第2同期メッセージを前記第2通信装置から
受信する第2受信部と、

前記第1同期メッセージおよび前記第2同期メッセージを、前記記
憶部のF I F O方式でn番目に出力される位置に保存する保存部と、
を備えることを特徴とする中継装置。

[請求項8] 第1通信装置と第2通信装置との間で送受信されるメッセージを中
継する中継装置であって、

前記第2通信装置を宛先とするメッセージを前記第1通信装置から
受信する第1受信部と、

受信されたメッセージが、送信時刻を含む第1同期メッセージであ
るか否かを判定する第1メッセージ判定部と、

前記第1同期メッセージであると判定されたメッセージを記憶する

第 1 記憶部と、

前記第 1 同期メッセージでないと判定されたメッセージを記憶する

第 2 記憶部と、

前記第 1 記憶部に記憶されたメッセージを、前記第 2 記憶部に記憶されたメッセージより優先して前記第 2 通信装置に送信する第 1 送信制御部と、

前記第 1 通信装置を宛先とするメッセージを前記第 2 通信装置から受信する第 2 受信部と、

受信されたメッセージが、前記第 1 同期メッセージに応じて送信され、送信時刻を含む第 2 同期メッセージであるか否かを判定する第 2 メッセージ判定部と、

前記第 2 同期メッセージであると判定されたメッセージを記憶する第 3 記憶部と、

前記第 2 同期メッセージでないと判定されたメッセージを記憶する第 4 記憶部と、

前記第 3 記憶部に記憶されたメッセージを、前記第 4 記憶部に記憶されたメッセージより優先して前記第 1 通信装置に送信する第 2 送信制御部と、

を備えることを特徴とする中継装置。

[請求項9]

前記第 2 送信制御部は、さらに、前記第 2 同期メッセージの送信を開始するまでの開始時間を含み、前記開始時間が経過後に前記第 2 同期メッセージを送信することを要求する開始メッセージを前記第 2 通信装置に送信すること、

を特徴とする請求項 8 に記載の中継装置。

[請求項10]

第 1 通信装置と第 2 通信装置との間で送受信されるメッセージを中継する中継装置を、前記第 2 通信装置を宛先とし、送信時刻を含む第 1 同期メッセージを前記第 1 通信装置から受信する第 1 受信部と、

前記第 1 同期メッセージを前記第 2 通信装置に送信するまでに滞留

する時間の予測値である第 1 滞留時間を算出する算出部と、

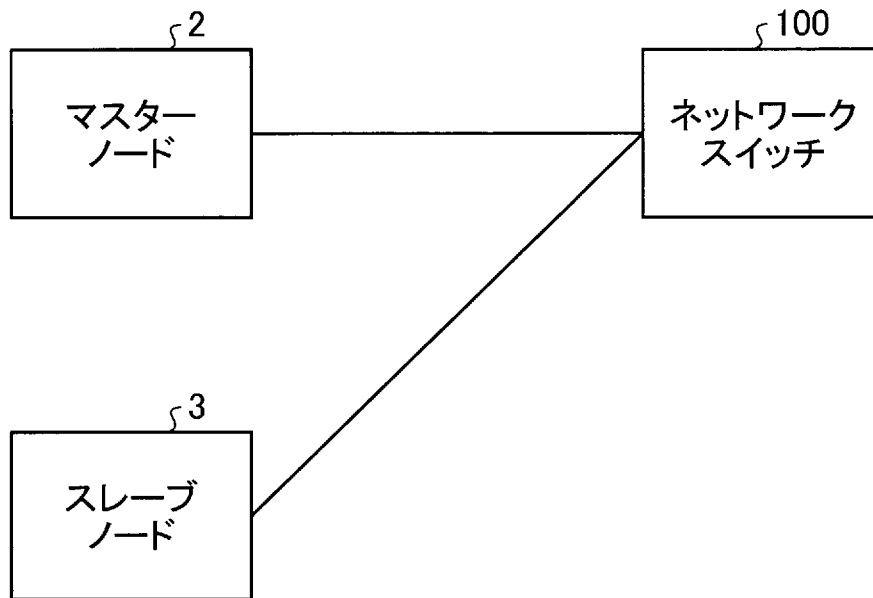
前記第 1 同期メッセージを受信してから前記第 1 滞留時間が経過した後に前記第 1 同期メッセージを前記第 2 通信装置に送信する第 1 送信制御部と、

前記第 1 同期メッセージに応じて前記第 1 通信装置を宛先として送信され、送信時刻を含む第 2 同期メッセージを前記第 2 通信装置から受信する第 2 受信部と、

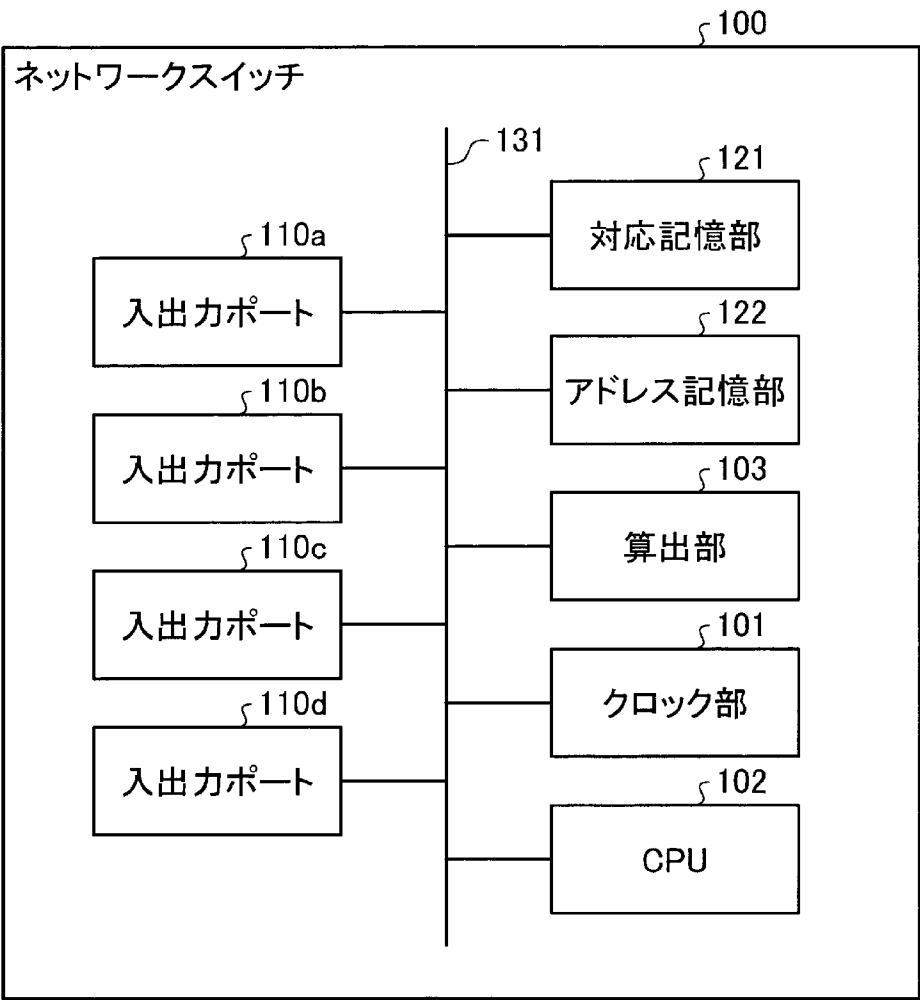
前記第 2 同期メッセージを受信してから、対応する前記第 1 同期メッセージに対して算出された前記第 1 滞留時間が経過した後に前記第 2 同期メッセージを前記第 1 通信装置に送信する第 2 送信制御部

として機能させるための中継プログラム。

[図1]



[図2]

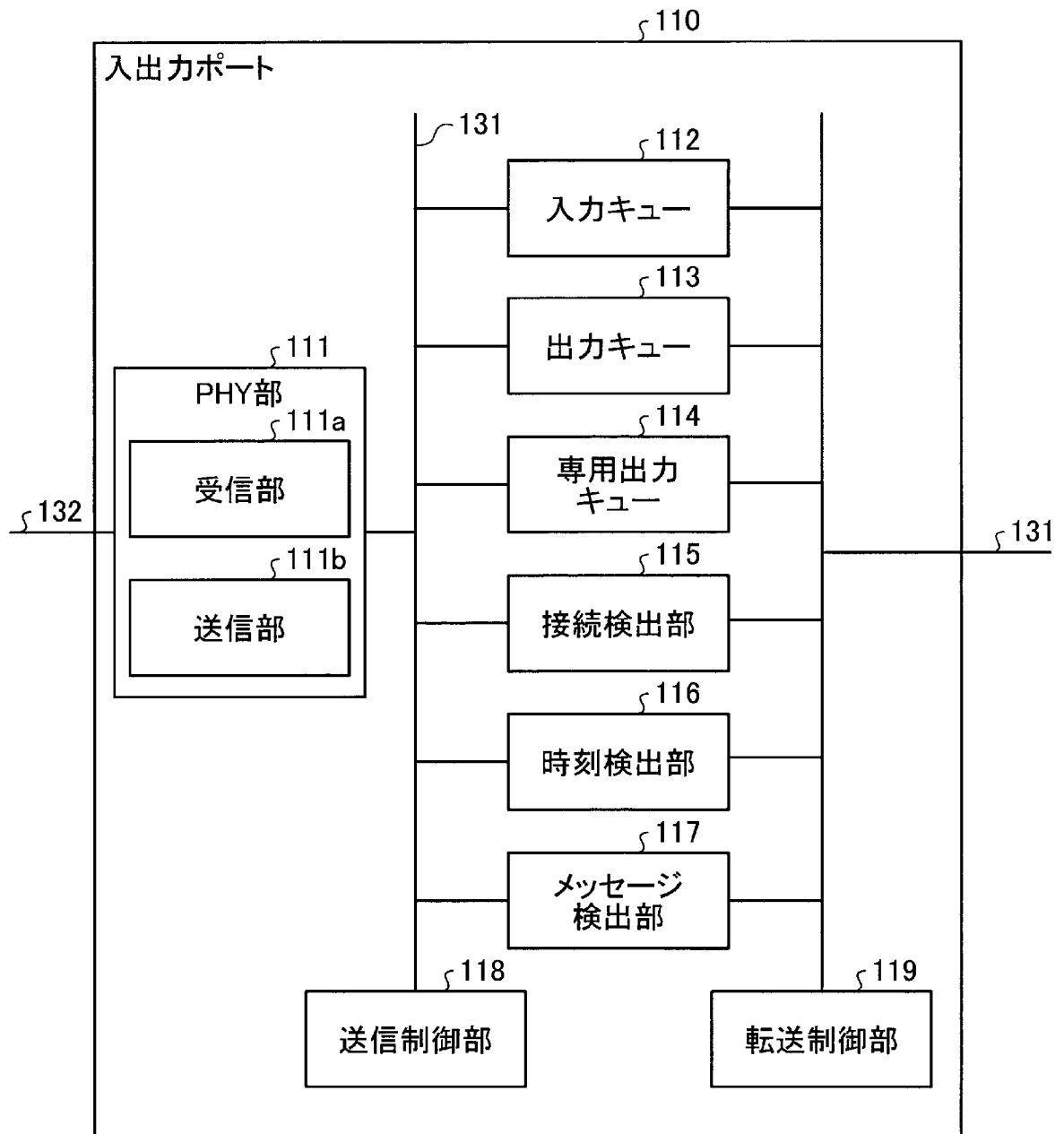


[図3]

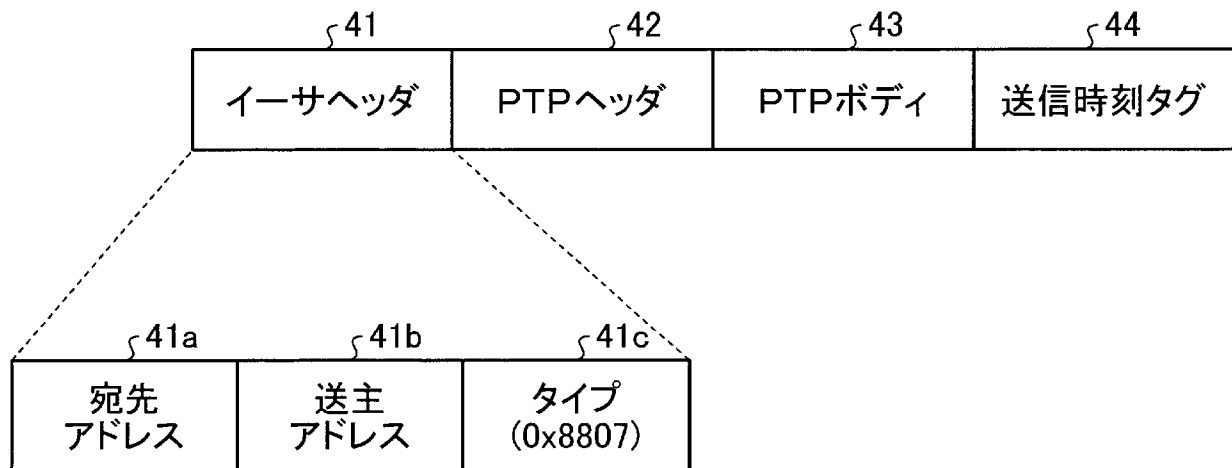
§ 121

送主アドレス	宛先アドレス	シーケンスID	受信時刻	送信時刻
aa.bb.cc.dd.ee.ff	12.34.56.78.90	0x1111	01:12:13:001002030	01:12:13:001002030
aa.bb.cc.dd.ee.ff	12.34.56.32.10	0x1111	01:12:13:001582135	01:12:13:00156972

[図4]



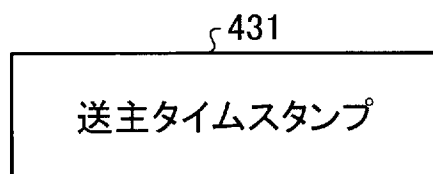
[図5]



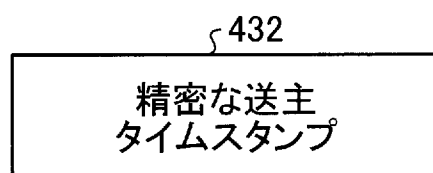
[図6]

0	メッセージ タイプ	予約	バージョン	メッセージ 長	ドメイン 番号	予約	フラグ フィールド	コレクション フィールド	予約	ソース ポートID	シーケンス ID	制御 フィールド	ログ メッセージ 間隔
42a		42b		42c	42d		42e	42f	42g		42h	42i	42j

[図7]



[図8]

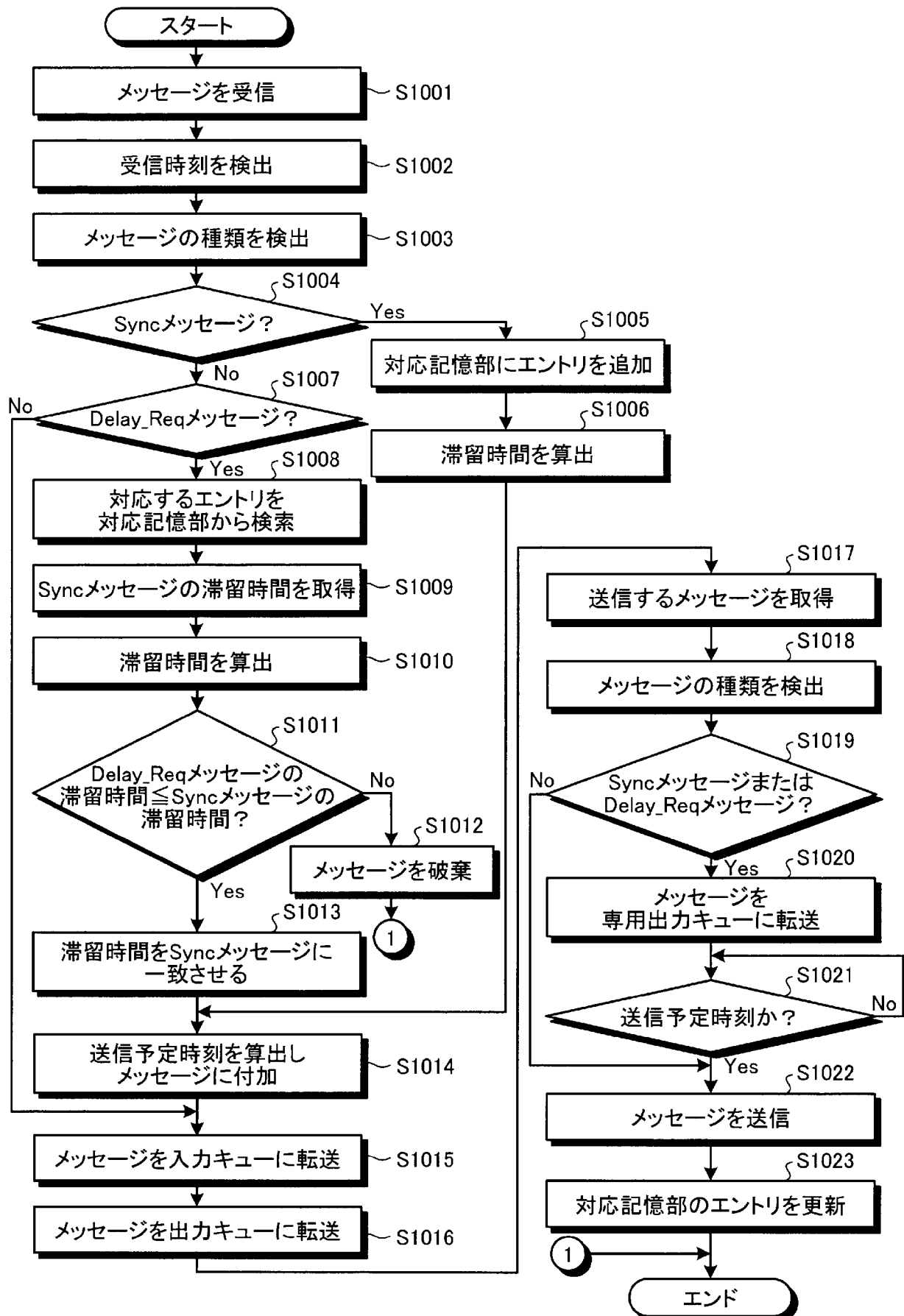


[図9]

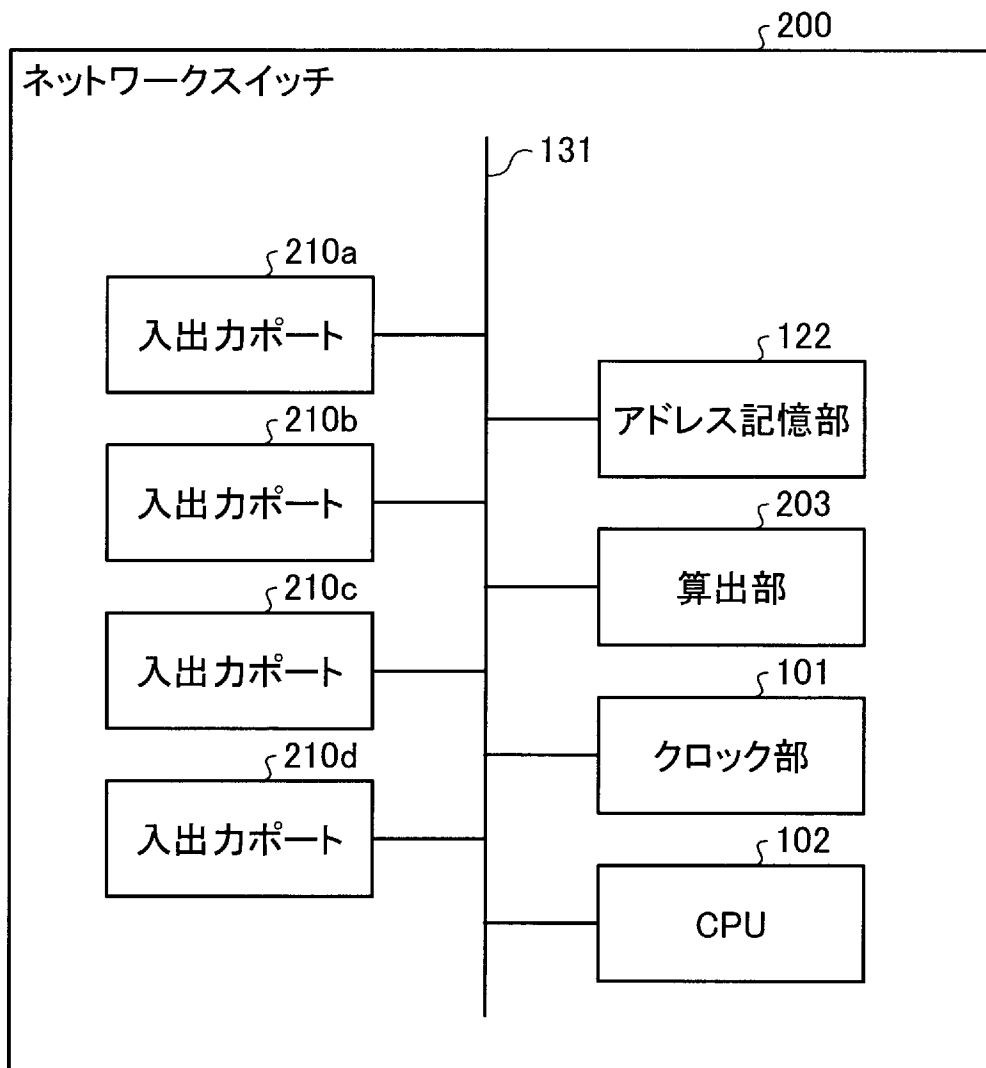
433

受信タイムスタンプ	要求ポートID
-----------	---------

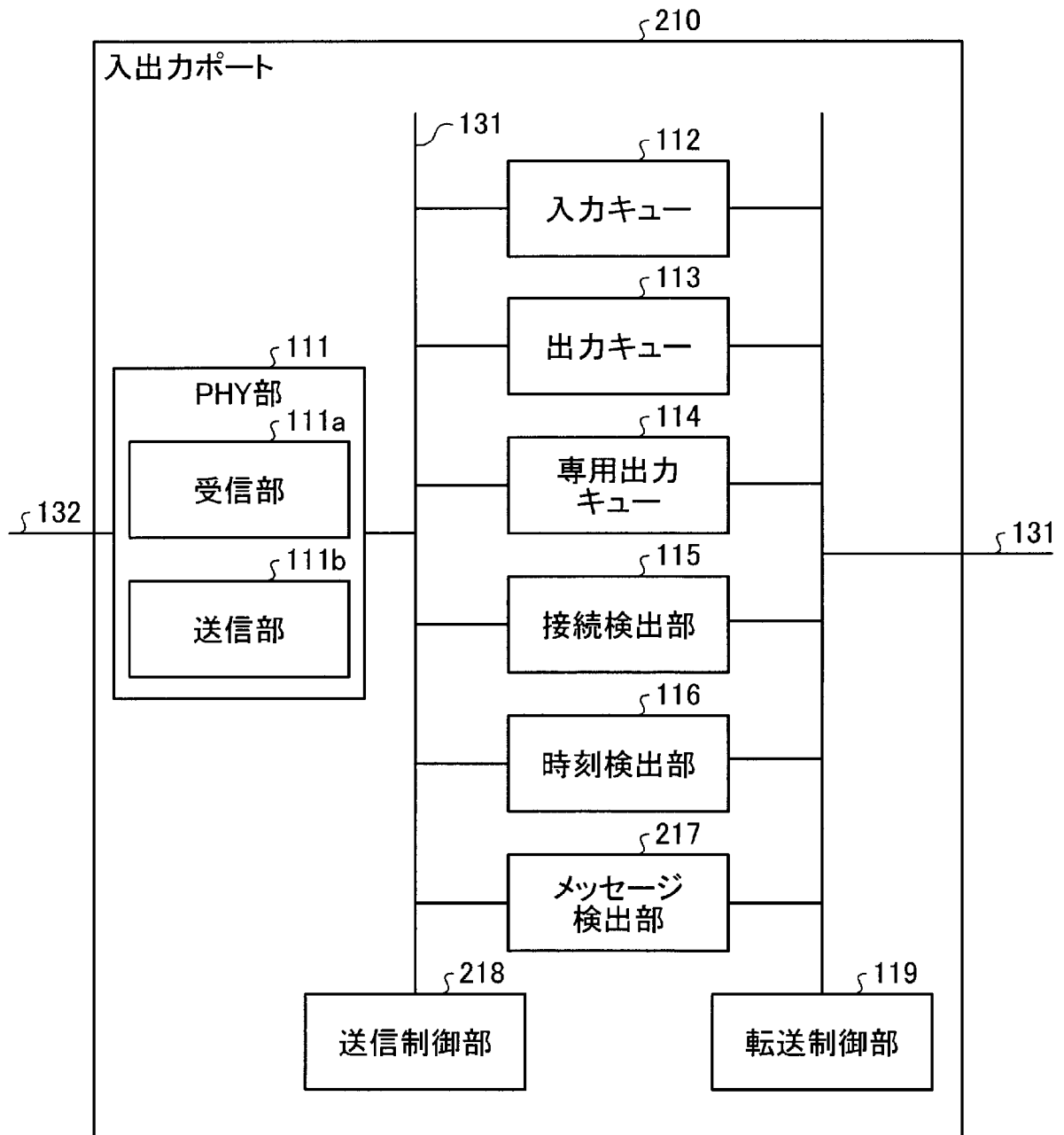
[図10]



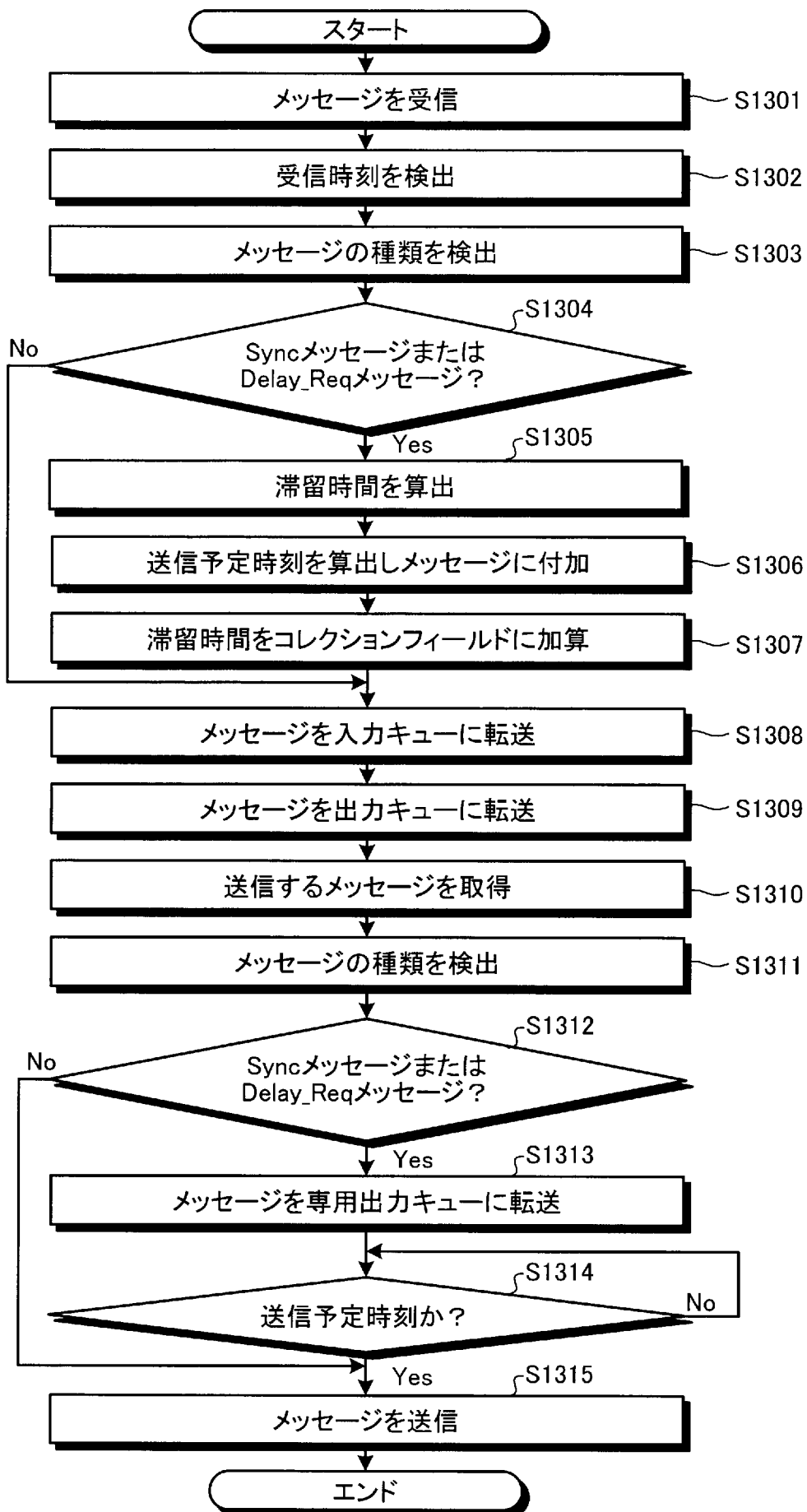
[図11]



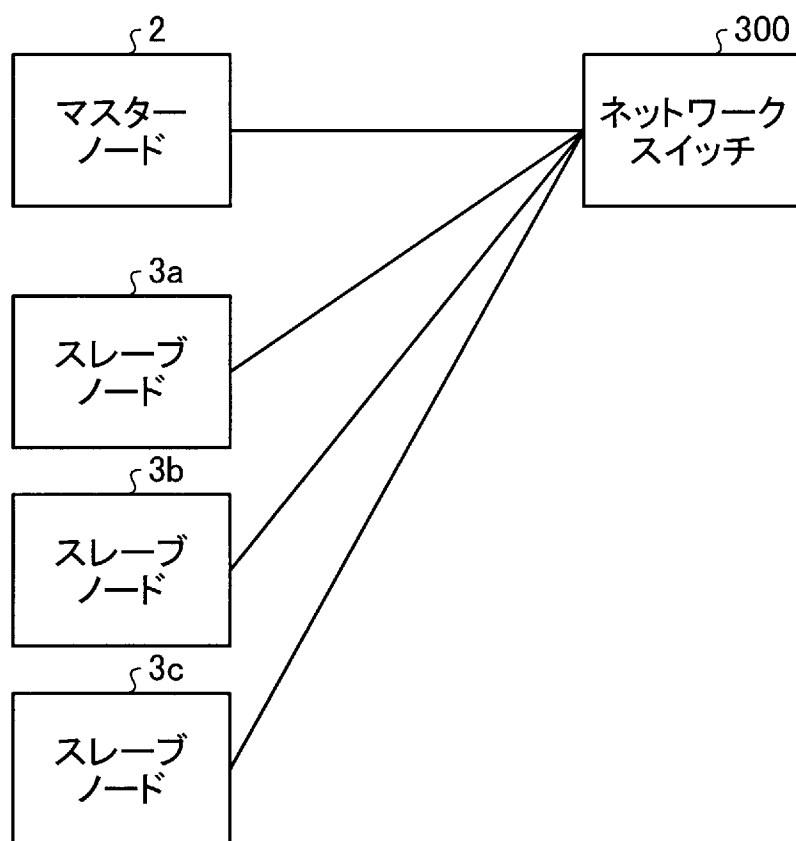
[図12]



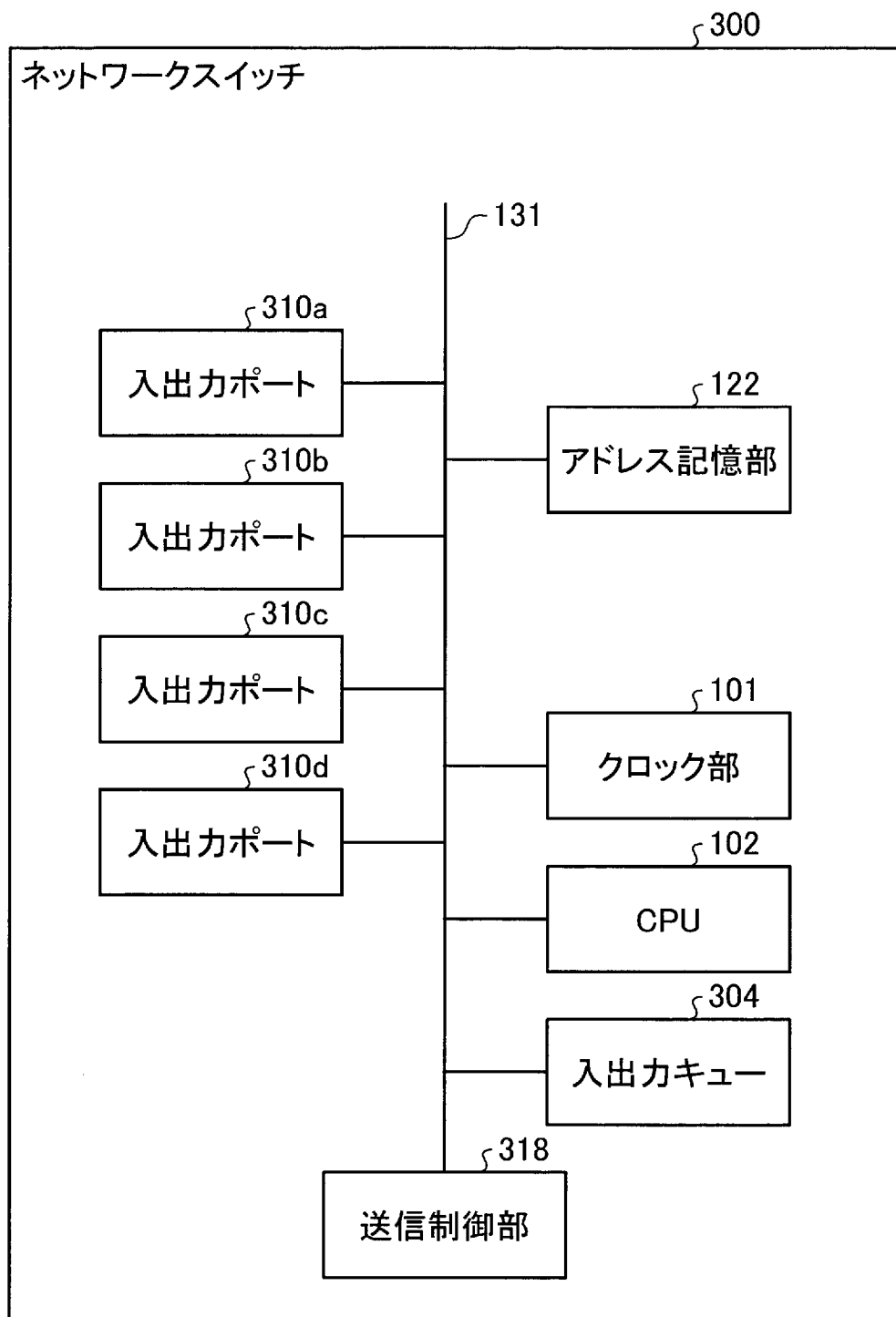
[図13]



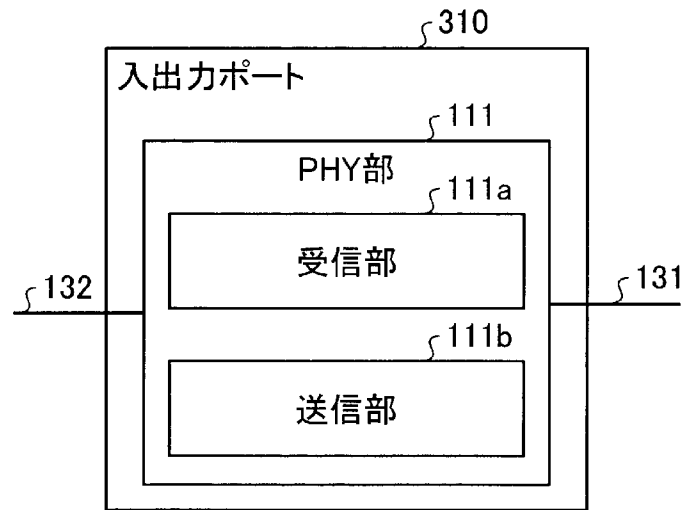
[図14]



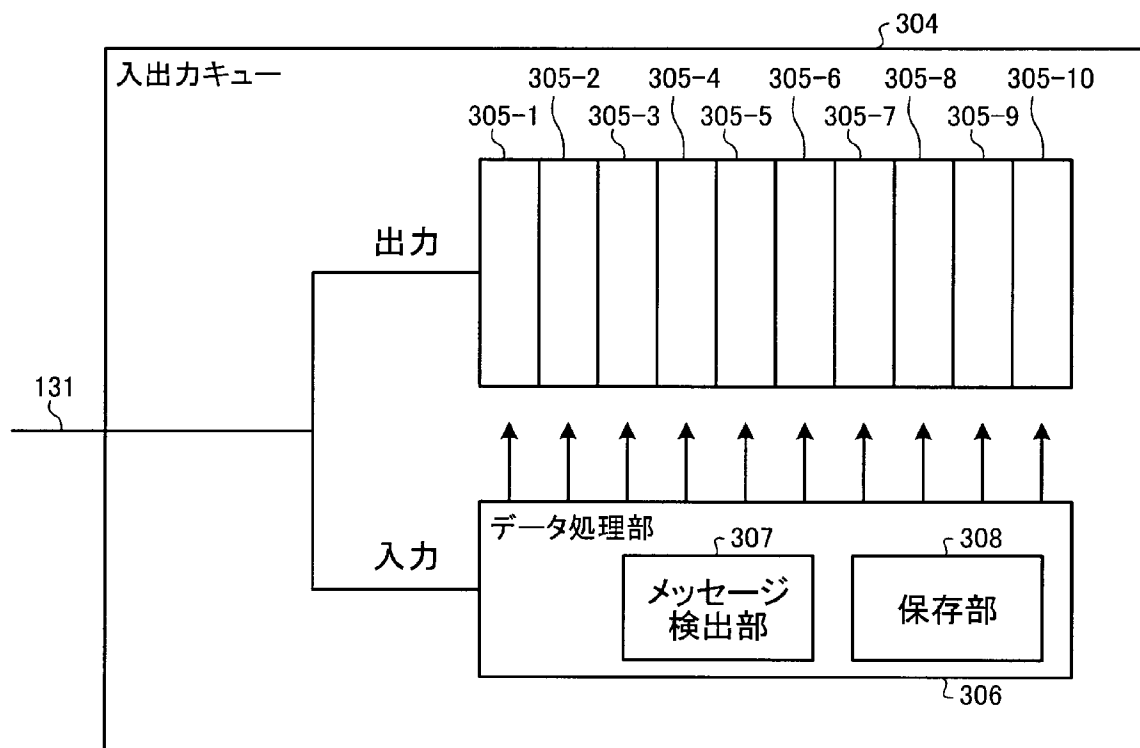
[図15]



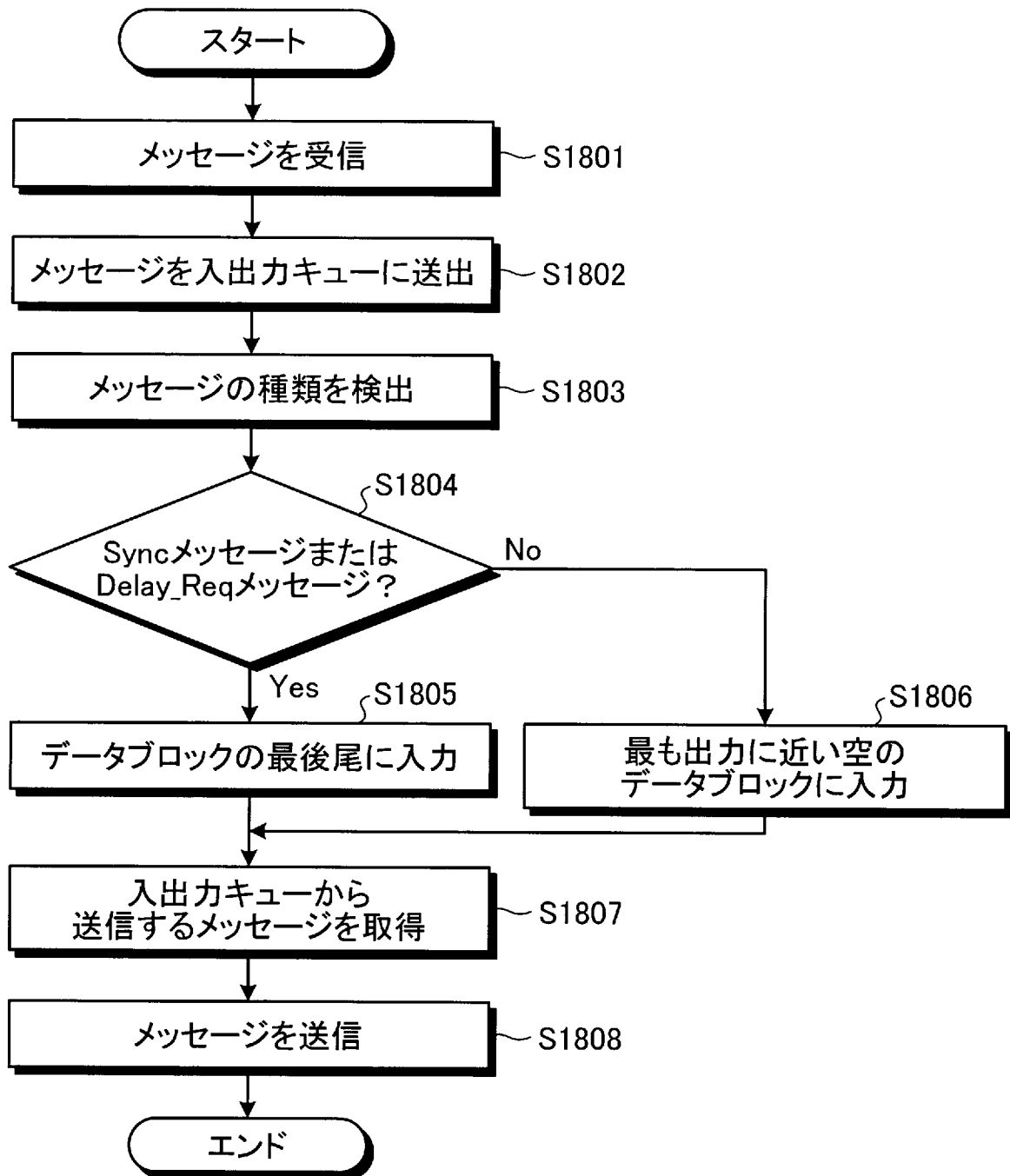
[図16]



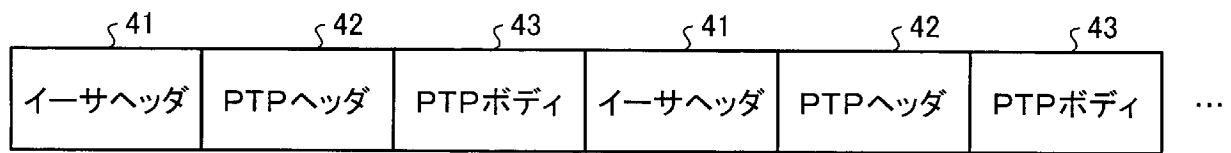
[図17]



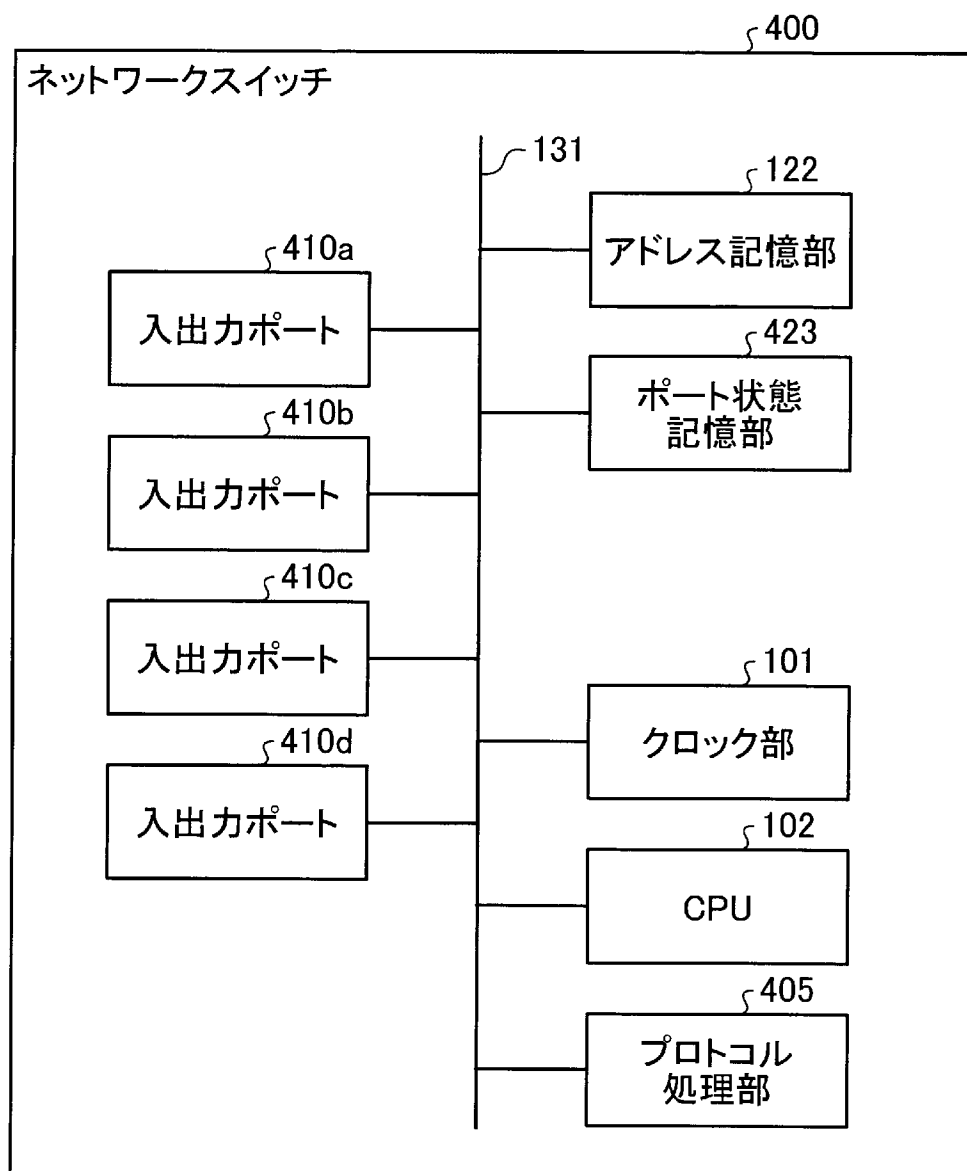
[図18]



[図19]



[図20]



[図21]

§ 423

ポート番号	ポート状態
1	マスター
2	スレーブ
3	スレーブ
4	スレーブ

[図22]

§ 431

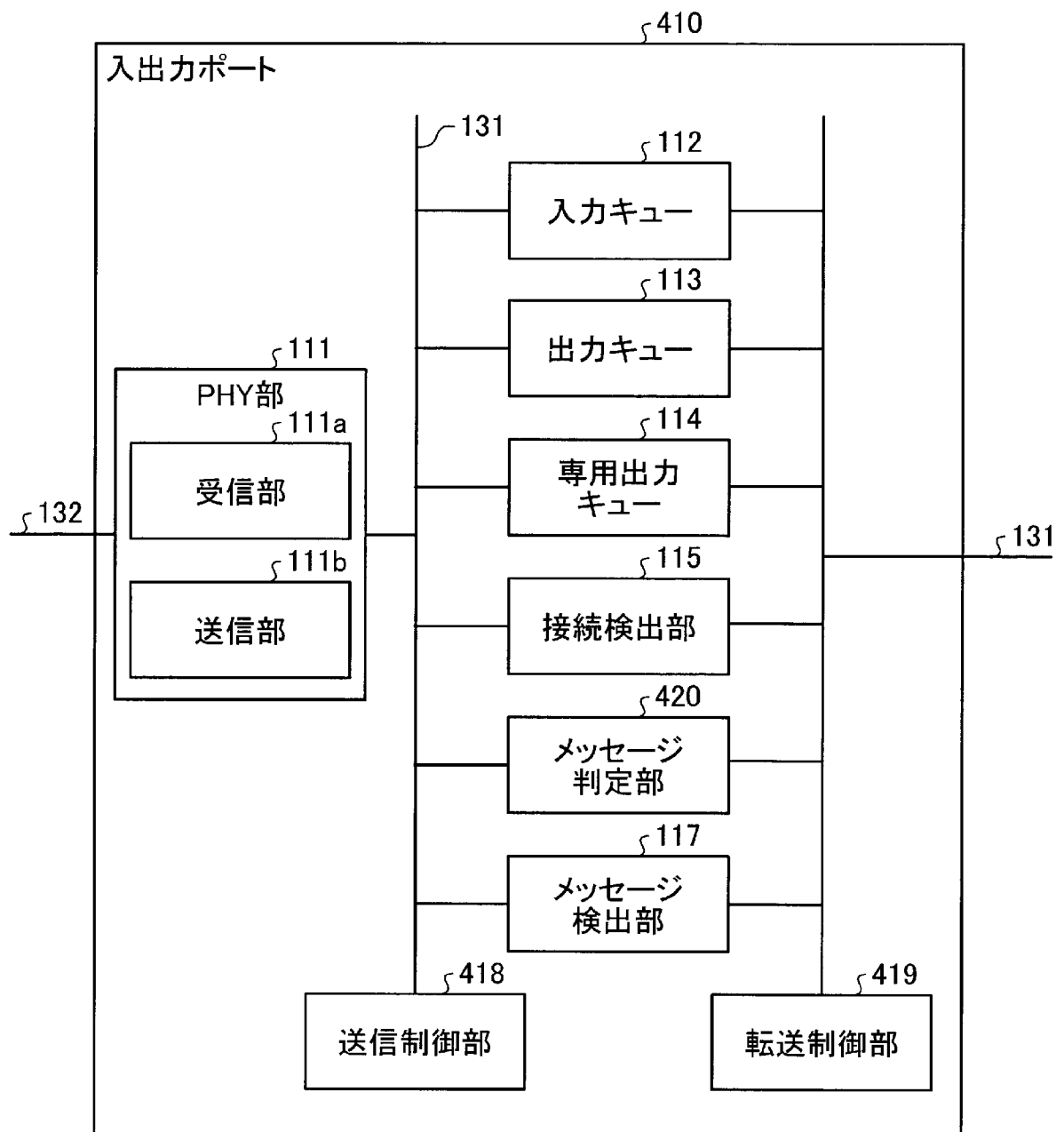
ターゲット ポートID	タイプ(0x0003)	長さ	組織ID(OUI)	組織 サブタイプ	開始時間
----------------	-------------	----	-----------	-------------	------

[図23]

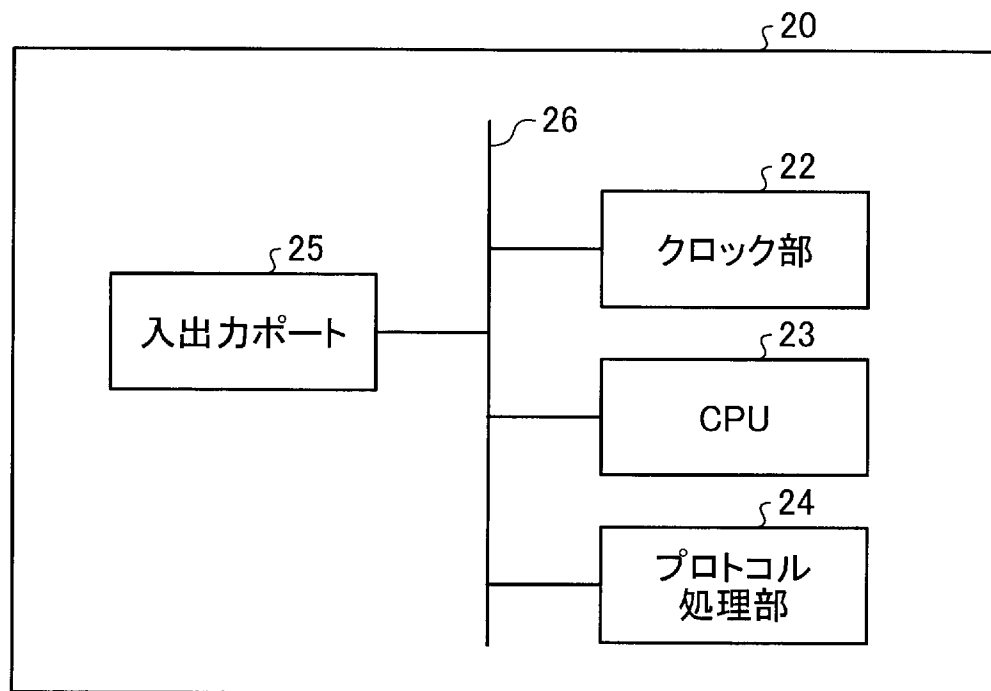
§ 431

ターゲット ポートID	タイプ(0x0003)	長さ	組織ID(OUI)	組織 サブタイプ
----------------	-------------	----	-----------	-------------

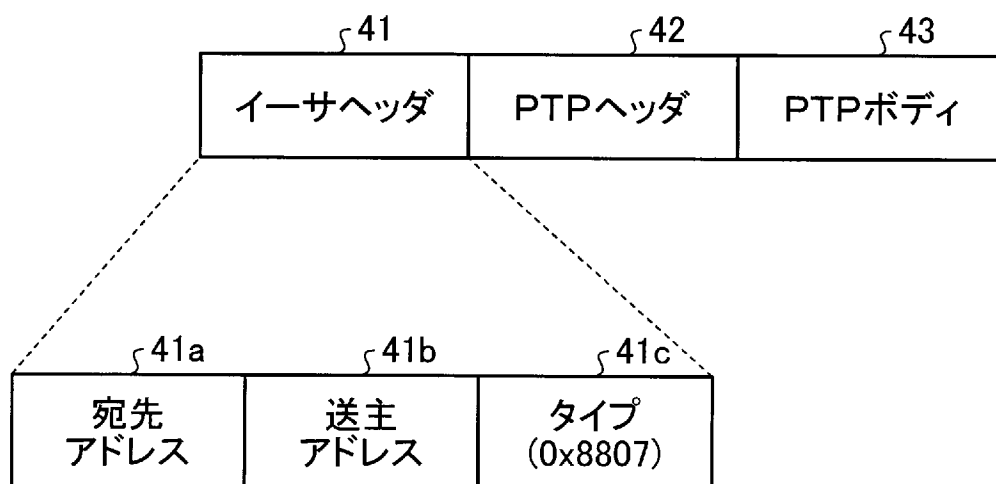
[図24]



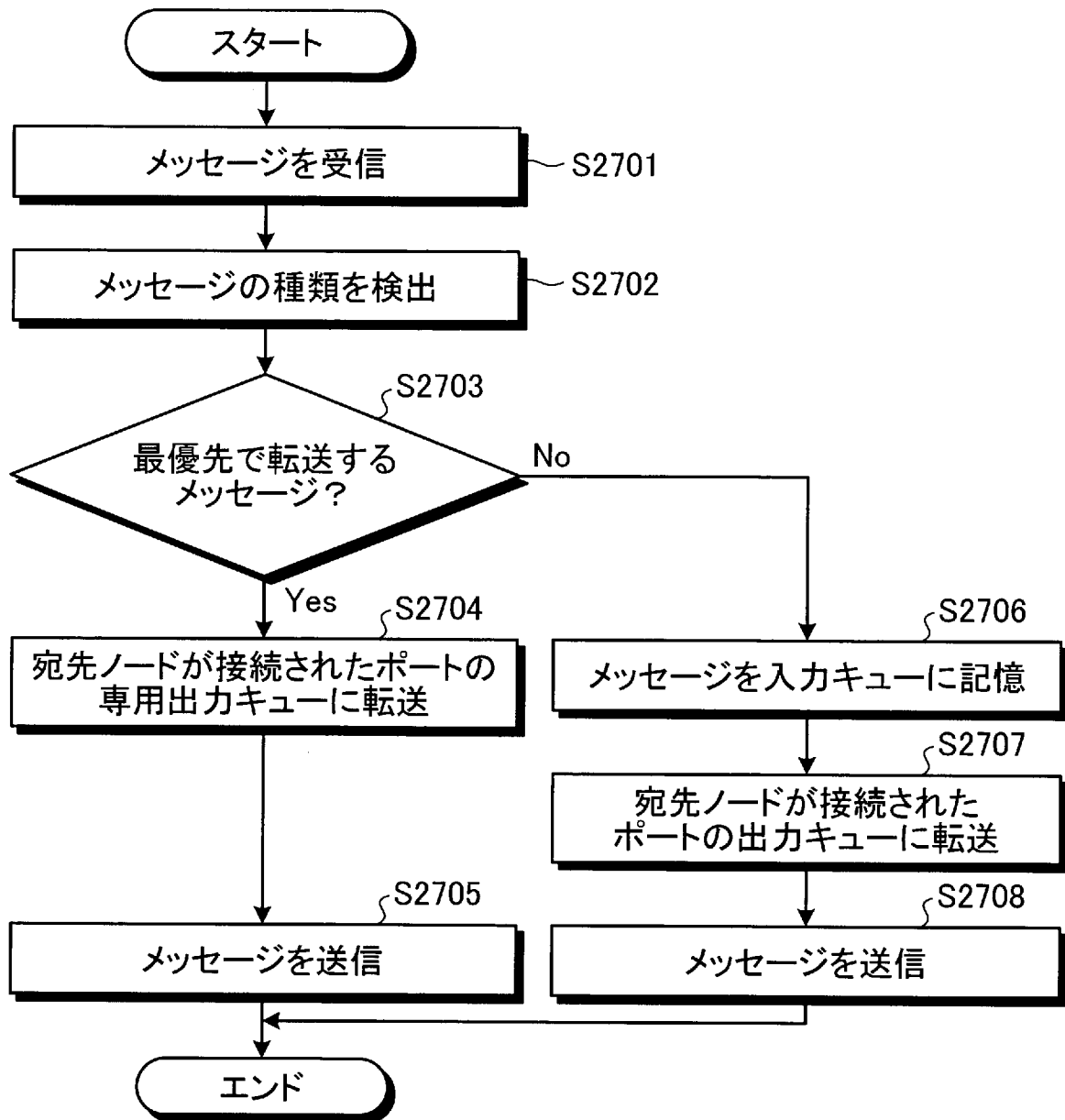
[図25]



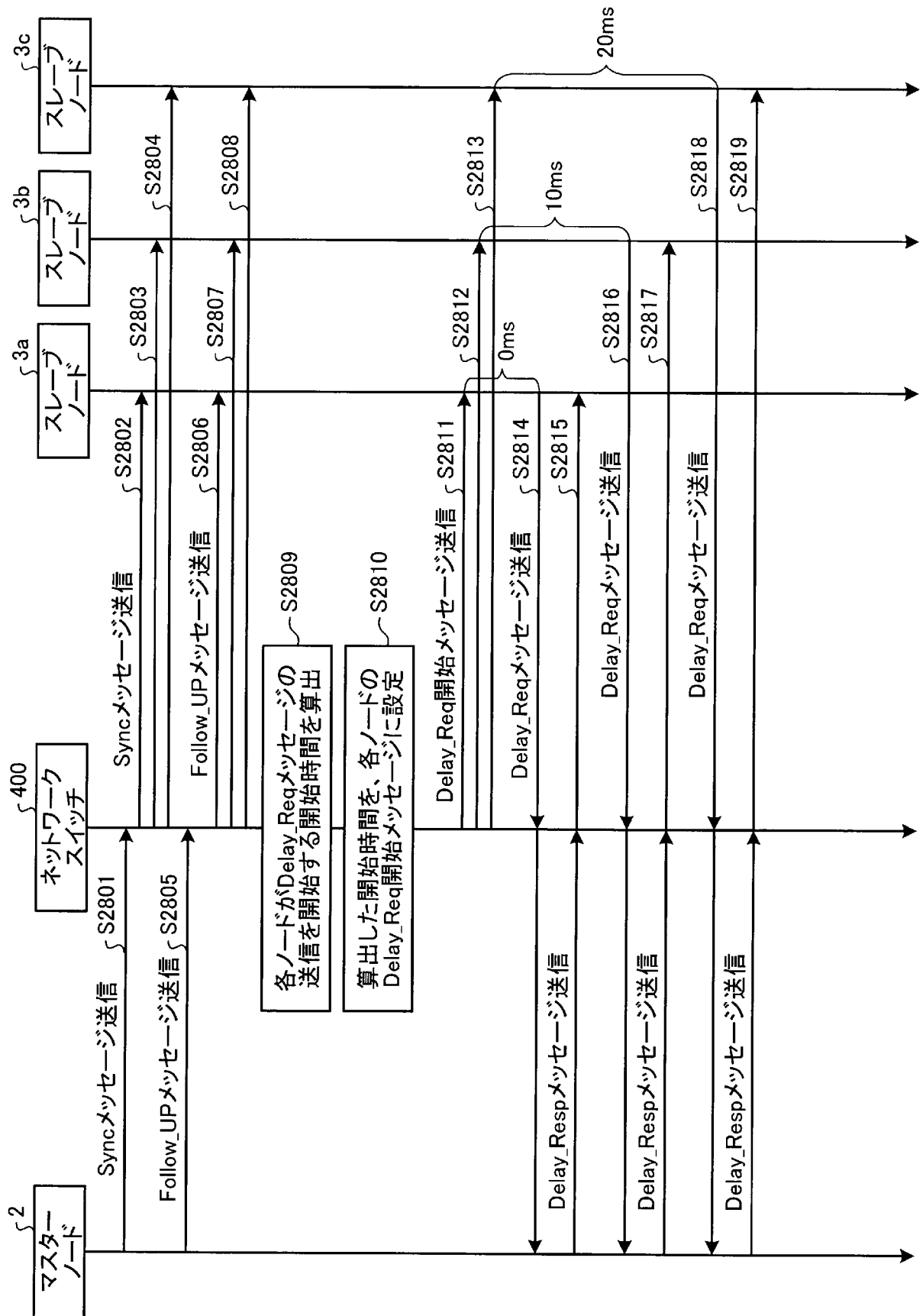
[図26]



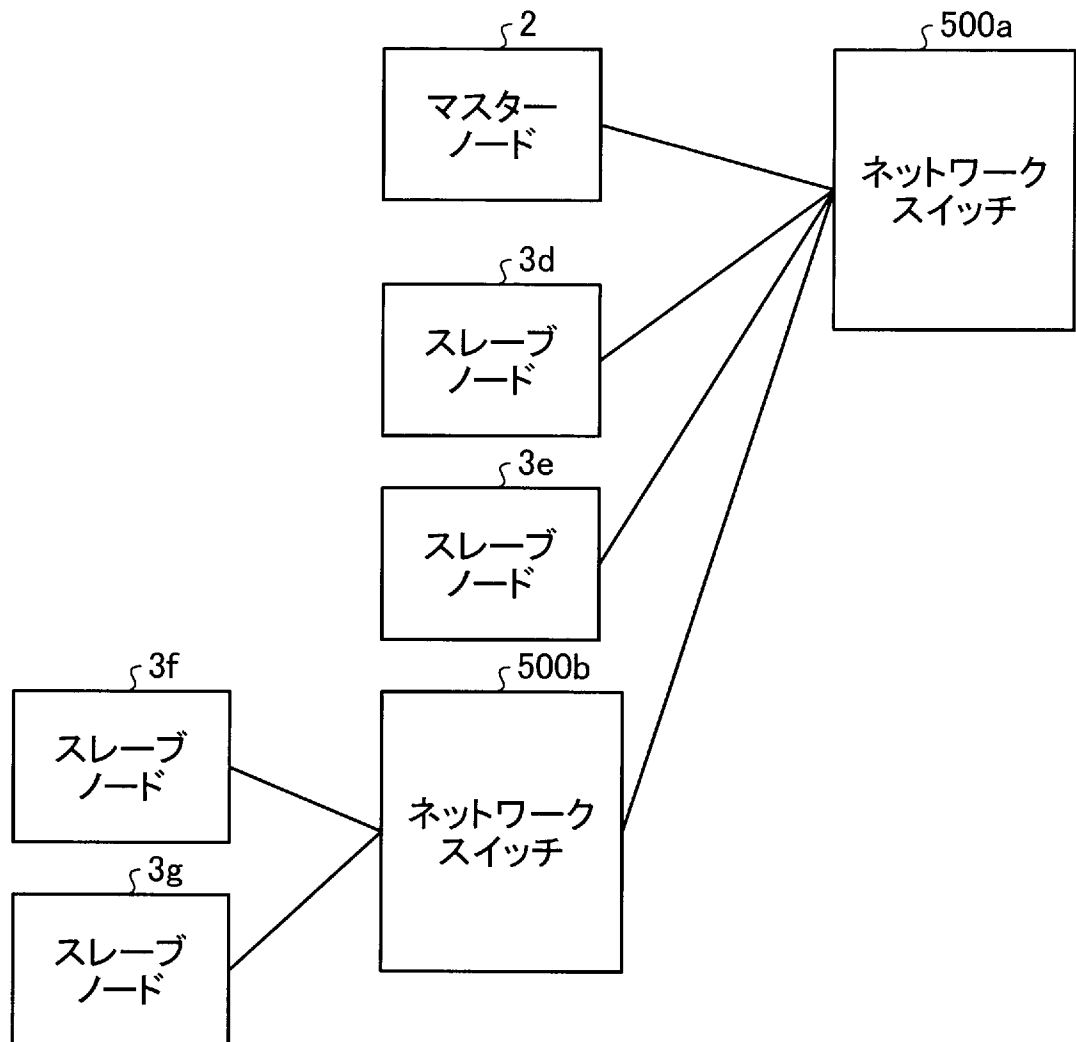
[図27]



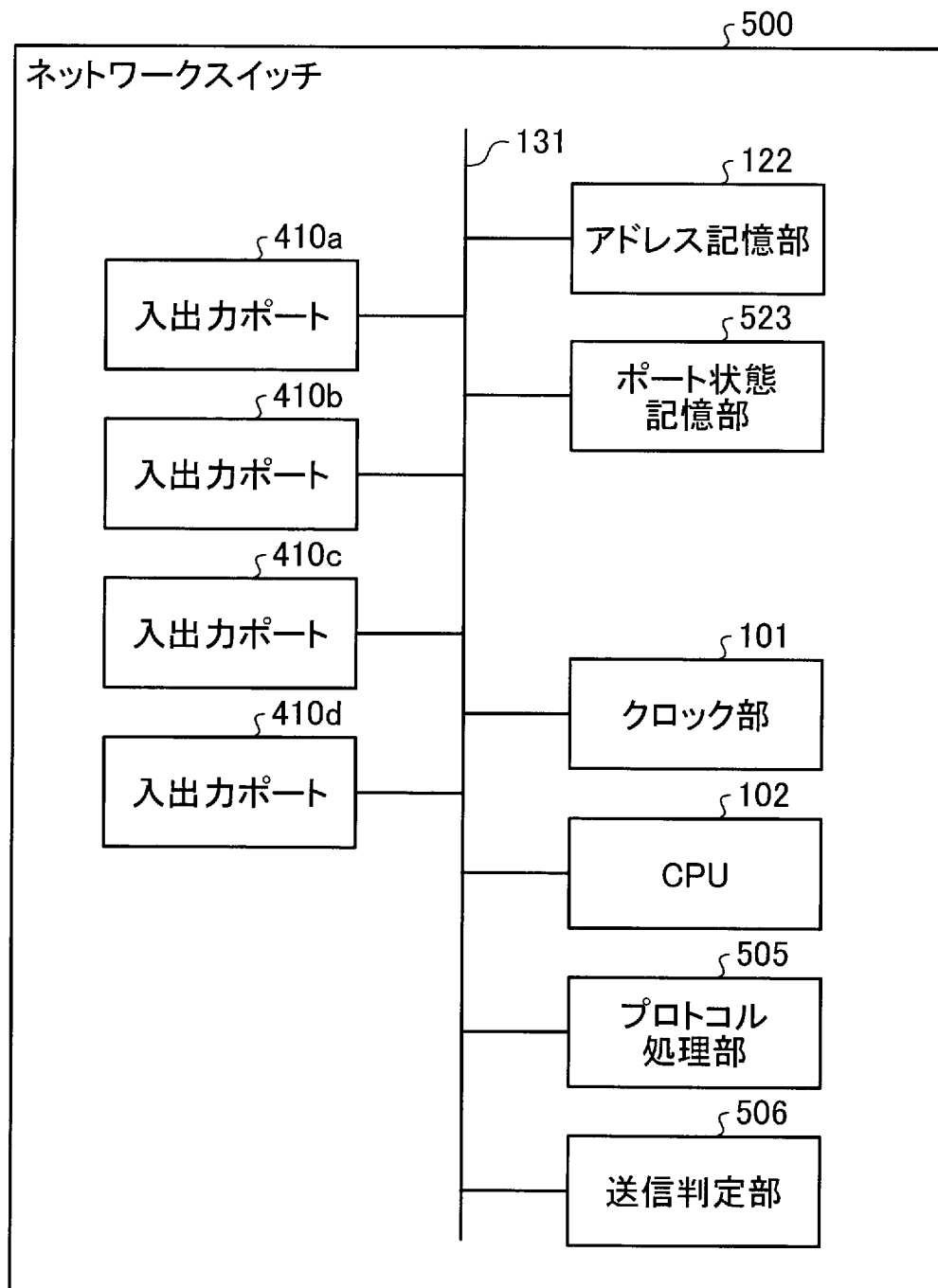
[図28]



[図29]



[図30]

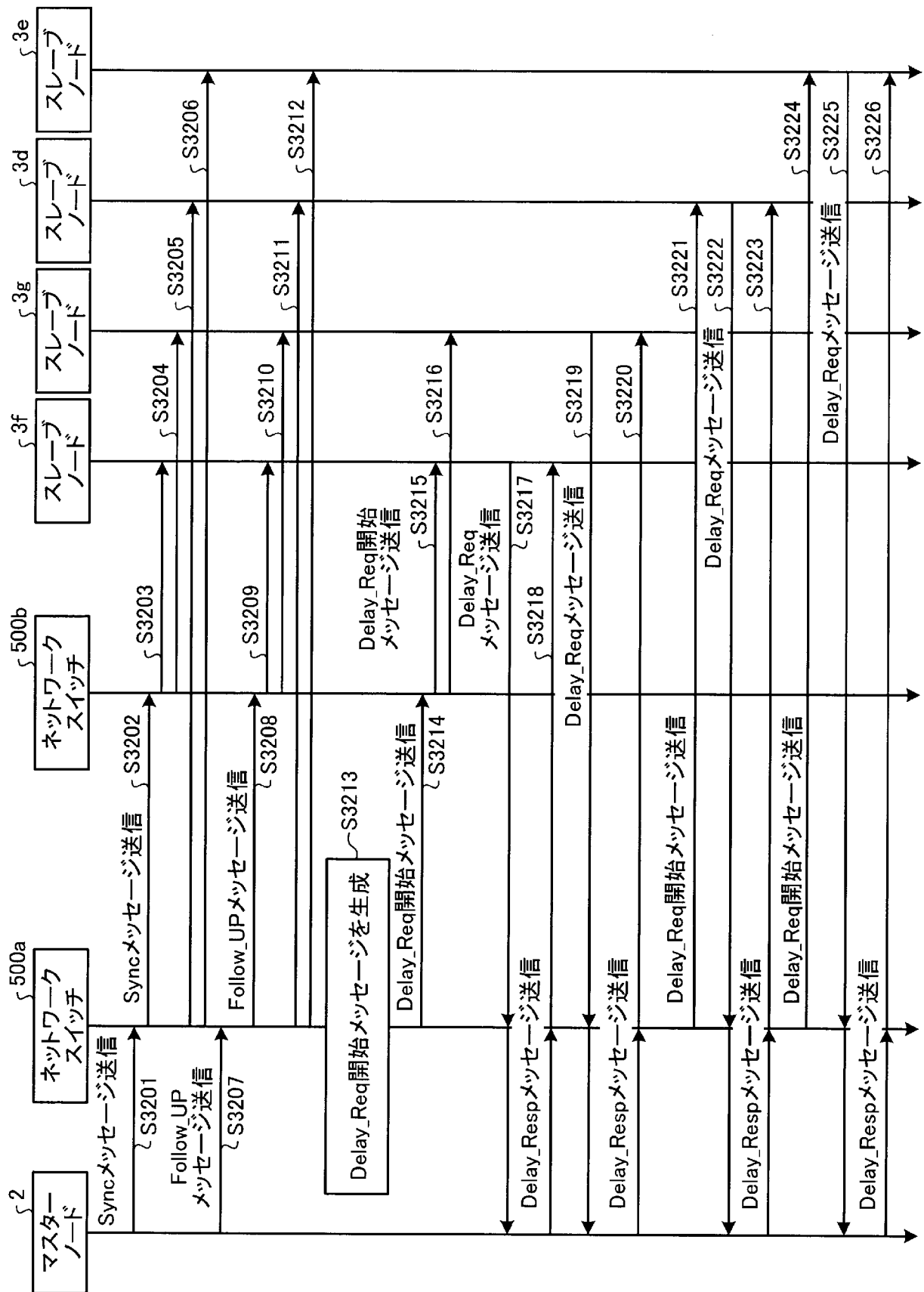


[図31]

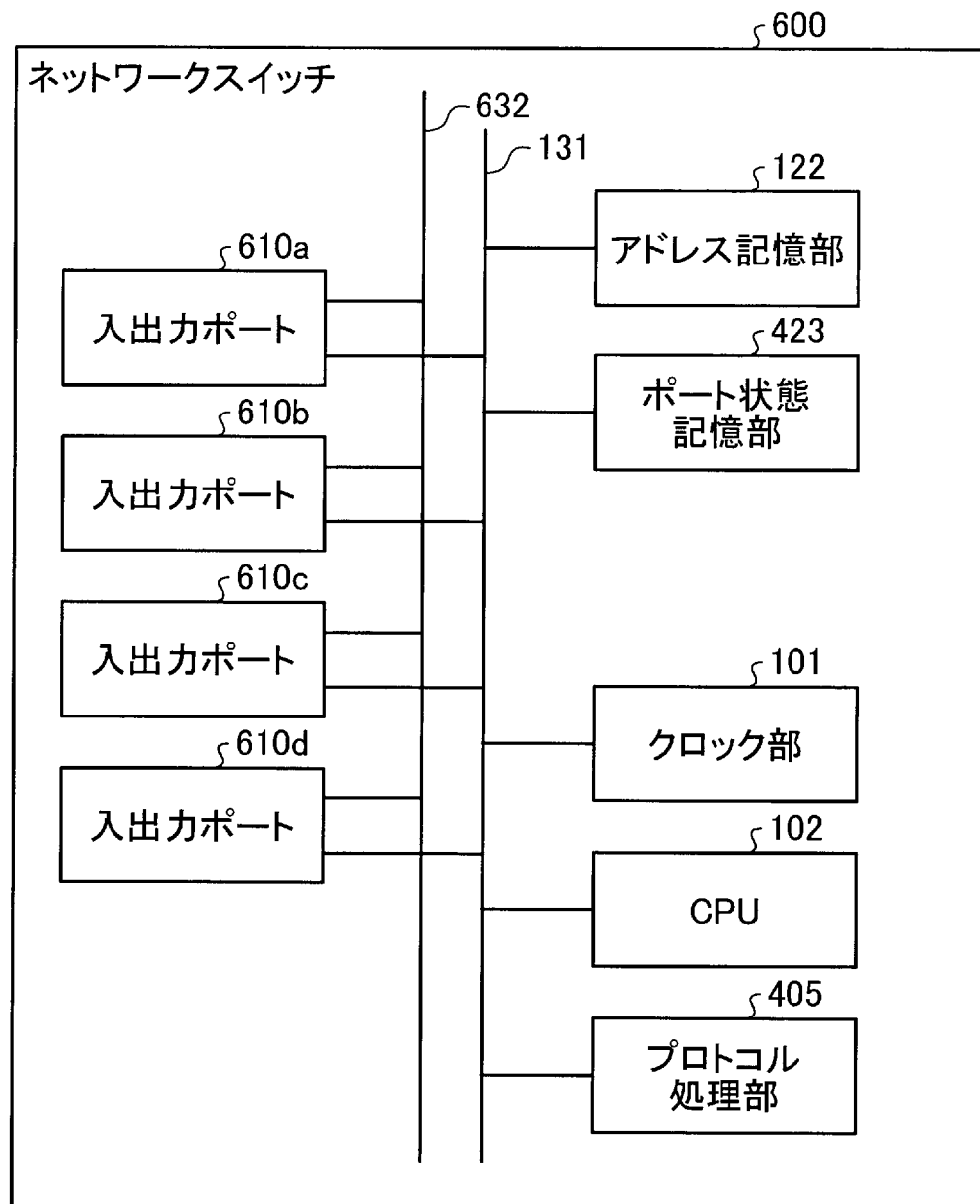
523

ポート番号	ポート状態	ノード数
1	マスター	
2	スレーブ	
3	スレーブ	
4	スレーブ	2

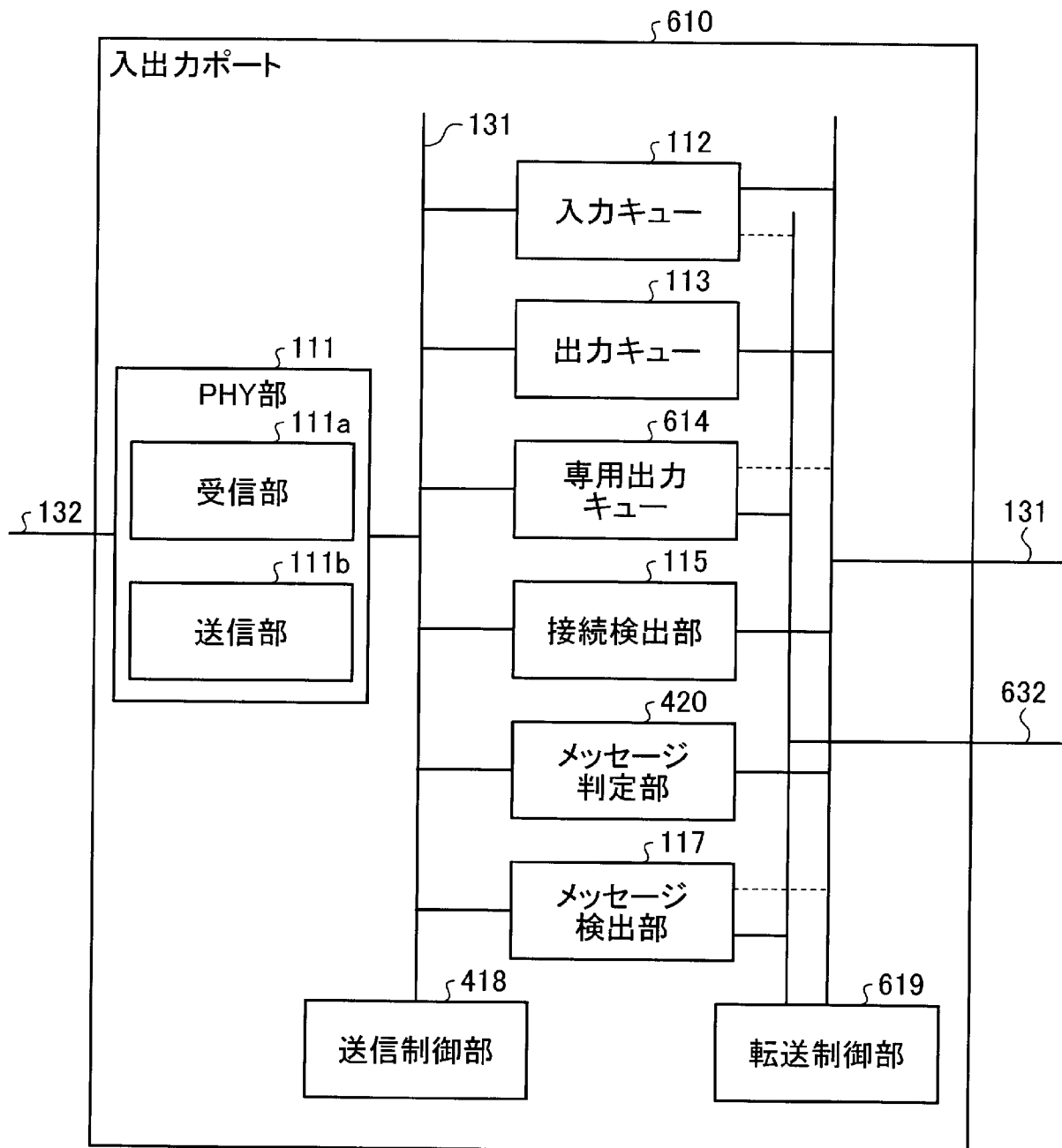
[図32]



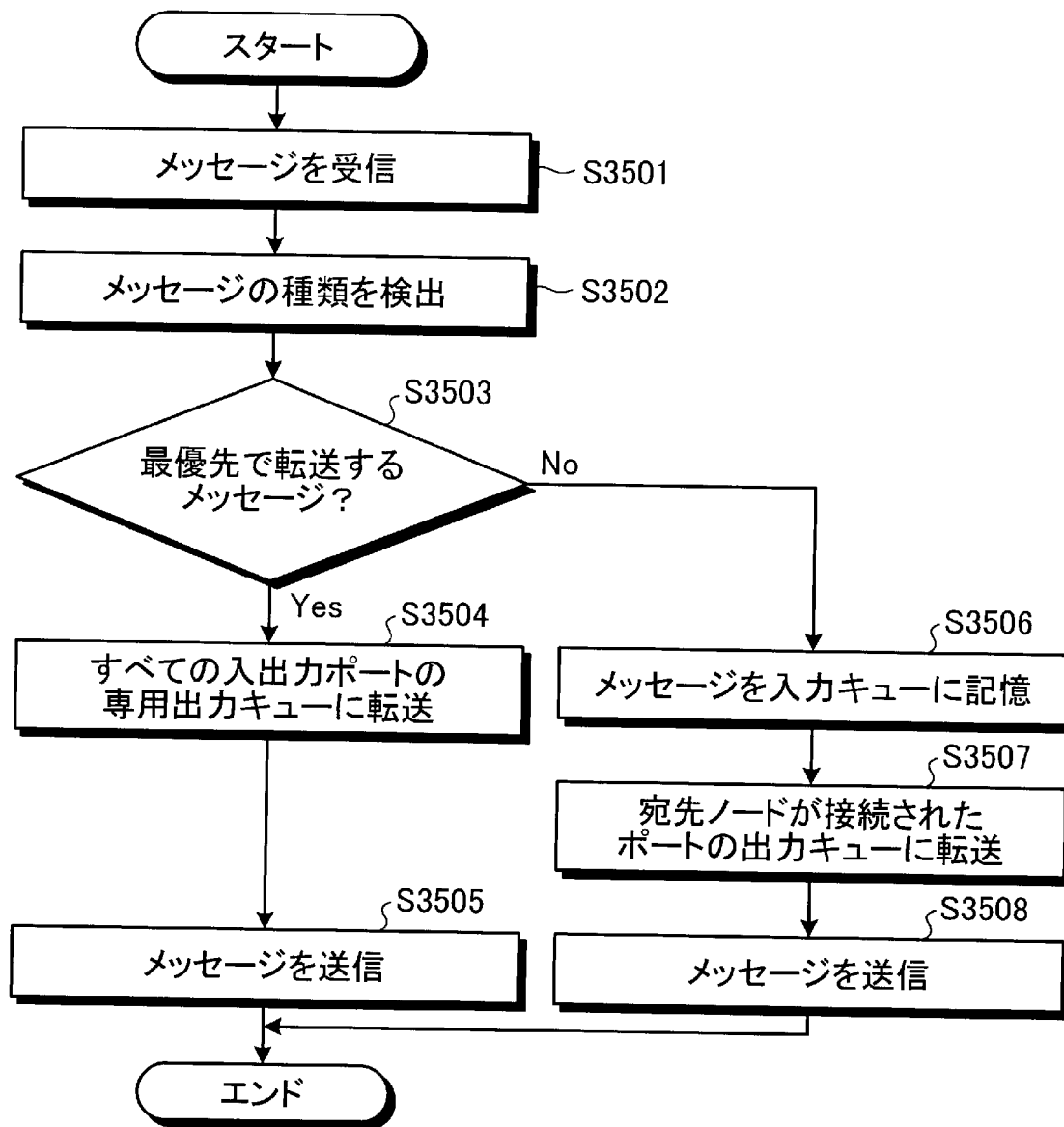
[図33]



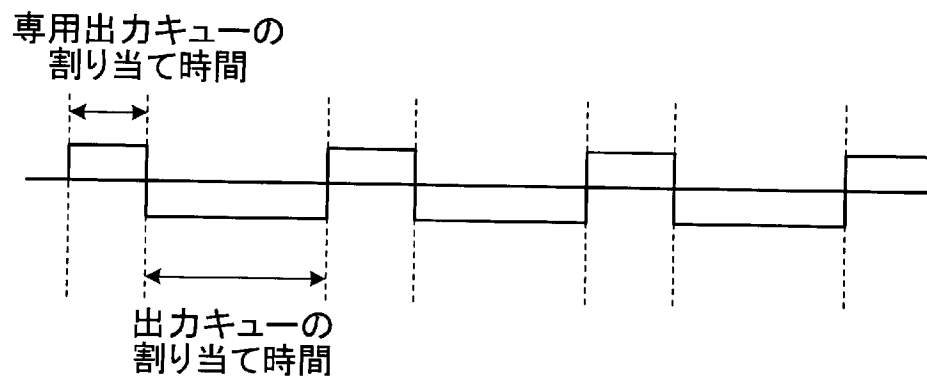
[図34]



[図35]



[図36]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/054129

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L12/44 (2006.01) i, H04L7/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L12/44, H04L7/00-7/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2005-253033 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 15 September 2005 (15.09.2005), entire text; all drawings (Family: none)	6 1-5, 7-10
A	JP 2001-177570 A (Mitsubishi Electric Corp.), 29 June 2001 (29.06.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 March, 2010 (26.03.10)

Date of mailing of the international search report

27 April, 2010 (27.04.10)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04L12/44(2006.01)i, H04L7/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04L12/44, H04L7/00-7/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2005-253033 A（日本電信電話株式会社）2005.09.15, 全文, 全図（ファミリーなし）	6 1-5, 7-10
A	JP 2001-177570 A（三菱電機株式会社）2001.06.29, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-10

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 6 . 0 3 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 4 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

白井 亮

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 6

5 K

3 3 6 3