

(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



(10) 国際公開番号

WO 2011/121676 A1

PCT

(43) 国際公開日
2011 年 10 月 6 日(06.10.2011)

- (51) 国際特許分類:
H04L 12/46 (2006.01) H04L 12/56 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/002402
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 31 日(31.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岩尾忠重 (IWAO, Tadashige) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 古賀俊介 (KOGA, Shunsuke) [JP/JP]; 〒8148588 福岡県福岡市早良区百道浜 2 丁目 2 番 1 号 富士通九州ネットワークテクノロジー株式会社内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 大菅義之 (OSUGA, Yoshiyuki); 〒1020084 東京都千代田区二番町 8 番地 20 二番町ビル 3 F 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, JP, 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, LR, 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).

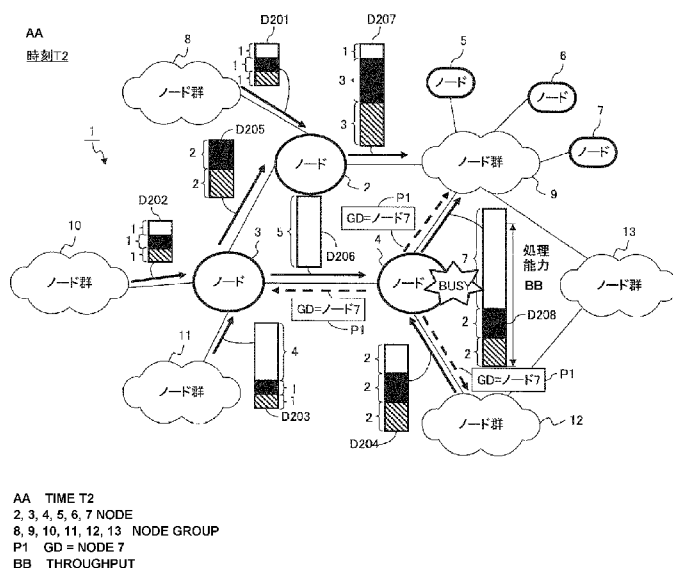
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: COMMUNICATION APPARATUS AND COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 通信装置および通信方法

[図2]



(57) Abstract: A local communication apparatus acquires a measurement value representative of the usage status of a resource. When the measurement value satisfies a certain condition, the communication apparatus decides, in accordance with the usage status of the resource for each of a plurality of ultimate destinations, a first communication apparatus that is the ultimate destination to which the local communication apparatus is to halt the data forwarding. The local communication apparatus then transmits a first pause data to request that the transmission of the data, the ultimate destination of which is the first communication apparatus, to the local communication apparatus be halted. When having received a second pause data to request a halt of transmission of the data the ultimate destination of which is a second communication apparatus, the local communication apparatus updates, out of a plurality of pieces of path control information including pieces of information to identify transmission paths along which data are to be transmitted, a piece of path control information, which is associated with a piece of information to identify the second communication apparatus, in such a manner that excludes the path, via which the second pause data has been received, from the transmission paths of the data the ultimate destination of which is the second communication apparatus. The local communication apparatus decides, in accordance with the piece of path control information, a transmission path of the to-be-transmitted data and then transmits the to-be-transmitted data.

communication apparatus decides, in accordance with the piece of path control information, a transmission path of the to-be-transmitted data and then transmits the to-be-transmitted data.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/121676 A1



通信装置は、資源の使用状況を表す計量値を得、計量値がある条件を満たすとき、最終宛先ごとの資源の使用状況にしたがい、当該通信装置がデータの転送を休止しようとする最終宛先である第1の通信装置を決定し、第1の通信装置を最終宛先とするデータの当該通信装置への送信を休止するよう要求する第1のポーズデータを送信する。第2の通信装置を最終宛先とするデータの送信を休止するよう要求する第2のポーズデータを受信したとき、通信装置は、データを送信する送信経路を識別する情報を含む経路制御情報のうち、第2の通信装置を識別する情報に対応づけられている経路制御情報を、第2の通信装置を最終宛先とするデータの送信経路から第2のポーズデータを受信した経路を除外するように更新する。また、通信装置は、経路制御情報にしたがって、送信対象データの送信経路を決定し、送信対象データを送信する。

明 細 書

発明の名称 : 通信装置および通信方法

技術分野

[0001] 本発明は、アドホックネットワークにおける通信の制御に関する。

背景技術

[0002] ネットワークにおける通信に関しては、経路制御、輻輳制御、フロー制御など、様々な観点から様々な技術が開発されている。

例えば、IP (Internet Protocol) 電話網において発生した輻輳を解消するための、IP電話網における輻輳制御システムが提案されている。この輻輳制御システムは、IP電話網に配置されて呼発信を中継して呼発信の着番号へ接続する中継サーバを有する。

[0003] 上記中継サーバは、呼発信を受信して記憶するとともに当該記憶の容量を越えた呼発信に対し容量を越えたことを通知するための受信ソケットバッファを備える。また、上記中継サーバは、記憶された呼発信について所定の振分条件に基づき、呼発信を接続処理する正常系処理と非接続とする異常系処理とに振分けるための上位処理制限手段を備える。

[0004] また、無線マルチホップネットワークにおいて、必要以上の無線帯域の使用を抑えることにより、輻輳状態を回避して、エンドツーエンド (end-to-end) におけるスループットの公平性を担保するための技術も提案されている。

[0005] 具体的には、送信キューが、宛先別に区分され、それぞれソースキューおよび転送キューの種別に区分され、さらに優先度毎に区分される。そして、エンキュー制御部が、上位層からのパケットを、その宛先、種別および優先度に基づいて、該当する区分のキューに保持させる。また、デキュー制御部は、送信キューの何れかの区分のキューから送信データを取り出して、対応する宛先局に宛てて送出する。デキューの際には、無線マルチホップネットワークにおけるホップ数に基づいた閾値を基準としてデキュー動作が終了する。また、各区分のキューの送出量の比率は、ホップ数に基づいて設定され

る。

[0006] さらに、優先度などの条件に合わせて装置間のデータ流量を細かく制御することができるフロー制御方法も提案されている。

具体的には、上記フロー制御方法は、受信装置が、入力バッファを監視し、入力バッファの残量が所定の閾値より少ないか否かを判断するステップを含む。また、上記フロー制御方法は、受信装置が、入力バッファの残量が所定の閾値より少ないと判断した場合に、拡張ポーズフレームを送信するステップを含む。拡張ポーズフレームにおいて、MAC (Media Access Control) 制御コードのフィールドには、拡張ポーズフレームであることを示す識別子が設定される。また、中断時間のフィールドには、入力バッファの残量に基づく、クラスごとの制御情報である出力制御情報が設定される。上記フロー制御方法は、さらに、送信装置が、拡張ポーズフレームの出力制御情報に基づき、優先度のクラスごとに帯域制御を行うステップを含む。

[0007] また、近年ではアドホックネットワークが注目を集めている。無線アドホックネットワークだけでなく、有線アドホックネットワークも研究されており、センサネットワークへの応用が試みられている。

[0008] 例えば、「S-w i r e」と呼ばれる有線式のセンサネットワークでは、各通信装置が有線で複数の通信装置に接続されており、有線によりデータ通信および電源の供給が行われる。有線式の利点として、センサを土中、水中や構造物などへ埋め込むことが可能である点や、切断などの検出が可能である点が挙げられる。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2006-14021号公報

特許文献2：特開2008-103899号公報

特許文献3：特開2008-236308号公報

非特許文献

[0010] 非特許文献1：岩尾忠重、山田健二、野村浩司、細川武司著「多用途向け有線

センサネットワーク：「S-wire」雑誌F U J I T S U、2006年5月号（VOL. 57、NO. 3）、285～290ページ

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] 例えばポーズフレームなどの制御情報を用いることでデータの送信を抑制する技術は、輻輳の回避には有効である。しかし、輻輳を回避するために、送信対象のデータが破棄されてしまうこともありうる。
- [0012] 他方で、送信対象のデータの破棄は、データを無駄にすることにつながる。よって、もし輻輳が回避可能なのであれば、データを破棄するよりはデータの中継を継続する方が好ましい。
- [0013] そこで本発明は、輻輳を回避しつつデータの中継も継続するための技術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

- [0014] 一態様による通信装置は、データを送信する送信部と、データを受信する受信部と、経路制御情報記憶部と、監視部と、ポーズ制御部と、経路制御情報更新部と、経路制御部を備える。
- [0015] 前記経路制御情報記憶部は、データの最終宛先を識別する最終宛先識別情報に対応づけて、前記データを送信する送信経路を識別する送信経路識別情報を含む経路制御情報を記憶する。
- [0016] 前記監視部は、前記通信装置における資源の使用状況を監視し、前記使用状況を表す計量値を得る。

前記ポーズ制御部は、前記計量値が所定の条件を満たすとき、最終宛先ごとの前記資源の使用状況にしたがって、前記通信装置がデータの転送を休止しようとする最終宛先である第1のポーズ対象通信装置を決定し、前記第1のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの前記通信装置への送信を休止するよう要求する第1のポーズデータを生成し、前記第1のポーズデータを送信するよう前記送信部を制御する。

- [0017] 前記経路制御情報更新部は、前記受信部が、第2のポーズ対象通信装置を

最終宛先とするデータの送信を休止するよう要求する第2のポーズデータを受信したとき、前記第2のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの送信経路から前記第2のポーズデータを受信した経路を除外するように、前記第2のポーズ対象通信装置を識別する最終宛先識別情報に対応づけられて前記経路制御情報記憶部に記憶されている前記経路制御情報を更新する。

[0018] 前記経路制御部は、前記経路制御情報記憶部に記憶された前記経路制御情報にしたがって、送信の対象である送信対象データの送信経路を決定し、決定した前記送信経路に前記送信対象データを送信するよう前記送信部を制御する。

発明の効果

[0019] 上記通信装置によれば、ポーズフレームの受信を契機として、場合に応じて適宜、今まで送信に使われていた送信経路とは別の経路が送信に利用されるようになるので、データの中継は継続される。また、高負荷の通信装置においては、他の通信装置が第1のポーズフレームにしたがって振る舞うことで、受信するフレームの量が減り、負荷が軽減される。よって、負荷の集中による輻輳も防止される。

図面の簡単な説明

[0020] [図1] ポーズ制御の第1の動作例を説明する図（その1）である。
[図2] ポーズ制御の第1の動作例を説明する図（その2）である。
[図3] ポーズ制御の第1の動作例を説明する図（その3）である。
[図4] ポーズ制御の第2の動作例を説明する図（その1）である。
[図5] ポーズ制御の第2の動作例を説明する図（その2）である。
[図6] 通信装置の機能構成図である。
[図7] テーブル格納部に格納されるテーブルの例を示す図（その1）である。
[図8] ルーティングテーブルでのポート状態の状態遷移図である。
[図9] ループ検出テーブルでのポート状態の状態遷移図である。
[図10] テーブル格納部に格納されるテーブルの例を示す図（その2）である。
。

[図11] 第 1 実施形態の通信装置が適用されるネットワークの例を示す図である。

[図12] 障害発生時の代替経路探索を説明する概念図である。

[図13] フレームの形式を説明する図である。

[図14] フレーム受信処理のフローチャートである。

[図15] ポーズ設定処理のフローチャートである。

[図16] 第 2 の動作例におけるポーズ設定処理の例を説明する図である。

[図17] ポーズ解除処理のフローチャートである。

[図18] G D 別バッファ使用量加算処理のフローチャートである。

[図19] 受信データフレーム処理のフローチャート（その 1）である。

[図20] 受信データフレーム処理を説明するフローチャート（その 2）である。

[図21] 受信データフレーム処理を説明するフローチャート（その 3）である。

[図22] バッファ解放処理のフローチャートである。

[図23] データフレーム送信処理のフローチャート（その 1）である。

[図24] データフレーム送信処理のフローチャート（その 2）である。

[図25] ポーズ制御処理のフローチャートである。

[図26] ポーズ要求フレーム送信処理の第 1 の例のフローチャートである。

[図27] ポーズ要求フレーム送信処理の第 2 の例のフローチャートである。

[図28] ポーズ解除フレーム送信処理の第 1 の例のフローチャートである。

[図29] ポーズ解除フレーム送信処理の第 2 の例のフローチャートである。

[図30] ポーズ解除フレーム送信処理の第 3 の例のフローチャートである。

[図31] ポーズ対象 G D 決定処理の第 1 の例のフローチャートである。

[図32] ポーズ対象 G D 決定処理の第 2 の例のフローチャートである。

[図33] ポーズ対象 G D 決定処理の第 3 の例のフローチャートである。

[図34] ポーズ対象 G D 決定処理の第 4 の例のフローチャートである。

[図35] ルーティングテーブルカウンタ処理のフローチャートである。

[図36] 第2実施形態でのルーティングテーブルの例を示す図である。

[図37] 通信装置のハードウェア構成図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。説明の順序は次のとおりである。

まず、いくつか用語について説明してから、第1実施形態の通信装置によるポーズ制御の概要を、図1～図5に示す2つの動作例を参照しながら説明する。

[0022] その後、第1実施形態の通信装置の構成について図6を参照して説明する。次に、図6に示す各種テーブルの詳細について図7～図10を参照して説明する。

その後、図6のような通信装置を複数含むネットワークにおけるルーティングに関する分散協調動作の概要を、図11と図12を参照して説明する。あわせて、図13を参照して、フレーム形式の例についても説明する。

[0023] そして、図14～図35を参照して、個々の通信装置の動作の詳細を説明する。個々の通信装置の動作の説明においては、適宜図1～図13を参照して、個々の通信装置の動作と、ネットワーク全体の振る舞いとの関連についても説明する。その後、第2実施形態およびその他の実施形態について説明する。

[0024] ここで、下記の各実施形態における用語についていくつか説明する。

下記の実施形態では、複数の通信装置がネットワーク内に含まれる。ネットワークトポロジの観点からは、個々の通信装置はネットワーク内の個々のノードであるので、通信装置を「ノード装置」または「ノード」ともいう。また、1つまたは複数の通信装置を含むネットワークを「ノード群」ともいう。ノード群は、より大きなネットワークの一部であってもよい。

[0025] また、以下では、第1の通信装置と第2の通信装置が直接通信可能な場合、第1と第2の通信装置が「隣接している」という。すなわち、互いに隣接する2つの通信装置間のホップ数は1である。換言すれば、第1と第2の通

信装置の間に有線または無線のリンクが確立している場合、第１と第２の通信装置は互いに隣接している。

[0026] 具体的には、第１と第２の通信装置が直接ケーブルで接続されており、第１と第２の通信装置がケーブルを介して情報を通信しあうことができるとき、第１と第２の通信装置の間には有線リンクが存在し、第１と第２の通信装置は互いに隣接する。また、第１と第２の通信装置が、第３の通信装置による中継を経ずに直接、無線により情報を通信しあうことができるとき、第１と第２の通信装置の間には無線リンクが存在し、第１と第２の通信装置は互いに隣接する。

[0027] なお、リンクは固定的ではなく、動的に変化することがありうる。天候や遮蔽物などの影響で、無線リンクが新たに確立されたり、今まで確立されていた無線リンクが消滅したりすることがある。通信装置が可動式であれば、通信装置間の距離の変動によってリンクの有無が変化することもある。また、ケーブルの接続替えにより、新たな有線リンクが確立されたり、今まで存在していた有線リンクが消滅したりすることがあり、ケーブルの切断等の障害によって有線リンクが消滅することもある。

[0028] また、上記のように第１と第２の通信装置が隣接するとき、第１の通信装置にとっての第２の通信装置を「隣接通信装置」ということがある。同様に、第２の通信装置にとっては、第１の通信装置が「隣接通信装置」である。なお、「通信装置」を「ノード」ということがあるのと同様に、「隣接通信装置」を「隣接ノード」ということもある。

[0029] また、以下では通信装置間で通信手順（プロトコル）に従って送受信されるデータの単位であるＰＤＵ（Protocol Data Unit）、および、送受信の単位データそのものを「フレーム」と称する。下記の実施形態では、様々なフレームが処理される。フレームは、以下のようにいくつかの観点から分類される。

[0030] フレームは、図１３に示す「アドホックヘッダ」を含むか否かによって分類することができる。以下では、アドホックヘッダを含むフレームを「アド

ホックフレーム」という。他方、アドホックヘッダを含まないフレームの例は、例えば、周知のイーサネット（登録商標）で利用されるイーサネットフレームである。

[0031] なお、アドホックフレームは、アドホックヘッダの後に続くイーサネットフレームを含むデータフレームと、アドホックヘッダの後にその他の特定の形式の制御データを含む制御フレームに、さらに分類することもできる。制御フレームには複数の種類があってもよい。下記の各実施形態で利用されるポーズフレームと、第2実施形態に関して後述するACK（ACKnowledge）フレームは、制御フレームの具体例である。

[0032] また、フレームには、1つの通信装置だけが最終的な宛先として指定されるユニキャストフレームもあるし、隣接する複数の通信装置に送信されるフレームもある。さらに、ネットワーク内にフラッディングされるブロードキャストフレームなど、他の種類のフレームがあってもよい。

[0033] 以下の説明においては、必要に応じて、上記のような観点からのフレームの分類を明示する。なお、文脈から分類が明らかであるか、または分類に無関係な箇所では、簡単のために単純に「フレーム」と述べる場合もある。

[0034] さて、図1～図3は、第1実施形態によるポーズ制御の第1の動作例を説明する図であり、図4と図5は、第1実施形態によるポーズ制御の第2の動作例を説明する図である。詳しくは後述するが、通信装置におけるポーズ制御は、その通信装置へのフレームの送信を休止するよう隣接通信装置に要求するための制御と、フレームの転送を再開することを隣接通信装置に通知するための制御を含む。

[0035] さて、図1～図5に示すネットワーク1は、ノード2～7とノード群8～13を含む。ネットワーク1のトポロジは、以下のとおりである。

- ・ノード2とノード3は隣接している。

[0036] ・ノード3とノード4は隣接している。

- ・ノード2は、ノード群8内の1つ以上のノードと隣接している。

- ・ノード2は、ノード群9内の1つ以上のノードと隣接している。

- [0037] ・ノード3は、ノード群10内の1つ以上のノードと隣接している。
 ・ノード3は、ノード群11内の1つ以上のノードと隣接している。
 ・ノード4は、ノード群9内の1つ以上のノードと隣接している。
- [0038] ・ノード4は、ノード群12内の1つ以上のノードと隣接している。
 ・ノード5は、ノード群9内の1つ以上のノードと隣接している。
 ・ノード6は、ノード群9内の1つ以上のノードと隣接している。
- [0039] ・ノード7は、ノード群9内の1つ以上のノードと隣接している。
 ・ノード群9内のあるノードとノード群13内のあるノードが隣接している。
 ・ノード群12内のあるノードとノード群13内のあるノードが隣接している。
- [0040] 上記のようなトポロジのネットワーク1は、例えば、ノード5～7をゴールノードとして、ノード5～7に他のノードからの情報を収集する用途に利用されてもよい。
- 例えば、ノード群8内のあるノードは、ノード5を最終的な宛先としてフレームを送信してもよいし、ノード群8の他のノードは、ノード6またはノード7を最終的な宛先としてフレームを送信してもよい。あるいは、ノード群8内のある1つのノードが、送信する情報の種類などに応じて、ノード5～7のうちの2つ以上のゴールノードを最終的な宛先としてフレームを送信してもよい。ノード群9～13内の不図示の各ノードについても同様である。
- [0041] 詳しくは後述するが、第1実施形態においてノードとして使われる通信装置は、フレームの最終的な宛先ごとに、フレームを送信する経路を制御する。以下では、フレームの、ネットワーク1内における最初の送信元の通信装置を「GS (Global Source)」といい、フレームの、ネットワーク1内における最終的な宛先の通信装置を「GD (Global Destination)」という。
- [0042] 例えば、ノード群10内のノードである通信装置がGSとしてフレームを送信する場合、このフレームの最終的な宛先がノード5とすると、GDはノ

ード5である。そして、図1～図5のネットワーク1においては、このフレームはノード3によって中継される。

- [0043] ノード3は、フレームのGDに応じて、フレームの送信経路を制御する。例えば、ノード3は、フレームのGDがノード5であれば、隣接するノード4にフレームを送信し、フレームのGDがノード6または7であれば、隣接するノード2にフレームを送信してもよい。
- [0044] このように、GDではないノード3は、受信したフレームを、中継（relay）する（つまり転送（forward）する）ために、隣接通信装置であるノード2または4に送信することがある。以下では、互いに隣接する2つの通信装置間でのフレームの送信において、フレームの送信元の通信装置を「LS（Local Source）」といい、フレームの宛先の通信装置を「LD（Local Destination）」という。例えば、上記の例では、ノード群10内のノードがGSとなって送信した、GDとしてノード5が指定されたフレームの送信において、ノード3がLSであり、ノード4がLDである。
- [0045] GDごとの送信経路の制御の具体的方法については後述するが、第1実施形態の通信装置は、送信経路をGDごとに制御することに対応して、ポーズ制御もGDごとに行う。送信経路の制御とポーズ制御がともにGDごとに行われることによって、ネットワーク1全体としては負荷の偏りが小さく抑えられ、個々の通信装置における負荷の変動も小さく抑えられる。その結果、より良い負荷分散が実現される。図1～図5は、第1実施形態による負荷分散の具体例を示す。
- [0046] 例えば、ネットワーク1では、図1に示す時刻T1までは、ノード5～7をGDとするフレームによってノード5～7に情報を収集することが定常的に行われていたとし、定常的に送信されるフレームの量が次のとおりであったとする。
- [0047] GDとしてノード5が指定されており、ノード群8内の1つまたは複数の隣接ノードからノード2が単位時間あたりに受信するフレームの量は、ある適宜の量を単位量とすると、1であるとする。また、GDとしてノード6が

指定されており、ノード群 8 内の 1 つまたは複数の隣接ノードからノード 2 が単位時間あたりに受信するフレームの量は、上記単位量によれば 1 単位であるとする。そして、GD としてノード 7 が指定されており、ノード群 8 内の 1 つまたは複数の隣接ノードからノード 2 が単位時間あたりに受信するフレームの量は、上記単位量によれば 1 単位であるとする。

[0048] 以下では説明の便宜上、単位時間あたりに受信するフレームの量を、上記単位量を用いて、式 (1) のような表記法を用いて GD 別に表すことにする。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード 5}, 1 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード 6}, 1 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード 7}, 1 \rangle \} \end{aligned} \quad (1)$$

[0049] 式 (1) は、上記で説明したような、ノード群 8 内の 1 つまたは複数の隣接ノードからノード 2 が単位時間あたりに受信するフレームの量を GD 別に示している。換言すれば、式 (1) は、ノード群 8 に起因してノード 2 が単位時間あたりに処理するデータ量 D101 を示す。

[0050] 図 1 ~ 図 5 では、GD がノード 5 であるフレームの量を、白い矩形の高さで表し、GD がノード 6 であるフレームの量を、黒い矩形の高さで表し、GD がノード 7 であるフレームの量を、斜線パターンの矩形の高さで表している。

[0051] また、ノード群 10 内の 1 つまたは複数の隣接ノードからノード 3 が単位時間あたりに受信するフレームの量を GD 別に示すと、式 (2) のとおりであるとする。式 (2) は図 1 のデータ量 D102 に対応する。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード 5}, 1 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード 6}, 1 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード 7}, 1 \rangle \} \end{aligned} \quad (2)$$

[0052] そして、ノード群 11 内の 1 つまたは複数の隣接ノードからノード 3 が単位時間あたりに受信するフレームの量を GD 別に示すと、式 (3) のとおりであるとする。式 (3) は図 1 のデータ量 D103 に対応する。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード} 5, 1 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 6, 1 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 7, 1 \rangle \} \end{aligned} \quad (3)$$

[0053] また、ノード群 1 2 内の 1 つまたは複数の隣接ノードからノード 4 が単位時間あたりに受信するフレームの量を G D 別に示すと、式 (4) のとおりであるとする。式 (4) は図 1 のデータ量 D 1 0 4 に対応する。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード} 5, 2 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 6, 2 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 7, 2 \rangle \} \end{aligned} \quad (4)$$

[0054] そして、ノード 3 が送信経路の制御（つまりフレームのルーティング）を行う方針が、次のとおりであるとする。すなわち、ノード 3 は、G D がノード 5 のフレームに関しては、L D としてノード 4 を選択し、G D がノード 6 または 7 のフレームに関しては、L D としてノード 2 を選択するものとする。

[0055] すると、式 (2) と (3) より、ノード 3 がノード 2 に送信するフレームの量は式 (5) のように表され、ノード 3 がノード 4 に送信するフレームの量は式 (6) のように表される。式 (5) と (6) はそれぞれ図 1 のデータ量 D 1 0 5 と D 1 0 6 に対応する。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード} 6, 2 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 7, 2 \rangle \} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\{ \langle \text{ノード} 5, 2 \rangle \} \quad (6)$$

[0056] また、ノード 2 は、受信したフレームの G D がノード 5 ～ 7 のいずれであっても、フレームをノード群 9 内の隣接ノードに送信するよう、送信経路の制御を行うとする。なお、下記の 3 つのノードが、3 つの異なるノードであっても、2 つの異なるノードであっても、同じ 1 つのノードであっても、以下の議論には影響がない。

・ G D がノード 5 のフレームの L D としてノード 2 が選択するノード群 9 内のノード

・ G Dがノード6のフレームの L Dとしてノード2が選択するノード群9内のノード

・ G Dがノード7のフレームの L Dとしてノード2が選択するノード群9内のノード

[0057] よって、以下では単に「ノード2は、G Dがノード5～7のフレームをノード群9に送信する」のように述べることもある。そして、ノード2は、G Dがノード5～7のフレームをノード群9に送信するので、式(1)と(5)より、ノード2がノード群9内の1つ以上の隣接ノードに送信するフレームの量は、式(7)のように表される。式(7)は図1のデータ量D107に対応する。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード}5, 1 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード}6, 3 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード}7, 3 \rangle \} \end{aligned} \quad (7)$$

[0058] また、ノード4は、受信したフレームのG Dがノード5～7のいずれであっても、フレームをノード群9内の隣接ノードに送信するよう、送信経路の制御を行うとする。すると、式(4)と(6)より、ノード4がノード群9内の1つ以上の隣接ノードに送信するフレームの量は、式(8)のように表される。式(8)は図1のデータ量D108に対応する。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード}5, 4 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード}6, 2 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード}7, 2 \rangle \} \end{aligned} \quad (8)$$

[0059] したがって、時刻T1までの定常的な状態では、式(1)、(5)、(7)より、ノード2の処理負荷は、式(9)のように表される。

$$\begin{aligned} & (1 + 1 + 1) + (2 + 2) \\ & = 1 + 3 + 3 \\ & = 7 \end{aligned} \quad (9)$$

[0060] 同様に、式(2)、(3)、(5)、(6)より、ノード3の処理負荷は式(10)のように表され、式(4)、(6)、(8)より、ノード4の処

理負荷は式（１１）のように表される。

$$\begin{aligned}
 & (1 + 1 + 1) + (1 + 1 + 1) \\
 &= (2 + 2) + 2 \\
 &= 6 \qquad (10) \\
 & (2 + 2 + 2) + 2 \\
 &= 4 + 2 + 2 \\
 &= 8 \qquad (11)
 \end{aligned}$$

[0061] ここで、説明の便宜上、ノード２～４はいずれも、処理負荷が１０を超えるとビジー状態に陥るとする。換言すれば、ノード２～４の処理能力を、処理遅延やフレームの廃棄などを生じることなく正常に処理を遂行することの可能な処理負荷の量により表すと、１０であるとする。式（９）～（１１）が示すとおり、時刻Ｔ１ではノード２～４のいずれもビジー状態には陥っていない。

[0062] ところが、あるとき、例えばノード群１１にノードが追加されたなどの何らかの理由により、ノード群１１からノード３が受信するフレーム（具体的には、ＧＤがノード５のフレーム）の量が増えたとする。すると、このフレームの量の増大に対応して、ノード４がビジー状態に陥る。図２は、上記のようにしてノード４がビジー状態に陥った時刻Ｔ２のネットワーク１を示す図である。

[0063] 図２において、ノード群８からノード２へ送信されるデータ量Ｄ２０１は、図１のデータ量Ｄ１０１と同様であり、式（１）により表される。また、ノード群１０からノード３に送信されるデータ量Ｄ２０２は、図１のデータ量Ｄ１０２と同様であり、式（２）により表される。そして、ノード群１２からノード４に送信されるデータ量Ｄ２０４は、図１のデータ量Ｄ１０４と同様であり、式（４）により表される。

[0064] 他方で、ノード群１１内の１つまたは複数の隣接ノードからノード３が単位時間あたりに受信するフレームの量をＧＤ別に示すと、式（１２）のとおりであるとする。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード} 5, 4 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 6, 1 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 7, 1 \rangle \} \end{aligned} \quad (12)$$

[0065] 式(12)は図2のデータ量D203に対応する。また、図1のデータ量D103に対応する式(3)との比較から明らかなように、増加したのはGDがノード5のフレームである。そして、増加した量は、上記の単位量を用いて表せば、3(=4-1)である。

[0066] ここで、上記のとおりノード3は、GDがノード6または7のフレームに関しては、LDとしてノード2を選択する。つまり、ノード3がノード2に送信するフレームの量は、GDがノード5のフレームの量が増えても影響を受けず、図1のデータ量D105と同じく式(5)により表される。

[0067] また、上記のとおり、データ量D201とD205が図1のデータ量D101とD105とそれぞれ同じなので、ノード2がノード群9に送信するフレームの量も、図1の場合と同じである。つまり、図2のデータ量D207は、図1のデータ量D107と同じく、式(7)により表される。

[0068] 他方、上記のとおりノード3は、GDがノード5のフレームに関しては、LDとしてノード4を選択する。よって、ノード3がノード4に送信するフレームの量は、図1のデータ量D106に対応する式(6)と比較すると増加し、具体的には式(13)のとおりである。式(13)は図2のデータ量D206に対応する。

$$[0069] \quad \{ \langle \text{ノード} 5, 5 \rangle \} \quad (13)$$

したがって、ノード4がノード群9に送信するフレームの量は、データ量D204に対応する式(4)とデータ量D206に対応する式(13)から、式(14)のように表される。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード} 5, 7 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 6, 2 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 7, 2 \rangle \} \end{aligned} \quad (14)$$

[0070] よって、時刻T2において、ノード2の処理負荷は、図1に関して説明し

た式（９）のとおりである。また、ノード３の処理負荷は、式（２）、（１２）、（５）、（１３）より、式（１５）のように表される。よって、ノード２と３は時刻Ｔ２でもビジー状態には陥っていない。

$$\begin{aligned} & (1 + 1 + 1) + (1 + 1 + 4) \\ &= (2 + 2) + 5 \\ &= 9 \end{aligned} \tag{15}$$

[0071] 他方、ノード４の処理負荷は、式（４）、（１３）、（１４）より、式（１６）のように表される。

$$\begin{aligned} & (2 + 2 + 2) + 5 \\ &= 7 + 2 + 2 \\ &= 11 \end{aligned} \tag{16}$$

[0072] そして、 $11 > 10$ なので、ノード４はビジー状態に陥る。そこで、ノード４は、ノード４へのフレームの送信を休止するよう隣接ノードに要求することで、負荷の低減を図り、ひいてはビジー状態からの回復を図る。第１実施形態では、フレームの送信の休止の要求は、ポーズ要求フレームの送信により実現される。

[0073] ポーズ要求フレームの具体的な形式の例は図１３とともに後述するが、ポーズ要求フレームは、フレームの種類がポーズ要求フレームであることを示す情報と、どのノードをＧＤとするフレームの送信の休止を要求するかを指定する情報を含む。詳しくは後述するとおり、ポーズ要求フレームで指定されるＧＤの数は、１つでもよいし、複数でもよい。

[0074] 図２の例では、ノード４が、ノード７をＧＤとするフレームのノード４への送信を休止するよう要求するポーズ要求フレームＰ１を各隣接ノードに送信する。なお、ポーズ要求フレームで指定するＧＤを決定する処理は、詳しくは図３１～図３４とともに説明するとおり、実施形態に応じて様々に異なる。ここでは、ノード４が何らかの基準にしたがって、「ポーズ要求フレームＰ１で指定するＧＤとして適切なのはノード７である」と決定するものとする。

[0075] 図3は、ポーズ要求フレームP1の送信から少し時間が経過した時刻T3におけるネットワーク1の状態を示す。ポーズ要求フレームP1を受信するのはノード4の隣接ノードのみなので、ノード4に隣接しないノード群8、10、11などはポーズ要求フレームP1の直接の影響を受けない。

[0076] よって、図3において、ノード群8からノード2に送信されるデータ量D301は、図2のデータ量D201と同様であり、式(1)により表される。また、ノード群10からノード3に送信されるデータ量D302は、図2のデータ量D202と同様であり、式(2)により表される。そして、ノード群11からノード3に送信されるデータ量D303は、図2のデータ量D203と同様であり、式(12)により表される。

[0077] 他方、ノード群12においてノード4に隣接する1つ以上のノードは、ポーズ要求フレームP1を受信済みなので、ノード7をGDとするフレームをノード4に送信することを休止する。すなわち、ノード群12においてノード4に隣接する1つ以上のノードは、ノード7をGDとするフレームをノード4とは別の経路(具体的にはノード群13内のノード)に送信する。

[0078] その結果、ノード群12からノード4に送信されるフレームの量をGD別に表すと、式(17)のようになる。式(17)は図3のデータ量D304を示す。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード5}, 2 \rangle, \\ & \langle \text{ノード6}, 2 \rangle \} \end{aligned} \quad (17)$$

[0079] また、ノード群12からノード群13に送信されるフレームの量をGD別に表すと、式(18)のようになる。式(18)は図3のデータ量D309を示す。

$$\{ \langle \text{ノード7}, 2 \rangle \} \quad (18)$$

[0080] また、上記のように、ノード3がノード4に送信するフレームは、ノード5をGDとするフレームのみである。つまり、ノード3からノード4へ送信されるデータ量D306は、ポーズ要求フレームP1による影響を受けないので図2のデータ量D206と変わらず、式(13)により表される。

[0081] 同様に、ノード3からノード2へ送信されるデータ量D305も、図2のデータ量D205と変わらず、式(5)により表される。したがって、ノード3からノード群9に送信されるデータ量D307も、図2のデータ量D207と同じであり、式(7)により表される。

[0082] ここでノード4に注目すると、ノード4に流入するデータ量D304とD306は、それぞれ式(17)と(13)により表される。また、上記のとおりノード4は、受信したフレームのGDがノード5~7のいずれであっても、フレームをノード群9内の隣接ノードに送信する。よって、ノード4が処理するデータ量は、すなわちノード4がノード群9に送信するデータ量D308である。また、式(17)と(13)から、データ量D308は、以下の式(19)によって表される。

$$\{ \langle \text{ノード}5, 7 \rangle, \langle \text{ノード}6, 2 \rangle \} \quad (19)$$

[0083] なお、ノード群12からノード群13に送信された、ノード7をGDとするデータ量D309のフレームは、ノード群13からノード群9に送信される。図3のデータ量D310は、こうしてノード群13からノード群9に送信されるフレームの量を示しており、データ量D309と同様に上記の式(18)により表される。

[0084] 以上から、時刻T3においても、ノード2の処理負荷は、図1に関して説明した式(9)と同じである。また、ノード3の処理負荷は、図2に関して説明した式(15)と同じである。

[0085] そして、時刻T3においてノード4の処理負荷は、式(17)、(13)、(19)より、式(20)のように表される。

$$\begin{aligned} & (2+2) + 5 \\ & = 7 + 2 \\ & = 9 \end{aligned} \quad (20)$$

[0086] ここで $9 \leq 10$ なので、ノード4は図2のビジー状態から回復する。そこで、ノード4は、ビジー状態からの回復を隣接ノードに通知する。すなわち

、ノード４は、ノード７をＧＤとするフレームの転送を再開することを隣接ノードに通知する。換言すれば、ノード４は、ノード７をＧＤとするフレームのノード４への送信を隣接ノードに許可するための通知を出す。

[0087] 上記通知は、第１実施形態では、ポーズ解除フレームの送信により実現される。ポーズ解除フレームの具体的な形式の例は図１３とともに後述するが、ポーズ解除フレームは、フレームの種類がポーズ解除フレームであることを示す情報と、どのノードをＧＤとするフレームの転送を再開するのかを明示的または暗黙的に指定する情報を含む。詳しくは後述するとおり、ポーズ解除フレームで明示的にＧＤが指定される場合、指定されるＧＤの数は、１つでもよいし、複数でもよい。

[0088] 図３の例では、ビジー状態から回復したノード４が、ポーズ要求フレームＰ１で指定したのと同じノード７をポーズ解除対象のＧＤとして指定したポーズ解除フレームＲ１を、各隣接ノードに送信する。後述するように、ポーズ解除フレームによる通知は必ずしも必要ではないが、ネットワークリソースの有効利用に役立つ。

[0089] なお、図３の例の場合、以下の３つの理由から、ポーズ解除フレームＲ１に起因する送信経路の変更は起こらない。

第１の理由は、ポーズ解除フレームＲ１を受信したノード３は、もともとノード７をＧＤとするフレームをノード４ではなくノード２に送信するよう、送信経路を制御しているからである。よって、ノード３からノード４への送信は、ポーズ解除フレームＲ１の影響を受けない。

[0090] 第２の理由は、ノード群１２においてノード４に隣接する１つ以上のノードは、ノード７をＧＤとするフレームをノード４ではなくノード群１３に送信するよう、送信経路の制御方針を変更済みだからである。そして、第３の理由は、図３の例では、ノード群１２からノード群１３とノード群９を介してノード７へと、障害なくフレームを送信することが可能な経路が存在するからである。

[0091] 第２と第３の理由から、ノード７をＧＤとするフレームを図２の時刻Ｔ２

の時点ではノード４に送信していたノード群１２内の１つ以上のノードにおいては、時刻Ｔ３の後に再度あえて送信経路の制御方針を変更する必要性がない。よって、ノード群１２においてノード４に隣接する１つ以上のノードは、ポーズ要求フレームＰ１の受信に応じて変更した送信経路を時刻Ｔ３以降も使い続ける。

[0092] ところで、上記のとおり、ポーズ要求フレームに指定するＧＤを決定する処理のアルゴリズムは様々である。よって、アルゴリズムに応じて、ノード４が時刻Ｔ２において、「ポーズ要求フレームで指定するＧＤとして適切なものはノード５である」と判断することもありうる。図４と図５は、ノード４がそのように判断した場合の例を示す。

[0093] ノード４が、ＧＤとしてノード５を指定するポーズ要求フレームを送信した場合、ノード４に隣接しないノード群８、１０、１１はポーズ要求フレームの直接の影響を受けない。よって、図４において、ノード群８からノード２に送信されるデータ量Ｄ４０１は、図２のデータ量Ｄ２０１と同様であり、式（１）により表される。また、ノード群１０からノード３に送信されるデータ量Ｄ４０２は、図２のデータ量Ｄ２０２と同様であり、式（２）により表される。そして、ノード群１１からノード３に送信されるデータ量Ｄ４０３は、図２のデータ量Ｄ２０３と同様であり、式（１２）により表される。

[0094] 他方、ノード群１２においてノード４に隣接する１つ以上のノードは、図４には不図示のポーズ要求フレームを受信済みなので、ノード５をＧＤとするフレームをノード４に送信することを休止する。すなわち、ノード群１２においてノード４に隣接する１つ以上のノードは、ノード５をＧＤとするフレームをノード４とは別の経路（具体的にはノード群１３内のノード）に送信する。

[0095] その結果、ノード群１２からノード４に送信されるフレームの量は、ＧＤ別に表すと、式（２１）のようになる。式（２１）は図４のデータ量Ｄ４０４を示す。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード} 6, 2 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 7, 2 \rangle \} \end{aligned} \quad (21)$$

[0096] また、上記の不図示のポーズ要求フレームを受信したノード3は、ノード5をGDとするフレームを、ノード4とは別の経路に送信するようになる。具体的には、ノード3は、ノード6または7をGDとするフレームだけでなく、ノード5をGDとするフレームをも、ノード2に送信するようになる。その結果、ノード3からノード2に送信されるフレームの量は、GD別に表すと、式(22)のようになる。式(22)は図4のデータ量D405を示す。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード} 5, 5 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 6, 2 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 7, 2 \rangle \} \end{aligned} \quad (22)$$

[0097] ここで、ノード2に注目すると、ノード2に流入するデータ量D401とD405は、それぞれ式(1)と(22)により表される。また、上記のとおりノード2は、受信したフレームのGDがノード5～7のいずれであっても、フレームをノード群9内の隣接ノードに送信する。よって、ノード2が処理するデータ量は、すなわちノード2がノード群9に送信するデータ量D407であり、データ量D407は、式(1)と(22)から、式(23)のように表される。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード} 5, 6 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 6, 3 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード} 7, 3 \rangle \} \end{aligned} \quad (23)$$

[0098] ここで、式(1)、(22)、(23)から、時刻T4におけるノード2の処理負荷は、式(24)のように表される。

$$\begin{aligned} & (1 + 1 + 1) + (5 + 2 + 2) \\ & = 6 + 3 + 3 \\ & = 12 \end{aligned} \quad (24)$$

[0099] そして、 $10 < 12$ なので、ノード2はビジー状態に陥る。すなわち、時

刻 T 2 にビジー状態に陥ったノード 4 が、GD としてノード 5 を指定した不図示のポーズ要求フレームを送信したことが原因で、いわばビジー状態がノード 4 からノード 2 へと伝播してしまう。

[0100] その結果、ノード 2 は、何らかの基準にしたがってノード 6 を選択し、ノード 6 を GD とするフレームのノード 2 への送信を休止するよう要求するポーズ要求フレーム P 3 を隣接ノードに送信する。

[0101] ところで、ノード 5 を GD とするフレームを時刻 T 2 まではノード 4 に送信していたノード 3 は、不図示のポーズ要求フレームをノード 4 から受信すると、上記のとおり、ノード 5 を GD とするフレームをノード 4 に送信しないようになる。したがって、ノード 4 に流入するフレームの量（換言すればノード 4 が処理するフレームの量）は、データ量 D 4 0 4 に等しい。

[0102] また、上記のとおりノード 4 は、受信したフレームの GD がノード 5 ~ 7 のいずれであっても、フレームをノード群 9 内の隣接ノードに送信する。よって、ノード 4 がノード群 9 に送信するデータ量 D 4 0 8 も、データ量 D 4 0 4 に等しく、式 (2 1) により表される。

[0103] したがって、時刻 T 4 におけるノード 4 の処理負荷は、式 (2 1) より、式 (2 5) のように表される。

$$\begin{aligned} & 2 + 2 \\ & = 2 + 2 \\ & = 4 \end{aligned} \quad (2 5)$$

[0104] ここで $4 \leq 10$ なので、ノード 4 はビジー状態から回復する。そして、ノード 4 は、図 4 に示すように、ノード 5 を GD とするフレームの転送を再開することを隣接ノードに通知するためのポーズ解除フレーム R 2 を送信する。

[0105] なお、上記の不図示のポーズ要求フレームをノード 4 から受信したノード群 1 2 内のノードは、ノード 5 を GD とするフレームを、ノード 4 とは別の経路に送信するようになる。よって、ノード群 1 2 からノード群 1 3 に送信されるフレームの量を GD 別に表すと、式 (2 6) のとおりである。式 (2

6) は図 4 のデータ量 D 4 0 9 を示す。

$$\{ \langle \text{ノード } 5, 2 \rangle \} \quad (26)$$

[0106] ノード群 1 2 からノード群 1 3 に送信された、ノード 5 を G D とするデータ量 D 4 0 9 のフレームは、ノード群 1 3 からノード群 9 に送信される。図 4 のデータ量 D 4 1 0 は、こうしてノード群 1 3 からノード群 9 に送信されるフレームの量を示しており、やはり式 (26) により表される。

[0107] このように、ポーズ要求フレームに指定される G D によっては、ポーズ要求フレームを送信したノード 4 自体はビジー状態から回復することができても、他のノード 2 がビジー状態に陥ってしまうことがありうる。しかしながら、第 1 実施形態によれば、たとえ他のノード 2 にビジー状態が伝播したとしても、少し時間が経てば、ノード 2 もまたビジー状態から回復する。すなわち、第 1 実施形態の通信装置を個々のノードとして含むネットワーク 1 は、ときには多少の試行錯誤をとまなうにしても、負荷の偏りの少ない状態へと自律的に遷移する。

[0108] 具体的には、図 4 のようにノード 2 がポーズ要求フレーム P 3 を送信すると、図 5 に示すように、ノード群 8 においてノード 2 に隣接する 1 つ以上のノードは、G D がノード 6 のフレームのノード 2 への送信を休止する。その結果、ノード群 8 からノード 2 に送信されるフレームの量は、G D 別に表すと、式 (27) のようになる。式 (27) は図 5 のデータ量 D 5 0 1 を示す。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード } 5, 1 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード } 7, 1 \rangle \} \end{aligned} \quad (27)$$

[0109] なお、ノード群 8 においてノード 2 に隣接する 1 つ以上のノードは、G D がノード 6 のフレームを、ノード 2 とは異なる経路で送信するようになる。図 5 の例は、G D がノード 6 のフレームがノード群 8 からノード群 9 へと送信されるようになる例である。こうしてノード群 8 からノード群 9 へ送信されるフレームの量は、G D 別に表すと、式 (28) のとおりであり、式 (28) は図 5 のデータ量 D 5 1 1 を示す。

$$\{ \langle \text{ノード} 6, 1 \rangle \} \quad (28)$$

[0110] また、図4のポーズ要求フレームP3を受信したノード3は、ノード6をGDとするフレームのノード2への送信を休止する。その結果、ノード3からノード2に送信されるフレームの量は、GD別に表すと、式(29)のようになる。式(29)は図5のデータ量D505を示す。

$$\{ \langle \text{ノード} 5, 5 \rangle, \langle \text{ノード} 7, 2 \rangle \} \quad (29)$$

[0111] なお、ノード3は、ポーズ要求フレームP3の受信を契機に、ノード6をGDとするフレームを、ノード2とは異なる経路に送信するようになる。具体的には、ノード3は、ノード6をGDとするフレームをノード4に送信する。その結果、ノード3からノード4に送信されるフレームの量は、GD別に表すと、式(30)のようになる。式(30)は図5のデータ量D506を示す。

$$\{ \langle \text{ノード} 6, 2 \rangle \} \quad (30)$$

[0112] 他方、ノード2に隣接しないノード群10~13は、ポーズ要求フレームP3の直接の影響は受けない。よって、ノード群10からノード3に送信されるデータ量D502は、図4のデータ量D402と同様であり、式(2)により表される。また、ノード群11からノード3に送信されるデータ量D503は、図2のデータ量D203と同様であり、式(12)により表される。

[0113] そして、ノード群12からノード4に送信されるデータ量D504は、図4のデータ量D404と同様であり、式(21)により表される。また、ノード群12からノード群13に送信されるデータ量D509は、図4のデータ量D409と同様であり、式(26)により表される。同様に、ノード群13からノード群9に送信されるデータ量D510は、図4のデータ量D410と同様であり、データ量D509と同じく式(26)により表される。

[0114] さて、ポーズ要求フレームP3の受信を契機として上記のようにノード3とノード群8内のノードが経路制御の方針を変えると、結果として、ノード

2が処理するデータ量は、流入するデータ量D501とD505の合計となる。また、上記のとおりノード2は、受信したフレームのGDがノード5～7のいずれであっても、フレームをノード群9内の隣接ノードに送信する。

[0115] よって、図5に示す時刻T5においてノード2からノード群9へ送信されるデータ量D507は、データ量D501を示す式(27)とデータ量D505を示す式(29)より、下記の式(31)のとおりである。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード}5, 6 \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード}7, 3 \rangle \} \end{aligned} \quad (31)$$

[0116] よって、式(27)、(29)、(31)より、時刻T5におけるノード2の処理負荷は、式(32)のように表される。

$$\begin{aligned} & (1+1) + (5+2) \\ & = 6+3 \\ & = 9 \end{aligned} \quad (32)$$

[0117] そして、 $9 \leq 10$ なので、ノード2はビジー状態から回復する。そこで、ノード2は、ビジー状態からの回復を隣接ノードに通知する。すなわち、ノード2は、図4のポーズ要求フレームP3で指定したのと同じノード6をポーズ解除対象のGDとして指定したポーズ解除フレームR3を、各隣接ノードに送信する。

[0118] なお、図3の例に関して、ポーズ解除フレームR1に起因する送信経路の変更が起こらない理由として説明したのと同様の理由から、ポーズ解除フレームR3に起因する送信経路の変更は起こらない。

[0119] なお、時刻T4でビジー状態から回復したノード4の時刻T5における処理負荷は、流入するデータ量D504とD506の合計に等しい。そして、上記のとおりノード4は、受信したフレームのGDがノード5～7のいずれであっても、フレームをノード群9内の隣接ノードに送信する。

[0120] したがって、ノード4からノード群9に送信されるデータ量D508は、式(21)、(30)より、式(33)のように表される。

$$\{ \langle \text{ノード}6, 4 \rangle, \}$$

〈ノード7, 2〉}

(33)

[0121] そして、式(21)、(30)、(33)より、時刻T5におけるノード4の処理負荷は、式(34)のように表される。

$$(2+2)+2$$

$$=4+2$$

$$=6$$

(34)

[0122] ここで、 $6 \leq 10$ なので、図4に示すように一旦ビジー状態から回復したノード4は、時刻T5においても通常の状態を保ち続けている。したがって、たとえ一時的に図4に示すようなビジー状態の伝播が生じたとしても、しばらくすれば、ネットワーク1は、どのノードもビジー状態ではない、安定的な状態（換言すれば負荷の偏りの少ない状態）へと自律的に遷移する。

[0123] 以上のように、ネットワーク1内の個々のノードがポーズ要求フレームとポーズ解除フレームを用いてポーズ制御を行うことで、ネットワーク1全体としては適切な負荷分散が実現される。

[0124] また、以上概要を説明したように、第1実施形態では、「ビジー状態に陥ったノードまたはその隣接ノードが、フレームを廃棄することによりビジー状態からの回復を図る」といったアプローチとは異なるアプローチがとられている。すなわち、第1実施形態では、ビジー状態に陥ったノードの隣接ノードが、フレームの送信経路を切り換えることにより、ビジー状態に陥ったノードの負荷の軽減と、途中まで転送されてきたフレームの廃棄の防止の双方を実現する。よって、第1実施形態によれば、輻輳を回避しつつデータの中継も継続することができる。

[0125] そして、第1実施形態のようなGDごとのポーズ制御は、ネットワーク1全体での負荷の平均化に有益であり、換言すれば、リソースの有効活用に有益である。この利点についての理解を助けるため、次に、GDを指定する情報がポーズ要求フレームとポーズ解除フレームにまったく含まれない比較例について説明する。

[0126] 例えば、図2の時刻T2において、ノード4が、GDを指定する情報を含

まないポーズ要求フレームを送信したとする。すると、ノード 4 に隣接する各ノードは、フレームの G D によらず、フレームのノード 4 への送信を休止する。

[0127] したがって、この比較例においては、ノード 3 は、ノード 4 からのポーズ要求フレームの受信を契機として、今までノード 4 へ送信していたデータ量 D 2 0 6 のフレームを、例えばノード 2 に送信するようになる。また、ノード群 1 2 内においてノード 4 に隣接するノードも、ノード 4 からのポーズ要求フレームの受信を契機として、今までノード 4 へ送信していたデータ量 D 2 0 4 のフレームを、例えばノード群 1 3 内のノードに送信するようになる。

[0128] すると、ノード 3 からノード 2 へ送信されるフレームのデータ量は、式 (3 5) のとおり、図 2 のデータ量 D 2 0 5 と D 2 0 6 の和となる。

$$\begin{aligned} & \{ \langle \text{ノード 5, 5} \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード 6, 2} \rangle, \\ & \quad \langle \text{ノード 7, 2} \rangle \} \end{aligned} \quad (35)$$

[0129] また、ノード 2 には、図 2 と同様に、ノード群 8 からデータ量 D 2 0 1 のフレームも送信される。したがって、ノード 2 の処理負荷は、式 (3 6) のとおりである。

$$\begin{aligned} & (5 + 1) + (2 + 1) + (2 + 1) \\ & = 6 + 3 + 3 \\ & = 12 \end{aligned} \quad (36)$$

[0130] すると、 $10 < 12$ なので、今度はノード 2 がビジー状態に陥る。そこで、ノード 2 がポーズ要求フレームを送信する。本比較例では、このポーズ要求フレームも、G D を指定する情報を含まないとする。

[0131] すると、ノード 2 に隣接する各ノードは、フレームの G D によらず、フレームのノード 2 への送信を休止する。

例えば、ノード群 8 内においてノード 2 に隣接するノードは、ノード 2 からのポーズ要求フレームの受信を契機として、図 5 に示すノード群 8 と 9 の

間の経路に、データ量D201のフレームを送信するようになる。

[0132] また、上記のようにノード4がポーズ要求フレームを送信した後は、ノード4へはフレームが送信されなくなるので、ノード4ではやがてビジー状態が解消し、処理負荷が0となる。そして、ノード4はポーズ解除フレームを隣接する各ノードに送信する。例えば、ノード3が、ノード2からのポーズ要求フレームを受信する前に、ノード4からのポーズ解除フレームを既受信しているとする。すると、ノード3は、ノード2からのポーズ要求フレームの受信を契機として、式(35)に示す合計9(=5+2+2)のデータ量のフレームを、ビジー状態が解消したノード4へと送信するようになる。

[0133] また、ノード2からのポーズ要求フレームの送信後は、ノード2へはフレームが送信されなくなるので、ノード2ではやがてビジー状態が解消し、処理負荷が0となる。

以上説明したような比較例では、ポーズ要求フレームがGDを指定する情報を含まないで、隣接ノード間で送信されるフレームのデータ量が、ポーズ要求フレームを契機として、激しく変動する。例えば、上記で例示したように、ノード4の処理負荷は、図2のデータ量D208(つまり合計11)から、0へと変動する。また、ノード2の処理負荷も、式(36)の12から、0へと変動する。

[0134] つまり、ポーズ要求フレームがGDを指定する情報を含まない本比較例では、あるノードが隣接ノードに送信するフレームのデータ量は、ポーズ要求フレームを契機として一気に0になってしまい、いわばオール・オア・ナッシング式に変動する。そして、隣接ノード間で送信されるフレームのデータ量の変動が激しいと、ビジー状態も伝播しやすい。例えば、上記の例ではノード4からノード2へのビジー状態が伝播している。

[0135] それに対して、図1～5を参照して説明した第1実施形態によれば、あるノードが隣接ノードに送信するフレームのデータ量は、ポーズ要求フレームを契機として減りはするものの、必ずゼロになるというわけではない。よって、比較例と比べると、第1実施形態は、ポーズ要求フレームの送信を契機

とした、隣接ノード間で送信されるフレームのデータ量の変動が、より緩やかである。したがって、第1実施形態は、ネットワーク1全体での負荷の平均化に有益であり、換言すれば、リソースの有効活用に有益である。

[0136] 別の観点から説明すると、第1実施形態によれば、ポーズ要求フレームやポーズ解除フレームを利用したポーズ制御によって輻輳が回避される。そして、第1実施形態によれば、輻輳を回避しつつ、データの破棄を防ぐこと（すなわち、輻輳を回避しつつ、データの中継を継続すること）が実現される。

[0137] 図6は、通信装置の機能構成図である。図6の通信装置100は、各種テーブルを格納するテーブル格納部101と、フレームを格納するバッファ102を有する。また、通信装置100は、受信部103、受信フレーム制御部104、上位層処理部105、テーブル制御部106、ポート監視部107、ポート選択部108、タイマ109、送信フレーム制御部110、および送信部111を有する。なお、ポート選択部108はポーズ制御部112を含む。また、通信装置100はさらに、ビジー検出部113とバッファ使用総量カウンタ114を有する。

[0138] テーブル格納部101は、ルーティングテーブル121、ループ検出テーブル122、ポートリンク状態テーブル123、MACテーブル124、ポーズ状態管理テーブル125、バッファ使用中GDテーブル126、およびポーズ履歴テーブル127を格納する。テーブル格納部101は、例えば、DRAM（Dynamic Random Access Memory）により実現されてもよいし、CAM（Content-Addressable Memory）とSRAM（Static Random Access Memory）により実現されてもよい。また、各テーブルの詳細は、図7～10とともに後述する。

[0139] バッファ102は、フレームを格納するために使われる。バッファ102は、例えば、DRAMである。なお、バッファ102の使用総量は、バッファ使用総量カウンタ114に記録される。

[0140] なお、通信装置100は、テーブル格納部101とバッファ102のほか

にも不図示の記憶装置を有する。例えば、通信装置 100 は、フラッシュメモリなどの不揮発性記憶装置を有し、不揮発性記憶装置にはノード装置 100 自身のノード ID、ノード装置 100 自身の MAC アドレスなどが記憶されている。また、通信装置 100 が MPU (MicroProcessing Unit) を含む場合、不揮発性記憶装置には、MPU が実行するプログラムも記憶される。また、DRAM は、バッファ 102 として使われるだけでなく、MPU がプログラムを実行するときのワーキングエリアとしても使われる。

[0141] また、受信部 103 はフレームを受信し、受信したフレームをバッファ 102 に格納し、受信したフレームのサイズに応じてバッファ使用総量カウンタ 114 のカウント値を増やす。受信部 103 を実現するハードウェアは、例えば、複数の物理ポートと、物理層処理チップ (PHY チップ) を含む。

[0142] 受信フレーム制御部 104 は、受信部 103 により受信されてバッファ 102 に格納されたフレームを、タイプや宛先などの情報に応じて分類する。つまり、受信フレーム制御部 104 は、バッファ 102 からタイプや宛先などの情報を読み出し、読み出した情報に応じた制御を行う。

[0143] 例えば、受信部 103 が受信したフレームの GD の値が、通信装置 100 自身のノード ID と一致する場合、受信フレーム制御部 104 は、上位層処理部 105 にフレームのペイロードを処理するよう依頼する。また、受信部 103 でポーズ要求フレームまたはポーズ解除フレームが受信されたとき、受信部 103 は、指定されている内容に応じてルーティングテーブル 121 を制御する。それにより、後に受信されるデータフレームのルーティングに関する方針が影響を受ける。

[0144] そして、上位層処理部 105 は、通信装置 100 自身を GD として指定するフレームを処理する。なお「上位層」とは、アドホックフレームが規定される層よりも上位の層という意味であり、アドホックフレームのペイロードに相当する層である。また、上位層処理部 105 は、通信装置 100 自身が GS となって送信するフレームのペイロードも作成する。

[0145] つまり、上位層処理部 105 は、通信装置 100 宛に送信されてきてバッ

ファ 102 に格納されたフレームのペイロードを読み出して処理したり、通信装置 100 から送信するフレームのペイロードをバッファ 102 上に作成したりする。上位層処理部 105 は、バッファ 102 上にデータを作成した場合はバッファ使用総量カウンタ 114 のカウンタ値を増やし、バッファ 102 からデータを削除した場合はバッファ使用総量カウンタ 114 のカウンタ値を減らす。

[0146] また、テーブル制御部 106 は、テーブル格納部 101 に格納される各種テーブルのエントリを作成・更新・削除することで、各種テーブルの内容を制御する。例えばテーブル格納部 101 を実現するのに CAM と SRAM が使われる場合、テーブル制御部 106 は、CAM の検索および検索結果として得られた SRAM のアドレスへのアクセスを行ってもよい。テーブル制御部 106 は、受信フレーム制御部 104、ポート監視部 107、ポート選択部 108、タイマ 109、および送信フレーム制御部 110 から与えられる制御情報にしたがって各種テーブルの内容を制御する。

[0147] ポート監視部 107 は、通信装置 100 が備える複数のポートそれぞれの状態を監視する。そして、ポート監視部 107 は、テーブル制御部 106 を介して、監視結果をポーズ状態管理テーブル 125 に書き込む。

[0148] 例えば、受信部 103 と送信部 111 を実現するハードウェアは共通のハードウェアでもよく、受信部 103 と送信部 111 は、複数の物理ポートと、各物理ポートに接続された PHY チップを含む。なお、ポートと PHY チップは 1 : 1 対応でも N : 1 対応でもよい。

[0149] この場合、物理ポートに接続された PHY チップが、各物理ポートに接続されているリンクがダウンしているか否かを検出してもよく、ポート監視部 107 は、PHY チップから出力される検出結果を読み取ることでポートの状態を監視してもよい。

[0150] ポート選択部 108 は、テーブル格納部 101 に格納されているテーブルを参照して、フレームの送信先ポートを選択する。選択は、受信フレーム制御部 104 から出力される、フレームのヘッダ情報に応じてなされる。ポー

ト選択部１０８は、テーブル制御部１０６を介してテーブルを参照してもよいし、直接テーブルを参照してもよい。

[0151] タイマ１０９は、各種テーブルにおけるエントリのエージングに利用される時刻情報をテーブル制御部１０６に通知する。なお、エージングのために、各種テーブルのエントリは、有効期間を示すフィールドを含んでもよいが、説明の簡略化のため、図７と１０には有効期間を示すフィールドの図示を省略した。

[0152] 送信フレーム制御部１１０は、フレームの送信に関わる各種の制御を行う。例えば、送信フレーム制御部１１０は、バッファ１０２にペイロードが格納されているフレームのヘッダを生成したり、書き換えたりする。具体的には、送信フレーム制御部１１０は、ポート選択部１０８が選択した送信ポートからフレームを送信するための制御を行う。

[0153] 送信部１１１は、バッファ１０２からフレームを読み出し、送信フレーム制御部１１０により指定されたポートにフレームを送信する。また、送信部１１１は、送信するフレームのサイズに応じてバッファ使用総量カウンタ１１４のカウント値を減らす。送信部１１１を実現するハードウェアは、受信部１０３と共通でもよく、例えば、複数の物理ポートと、PHYチップを含む。

[0154] ポーズ制御部１１２は、ポート選択部１０８に含まれる。ポーズ制御部１１２は、ポーズ要求フレームとポーズ解除フレームの送信を制御する。

ビジー検出部１１３は、バッファ使用総量カウンタ１１４のカウント値を参照することで、通信装置１００がビジー状態に陥っているのか否かを判断する。例えば、カウンタ値が所定の閾値以上のとき、ビジー検出部１１３は、「通信装置１００がビジー状態に陥っている」と判断してもよい。また、通信装置１００がMPUを含むとき、ビジー検出部１１３は、さらにMPUの使用率あるいは使用時間を参照して、通信装置１００がビジー状態に陥っているか否かを判断してもよい。ビジー検出部１１３は、判断の結果をポーズ制御部１１２に通知する。

[0155] バッファ使用総量カウンタ 114 は、バッファ 102 の使用総量を示すカウンタである。受信部 103 と上位層処理部 105 は、フレームのデータをバッファ 102 に出力するとき、フレームのサイズに応じてバッファ使用総量カウンタ 114 のカウンタ値を増やす。また、送信部 111 と上位層処理部 105 は、フレームのデータをバッファ 102 から読み出し、データが格納されていた領域を解放するとき、フレームのサイズに応じてバッファ使用総量カウンタ 114 のカウンタ値を減らす。

[0156] 受信フレーム制御部 104、上位層処理部 105、テーブル制御部 106、ポート監視部 107、ポート選択部 108、タイマ 109、送信フレーム制御部 110、ポーズ制御部 112、およびビジー検出部 113 を実現するハードウェアは実施形態により任意である。例えば、これら各部は、FPGA (Field Programmable Gate Array) により実現されてもよし、MPU により実現されてもよいし、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) により実現されてもよい。

[0157] 図 7 は、テーブル格納部 101 に格納されるテーブルの例を示す図（その 1）である。

図 7 のルーティングテーブル 121 は、下記の情報を互いに対応づけるエントリを有する。

- ・ フレームの GD である「宛先」
- ・ 通信装置 100 が備える x 個のポートそれぞれの状態を示す x 個の「ポート状態」
- ・ x 個のポートそれぞれについての「カウンタ」
- ・ 「宛先」が示す GD 宛のフレームの転送を、通信装置 100 自身が、休止するか否かを示す「ポーズ GD」

[0158] 図 7 には、n 個のエントリを含むルーティングテーブル 121 が例示されている。後述するように、各エントリは、通信装置 100 が受信したフレームに基づいて、ルーティングテーブル 121 に追加されたものである。また、各エントリは、所定の時間アクセスされない場合にはルーティングテーブ

ル 1 2 1 から削除される。

- [0159] ルーティングテーブル 1 2 1 において、例えば i 番目 ($1 \leq i \leq n$) のエントリでは、宛先 GD_i に、 x 個のポートそれぞれの状態 $RP_{1i} \sim RP_{xi}$ が対応付けられている。なお、以下、本実施形態の通信装置 1 0 0 のポートは、送受信の機能を兼ね備えるものとして説明する。
- [0160] ここで、宛先 GD_i は、通信装置 1 0 0 と同様の複数の通信装置を含む有線アドホックネットワークにおいて、フレームの宛先となる通信装置を識別する識別情報である。第 1 実施形態では、各通信装置に、有線アドホックネットワーク内で一意な 3 バイトの ID (Identification) が予め割り当てられており、以下では、通信装置に割り当てられた ID を「ノード ID」という。宛先 GD_i は、具体的にはノード ID である。宛先 GD_i は、MAC アドレスなど、通信装置を識別するための他の情報でもよい。
- [0161] 通信装置 1 0 0 が、宛先 GD_i へのフレームをいずれかのポートで受信し、受信したフレームを他の通信装置へ送信しようとするとき、ポート選択部 1 0 8 がルーティングテーブル 1 2 1 を参照し、送信ポートを決定する。
- [0162] ルーティングテーブル 1 2 1 の i 番目のエントリにおいて、 j 番目 ($1 \leq j \leq x$) のポートの状態 RP_{ji} は、「U」 (Used)、「E」 (Empty)、「L」 (Loop)、「P」 (Pause) および「D」 (Down) という 5 つの状態のうちのいずれかである。
- [0163] 「U」は使用状態を示す。具体的には、宛先 GD_i というノード ID で識別される他の通信装置へのフレームを送信するための、通信装置 1 0 0 内での送信先ポートとして、 j 番目のポートが実際に使われている場合、ポート状態 RP_{ji} は「U」である。つまり、「U」状態は、「送信可能」を示す状態の例である。
- [0164] 「E」は未使用状態を示す。具体的には、宛先 GD_i というノード ID で識別される他の通信装置へのフレームを送信するための、通信装置 1 0 0 内での送信先ポートとして、 j 番目のポートが使われたことがない場合、ポート状態 RP_{ji} は「E」である。つまり、「E」状態は、「送信可能」を示す状

態の例である。

[0165] 「L」はループ状態を示す。具体的には、次の2つの条件がともに成立すると、状態 RP_{ji} は「L」に更新される。

- ・宛先 GD_i というノードIDで識別される他の通信装置へのフレームを送信するための、通信装置100内での送信先ポートとして、かつてj番目のポートが使われたことがある。

- ・宛先 GD_i というノードIDで識別される他の通信装置へとj番目のポートから送信したフレームが、ネットワーク内でループして通信装置100自身に戻ってきた（すなわち、通信装置100で再度受信された）。

[0166] なお、状態 RP_{ji} が「L」の場合、ポート状態 RP_{ji} は、「宛先 GD_i へのフレームをポートj番目のポートから送信するとループしてしまうので、宛先 GD_i へのフレームはポートj番目のポートから送信すべきではない」ということを意味している。つまり「L」状態は、「送信不可」を示す状態の例である。

[0167] 「P」はポーズ状態を示す。具体的には、j番目のポートから（すなわち、j番目のポートを介して接続された不図示の隣接ノード装置から）、「ポーズ要求」を受けている場合、ポート状態 RP_{ji} は「P」となる。なお、「ポーズ要求」とは、フレームの集中などによって処理負荷が高まったノード装置が、隣接ノード装置に対して、自ノード装置へのフレームの送信を一定期間「休止」（pause）するよう求める要求である。ポーズ要求は、具体的には、図1～5に関連して説明したポーズ要求フレームとして送信される。

[0168] 通信装置100は、j番目のポートでポーズ要求フレームを受信したとき、j番目のポートに接続されている隣接ノードがビジー状態であると認識する。

ここで、図1～5とともに説明したように、ポーズ要求フレームにはGDが指定されている。さらに、図1～5に関する説明では省略したが、ポーズ要求フレームには、時間の長さを示す値（以下「カウンタ」という）も指定されている。

[0169] よって、 j 番目のポートでポーズ要求フレームを受信した通信装置 100 は、カウンタにより指定されている期間中は、ポーズ要求フレームで GD として指定されているノード宛のフレームを、ポーズ要求フレームを送信してきた隣接ノード装置には送信しない。つまり、通信装置 100 のポーズ制御部 112 は、「ポーズ要求フレームで GD として指定されているノード宛のフレームを、ポーズ要求フレームを送信してきた隣接ノード装置に送信すべきではない」と認識する。

[0170] そして、受信フレーム制御部 104 は、上記認識に基づいて、ルーティングテーブル 121 において j 番目のポートに対応する状態 RP_j を「P」に設定する。以上から明らかなとおり、「P」状態は「送信不可」を示す状態の例である。

[0171] 「D」はリンクダウン状態を示す。例えば、 j 番目のポートに接続されたケーブルが物理的に切断されている場合など、ケーブルを搬送される信号を j 番目のポートにおいて電氣的に検出することができない場合、状態 RP_j は「D」となる。「D」状態も、「送信不可」を示す状態の例である。

[0172] なお、「D」状態は、フレームの宛先とは独立した概念である。しかし、第 1 実施形態では、ある 1 つのポート（例えば j 番目のポート）の状態 $RP_{j_1} \sim RP_{j_n}$ のうち一部が「D」となり、一部が「D」以外となることもある。なぜなら、後述のように第 1 実施形態では、ルーティングテーブル 121 のエントリの更新は、フレーム受信を契機として行われるので、各エントリの更新のタイミングに時差があるからである。

[0173] 図 8 は、ルーティングテーブル 121 でのポート状態の状態遷移図である。ルーティングテーブル 121 のポート状態には、前述のとおり、「E (Empty)」状態、「U (Used)」状態、「P (Pause)」状態、「L (Loop)」状態、「D (Down)」状態がある。ポート状態の初期状態は「E」状態である。

[0174] なお、太線で囲った「E」状態と「U」状態は、このポート状態に対応するポートが送信先として使用可能であることを示す。それ以外の「P」状態

と「L」状態と「D」状態は、このポート状態に対応するポートが送信先として使用不能であることを示す。

[0175] また、ポーズ要求フレームの受信を契機として、ポート状態は「E」状態から「P」状態へ遷移する（後述の図14のステップS105を参照）。なお、他の「U」状態、「L」状態、「D」状態からも、ポーズ要求フレームの受信を契機として、ポート状態が「P」状態へ遷移することがある（後述の図14のステップS105を参照）。

[0176] 逆に、ポーズ解除フレームが受信されると、受信を契機として、ポート状態が「P」状態から「E」状態に遷移する（後述の図14のステップS106を参照）。さらに、ポーズ要求フレームで指定された時間が経過した場合も、ポート状態が「P」状態から「E」状態に遷移する（後述の図35のステップS1806を参照）。

[0177] また、あるGDに対応するエントリのあるポートのポート状態が「E」状態であり、このGDに対してこのポートがLDとして選択されたとする。すると、その選択を契機として、ポート状態は「E」状態から「U」状態へ遷移する（後述の図20のステップS513、図21のステップS529、図24のステップS714を参照）。

[0178] また、あるポートでリンクダウン状態が検出された後、フレームのルーティングが生じると、「E」状態、「U」状態、「P」状態、「L」状態のいずれの状態からも、「D」状態に遷移する可能性がある（後述の図20のステップS510、図21のステップS525、図24のステップS711を参照）。逆に、あるポートがリンクダウン状態から復旧した後で、フレームのルーティングが生じると、「D」状態からは「E」状態に遷移する（後述の図20のステップS510、図21のステップS525、図24のステップS711を参照）。

[0179] また、あるGDに対応するエントリのあるポートのポート状態が「U」状態の場合に、ループの発生が検出され、フレームのルーティングが行われるとする。このとき、ポート状態は「U」状態から「L」状態へ遷移する（後

述の図 21 のステップ S 5 2 6 を参照)。

[0180] さて、ここで図 7 のルーティングテーブル 1 2 1 の説明に戻る。宛先 GD_i と対応するエントリにおいて、 j 番目のポートに対応するカウンタ CT_{ji} は、 j 番目のポートのポート状態が「P」状態の場合のみ意味を持つ。

[0181] カウンタ CT_{ji} は、宛先 GD_i を指定するポーズ要求フレームを受信部 1 0 3 が j 番目のポートで受信した場合に、受信フレーム制御部 1 0 4 により設定される値である。具体的には、ポーズ要求フレームに含まれるカウンタの値がルーティングテーブル 1 2 1 のカウンタ CT_{ji} にコピーされる。

[0182] そして、カウンタ CT_{ji} は、定期的にカウントダウンされる。カウンタ CT_{ji} が 0 になると、通信装置 1 0 0 は、ポーズ要求フレームの送信元の隣接ノードがビジー状態から回復したと見なす。具体的には、カウンタ CT_{ji} が 0 になると、テーブル制御部 1 0 6 が、対応するポート状態 RP_{ji} を通常状態（すなわち「E」状態）に設定しなおす。

[0183] また、ルーティングテーブル 1 2 1 において宛先 GD_i に対応するポーズ $GD \cdot PGD_i$ は、通信装置 1 0 0 自身が隣接ノードに対して、宛先 GD_i を指定したポーズ要求フレームを送信した場合に「1」である。「1」は「選択中」を示す。

[0184] 通信装置 1 0 0 が、宛先 GD_i を指定したポーズ要求フレームを送信していない場合、ポーズ $GD \cdot PGD_i$ は、「0」である。「0」は「非選択」を示す。また、通信装置 1 0 0 が、宛先 GD_i を指定したポーズ要求フレームを送信した後、ビジー状態から復旧すると、ポーズ $GD \cdot PGD_i$ は、「1」から「0」に戻る。

[0185] なお、テーブル制御部 1 0 6 とタイマ 1 0 9 は協働して、ルーティングテーブル 1 2 1 に対するエージング処理を定期的に行う。具体的には、下記 3 つの時点のうち最新の時点から所定時間以上が経過した古いエントリを、テーブル制御部 1 0 6 は、ルーティングテーブル 1 2 1 から削除する。

- ・ エントリが作成された時点
- ・ エントリが最後に更新された時点

・ エントリが検索条件に合致して見出された最後の時点

[0186] また、図7のループ検出テーブル122は、「送信元」と「FID (Frame Identification)」の組に、「OLS (Original Local Source) ポート」と各ポートの状態を示す x 個の「ポート状態」を対応付けて記憶するテーブルである。

[0187] 図7には、 m 個のエントリを含むループ検出テーブル122が例示されている。後述するように、各エントリは、通信装置100が受信したフレームに基づいて、ループ検出テーブル122に追加される。また、各エントリは、所定の時間が経過するとループ検出テーブル122から削除される。

[0188] ループ検出テーブル122において、例えば i 番目 ($1 \leq i \leq m$) のエントリでは、送信元 GS_i と FID_i の組に、OLSポート $OLSP_i$ と、各ポートのポート状態 $LP_{1i} \sim LP_{xi}$ とが対応付けられている。

[0189] ここで、送信元 GS_i は、通信装置100と同様の複数の通信装置を含む有線アドホックネットワークにおいて、フレームの送信元である通信装置を識別する識別情報であり、具体的にはノードIDである。また、 FID_i は、送信元通信装置（すなわちノードIDが GS_i の通信装置）が、送信するフレームに割り当てた、フレームを一意に識別する識別情報である。 FID_i は、例えばシーケンス番号でもよい。

[0190] 通信装置100が、いずれかのポートでフレームを受信し、受信したフレームを送信しようとするとき、ポート選択部108は、ルーティングテーブル121だけでなくループ検出テーブル122も参照する。そして、ポート選択部108は、ループ検出テーブル122にも基づいて、受信したフレームを送信するポートを選択する。

[0191] ループ検出テーブル122の i 番目のエントリにおけるOLSポート $OLSP_i$ は、 i 番目のエントリを作成する契機となるフレームが通信装置100において受信されたときに、当該フレームを受信したポートを示す。

[0192] 具体的には、送信元通信装置（つまり GS_i というノードIDで識別される通信装置）において FID_i というFIDが割り当てられたフレームが、通信

装置 100 の r 番目のポート ($1 \leq r \leq x$) で受信され、ループ検出テーブル 122 にこの送信元通信装置 (GS_i) と FID (FID_i) のエントリがなかった場合、OLSポート OLS P_i として r が登録される。そして、 r 番目のポートのポート状態 $LP_{r,i}$ は、「O (Original Local Source)」状態に設定される。

[0193] なお、OLSポート OLS P_i は、 x 個のポート状態 $LP_{j,i}$ のうち、いずれが「O」状態であるのかを示す。本実施形態では、どのポートが「O」状態なのかを検索する時間を省くため、OLSポートのフィールドがループ検出テーブル 122 に設けられているが、OLSポートのフィールドはなくてもよい。

[0194] ループ検出テーブル 122 のポート状態 $LP_{j,i}$ には、上記「O」状態のほかに、さらに、「E (Empty)」状態、「U (Used)」状態、および「L (Loop)」状態がある。

「U」状態は、ルーティングテーブル 121 に関して説明したのと同様に使用状態を示す。ループ検出テーブル 122 においては、具体的には、次の 2 つの条件が成立するとき状態 $LP_{j,i}$ は「U」である。

- ・送信元 GS_i というノード ID で識別される送信元通信装置において FID_i という FID が割り当てられたフレームを、かつて通信装置 100 が送信したことがある。

- ・その送信の際に、通信装置 100 内での送信先ポートとして j 番目のポートが使われた。

[0195] 「E」状態は、ルーティングテーブル 121 に関して説明したのと同様に未使用状態を示し、ループ検出テーブル 122 においては、具体的には、次のような意味である。すなわち、送信元 GS_i というノード ID で識別される送信元通信装置において FID_i という FID が割り当てられたフレームをかつて通信装置 100 が送信したときの、送信先ポートが j 番目のポートではなく、かつ $j \neq r$ ならば、状態 $LP_{j,i}$ は「E」である。

[0196] そして、「L」状態は、ルーティングテーブル 121 に関して説明したの

と同様にループ状態を示す。ループ検出テーブル 122 においては、具体的には、次の 2 つの条件が成立するとき状態 LP_{ji} が「L」となる。

- ・送信元 GS_i というノード ID で識別される送信元通信装置において $FI D_i$ という FI D が割り当てられたフレームを、j 番目のポートを送信先ポートとして通信装置 100 が送信したことがある。

- ・送信後に当該フレームが通信装置 100 で受信された。

[0197] なお、ルーティングテーブル 121 においては、「U」状態と「E」状態は「送信可能である」つまり「送信先ポートとして選択可能である」という意味では共通である。しかし、ループ検出テーブル 122 では、「U」状態と「E」状態は次のように峻別される。すなわち、ループ検出テーブル 122 における「U」状態は、仮に今後ループが検出されることがあれば、「送信不可」を意味する「L」状態に遷移させる対象を示している。それに対し、ループ検出テーブル 122 における「E」状態は、仮に今後ループが検出されることがあっても、当該送信の時点では依然として送信先ポートとして選択可能であることを示す。

[0198] なお、テーブル制御部 106 とタイマ 109 は協働して、ループ検出テーブル 122 に対するエージング処理を定期的に行う。具体的には、作成から所定時間以上が経過した古いエントリを、テーブル制御部 106 は、ルーティングテーブル 121 から削除する。

[0199] さて、図 9 は、ループ検出テーブルでのポート状態の状態遷移図である。ループ検出テーブル 122 のポート状態には、前述のとおり、「E (Empty)」状態、「U (Used)」状態、「L (Loop)」状態、「O (Original Local Source)」状態がある。

[0200] 初期状態は、ポートに応じて異なる（後述の図 20 のステップ S514 と図 24 のステップ S715 を参照）。すなわち、ある GS と $FI D$ の組により識別されるエントリにおいて、この GS から送信された、この $FI D$ を持つフレームを最初に受信したポートのポート状態は、「O」状態に設定される。また、この GS から送信された、この $FI D$ を持つフレームを最初に受

信したときに、送信先として選択されたポートのポート状態は、「U」状態に設定される。そして、その他のポートは、「E」状態に設定される。

[0201] なお、「O」状態からは他の状態に遷移しない。

また、あるGSとFIDの組により識別されるエントリにおいて、あるポートのポート状態が「E」状態だとする。このとき、このFIDを持つこのGSからのフレームに対して、このポートがLDとして選び直されると、ポート状態は「E」状態から「U」状態に遷移する（後述の図21のステップS530を参照）。そして、ループ発生が検出されると、「U」状態から「L」状態への遷移が起こる（後述の図21のステップS523を参照）。なお、「L」状態からは他の状態に遷移しない。

[0202] ここで、図7の他のテーブルについての説明に戻る。図7のポートリンク状態テーブル123は、 x 個のポートのそれぞれに対応する x 個のエントリを有する。例えば、 i 番目（ $1 \leq i \leq x$ ）のポートに対応するエントリでは、 i 番目のポートを識別するポートID・PID _{i} と、 i 番目のポートに接続されたリンクが通信可能な状態であるか否かを示すリンク状態L _{i} が対応付けられている。

[0203] なお、 i 番目のポートに接続されたリンクが通信可能な状態であれば、リンク状態L _{i} の値は「C」（Connected）であり、 i 番目のポートに接続されたリンクがダウンしており通信不能な状態であれば、リンク状態L _{i} の値は「D」（Down）である。リンク状態L _{i} は2値なので、1ビットで表すことができる。

[0204] なお、ポートリンク状態テーブル123は、次のようにして定期的に更新される。すなわち、ポート監視部107は、 i 番目（ $1 \leq i \leq x$ ）のポートに注目し、 i 番目のポートが接続状態であるか否かを判断する。例えば、 i 番目のポートに接続されたケーブルが通信可能な状態であるかそれともリンクダウン状態であるかを示すPHYチップの出力に基づいて、ポート監視部107は判断を行う。

[0205] もし、 i 番目のポートに接続されたケーブルが通信可能な状態であり、 i

番目のポートがケーブルを介して隣接通信装置と有効に接続された状態であれば、ポート監視部 107 は、テーブル制御部 106 を介して、 i 番目のポートのリンク状態 L_i を「C」状態に設定する。

[0206] 逆に、 i 番目のポート接続されたケーブルがリンクダウン状態であれば、ポート監視部 107 は、テーブル制御部 106 を介して、 i 番目のポートのリンク状態 L_i を「D」状態に設定する。

以上の処理を、ポート監視部 107 は、各 i ($1 \leq i \leq x$) について行う。それにより、ポートリンク状態テーブル 123 は、定期的に更新される。

[0207] 続いて、図 7 の MAC テーブル 124 について説明する。MAC テーブル 124 の 1 つのエントリは、有線アドホックネットワーク内の 1 つの通信装置に対応する。図 7 には、 b 個のエントリを有する MAC テーブル 124 が例示されている。例えば、MAC テーブル 124 の i 番目 ($1 \leq i \leq b$) のエントリでは、次の 2 つの情報が対応付けられている。

- ・有線アドホックネットワーク内のある通信装置に接続された外部機器（例えば PC やセンサなど）の MAC アドレス MAC_i

- ・MAC アドレス MAC_i を有する上記外部機器が接続されている上記通信装置に割り当てられている、有線アドホックネットワーク内で一意なノード ID である NID_i

通信装置 100 は、アドホックフレーム 400（図 13 を参照）を受信すると、 $MAC-SA422$ と $GS412$ （図 13 を参照）の組を学習する。

[0208] すなわち、テーブル制御部 106 は、受信したアドホックフレーム 400 における $MAC-SA422$ と $GS412$ の値に合致するエントリが MAC テーブル 124 に存在するか否かを判断する。そして、もし $MAC-SA422$ と $GS412$ の値に合致するエントリが存在しなければ、テーブル制御部 106 は、 $MAC-SA422$ の値と $GS412$ の値を対応付ける新たなエントリを作成して、MAC テーブル 124 に追加する。

[0209] また、通信装置 100 は、図 6 には不図示の汎用 LAN (Local Area Network) ポートを備えてもよい。通信装置 100 は、汎用 LAN ポートを介して

接続された第1の外部機器からイーサネットフレーム420（図13を参照）を受信すると、MAC-DA421（図13を参照）の値を検索キーにしてMACテーブル124を検索する。

[0210] 検索の結果エントリが見つければ、通信装置100は、見つかったエントリに含まれるノードIDの値をGD411に設定したアドホックヘッダ410を作成して、イーサネットフレーム420の前に付加する。つまり、MAC-DA421の値で識別される第2の外部機器と接続された、有線アドホックネットワーク内の他の通信装置のノードIDを、通信装置100はGD411に設定する。

[0211] 例えば、後述の図11の例において、PC203からPC205へフレームが送信されるとき、有線アドホックネットワーク200において送信経路上にある通信装置100bは、次のようにしてMACテーブル124の学習を行う。

[0212] 上記の例では、通信装置100bが通信装置100cから受信したアドホックフレーム400において、MAC-SA422にはPC203のMACアドレスが指定されており、GS412には通信装置100cのノードIDが指定されている。よって、通信装置100bは、PC203のMACアドレスと通信装置100cのノードIDの対応付けを学習し、必要に応じてMACテーブル124へのエントリ追加を行う。

[0213] また、この学習の後に、例えばPC201からL2SW202を介して、PC205宛の新たなイーサネットフレーム420を通信装置100bが受信したとする。すると、通信装置100bは、当該新たなイーサネットフレーム420のMAC-DA421の値を検索キーにしてMACテーブル124を検索する。

[0214] すなわち、通信装置100bは、PC205のMACアドレスを検索キーにしてMACテーブル124を検索する。その結果、通信装置100bは、PC205と接続された有線アドホックネットワーク200内の通信装置100gのノードIDを得る。よって、通信装置100bは、通信装置100

gのノードIDをGD411に指定したアドホックヘッダ410を生成して上記の新たなイーサネットフレーム420の前に付与することで、新たなアドホックフレーム400を生成する。そして、通信装置100bは、当該新たなアドホックフレーム400を送信する。

[0215] なお、通信装置100cは、PC205のMACアドレスと通信装置100gのノードIDの対応付けを学習する前に、PC205宛のイーサネットフレーム420をPC203から受信した場合、例えば次のように動作してもよい。

[0216] すなわち、ブロードキャストアドレスを示す所定の値をGD411に指定したアドホックヘッダ410を有する、ノードID問い合わせ用のアドホックフレームを、通信装置100cは有線アドホックネットワーク200内にブロードキャストしてもよい。ノードID問い合わせ用のアドホックフレームのペイロードには、PC205のMACアドレスが含まれる。

[0217] そして、有線アドホックネットワーク200内をブロードキャストされたフレームにより問い合わせを受けた通信装置100gは、通信装置100cに返信する。つまり、通信装置100gは、PC205のMACアドレスと通信装置100gのノードIDの対応付けを通知するための、特殊な制御用のアドホックフレームを返信する。その結果、通信装置100cは、返信されたアドホックフレームから、PC205のMACアドレスと通信装置100gのノードIDの対応付けを学習し、MACテーブル124にエントリを追加する。

[0218] さて、図10は、テーブル格納部に格納されるテーブルの例を示す図（その2）である。

図10のポーズ状態管理テーブル125は、1つのエントリのみを持つ。ポーズ状態管理テーブル125は、ビジー検出部113からの出力に応じて、ポーズ制御部112により管理される。ポーズ状態管理テーブル125は、ノード装置100自身から隣接ノード装置へのポーズ要求フレームおよびポーズ解除フレームの送信の制御に利用される。

[0219] 図10に示すように、ポーズ状態管理テーブル125は、ポーズ状態SSと、カウンタSCountと、ポーズ開始時刻StartTimeとを含む。

ポーズ状態SSの値は、ノード装置100自身がビジー状態に陥っているとき「P」(Pause)であり、ノード装置100自身がビジー状態ではないとき「N」(Normal)である。例えば、ビジー検出部113は、バッファ使用総量カウンタ114のカウンタ値を監視し、カウンタ値が所定の閾値を超えていれば、「ノード装置100自身がビジー状態である」と判定してもよく、このとき、ポーズ制御部112がポーズ状態SSの値を「P」に設定してもよい。

[0220] カウンタSCountには、ノード装置100自身から他のノード装置へとポーズ要求を送信するときに、ポーズフレームにカウンタとして指定する値が設定される。すなわち、カウンタSCountには、隣接ノード装置に対して「フレームの送信を休止してほしい」とノード装置100自身が要求する期間の長さが設定される。

[0221] ポーズ制御部112は、カウンタSCountの値を任意に設定することができる。実施形態によって、ポーズ制御部112は、予め決められた定数値をカウンタSCountに設定してもよいし、バッファ102の使用率に応じた可変パラメタの値をカウンタSCountに設定してもよい。

[0222] ポーズ開始時刻StartTimeは、ノード装置100自身が隣接ノード装置へポーズ要求フレームを送信した時刻が設定される。

また、図10のバッファ使用中GDテーブル126は、バッファ102の使用量をGDごとに表す情報を格納するテーブルである。図10には、N個のエントリを含むバッファ使用中GDテーブル126が例示されている。バッファ使用中GDテーブル126の i ($1 \leq i \leq N$) 番目のエントリでは、ノードIDであるGD _{i} と、GD _{i} がGDとして指定されているフレームによってバッファ102がどれほど使用されているかを表すバッファカウンタBC _{i} が対応づけられている。

- [0223] バッファカウンタ BC_i は、資源（例えばバッファ 102）の使用状況を表す計量値の一例である。バッファカウンタ BC_i は、例えば、バッファ使用量を所定の単位（1バイトまたは64バイトなど）で表した数値でもよいし、ノード GD_i 宛のフレームのための記憶領域がバッファ 102 全体の記憶容量に占める割合を示す数値でもよい。資源の使用状況としては、他にも、MPUの使用率などが使われてもよい。つまり、バッファカウンタ BC_i の代わりに（あるいは、バッファカウンタ BC_i とあわせて）、ノード GD_i 宛のフレームを処理するスレッドのMPU使用率が使われてもよい。
- [0224] バッファカウンタ BC_i の値は、 GD_i 宛のフレームを受信部 103 が受信すると、受信フレーム制御部 104 により、テーブル制御部 106 を介して増やされる。また、バッファカウンタ BC_i は、 GD_i 宛のフレームを送信部 111 が送信するとき、例えば送信フレーム制御部 110 により、テーブル制御部 106 を介して減らされる。
- [0225] なお、バッファ使用中GDテーブル 126 の代わりに、履歴情報を含むバッファ使用中GDテーブル 126a が使われてもよい。バッファ使用中GDテーブル 126a では、各 GD_i にM個のバッファカウンタ $BC_{1i} \sim BC_{Mi}$ が対応づけられている。
- [0226] テーブル制御部 106 は、M個のバッファカウンタ $BC_{1i} \sim BC_{Mi}$ のうちのいずれが最新の情報を示すのかを表すポインタを有し、例えば、 $M=4$ でポインタが2を示す場合、バッファカウンタ BC_{2i} が最新の情報を示し、バッファカウンタ BC_{3i} が最古の履歴を示す。つまり、新しいものから順に、バッファカウンタ BC_{2i} 、 BC_{1i} 、 BC_{4i} 、 BC_{3i} である。テーブル制御部 106 は、定期的にポインタの示す値を更新する。
- [0227] 例えば、テーブル制御部 106 が、ポインタの示す値を2から3に変える場合、テーブル制御部 106 は、 $1 \leq i \leq N$ なる各 i について、現在のバッファカウンタ BC_{2i} の値をバッファカウンタ BC_{3i} にコピーして、バッファカウンタ BC_{3i} を初期化する。
- [0228] また、バッファ使用中GDテーブル 126a が使われる場合、受信フレー

ム制御部 104 は、フレームの受信時に、テーブル制御部 106 を介して、ポインタが示す最新のバッファカウンタの値を増やす。同様に、例えば送信フレーム制御部 110 は、フレームの送信時に、テーブル制御部 106 を介して、ポインタが示す最新のバッファカウンタの値を減らす。

[0229] 以上のようなバッファ使用中GDテーブル 126a によれば、どのノード宛のフレームに関する処理負荷が高いのかについて、経時的な変化をポーズ制御部 112 が認識することができる。したがって、ポーズ制御部 112 は、経時的な変化に応じたポーズ制御を行なうこともできる。例えば、ポーズ制御部 112 は、バッファ使用中GDテーブル 126a から、処理負荷が高まる傾向にあるGDを認識し、認識したGDを指定するポーズ要求フレームを生成してもよい。

[0230] また、図 10 には、ポーズ履歴テーブル 127 も例示されている。ポーズ履歴テーブル 127 は、実施形態によっては省略可能である。しかし、ポーズ要求で指定するGDの対象から除外することが好ましいGDをポーズ制御部 112 が認識するために、本実施形態ではポーズ履歴テーブル 127 が用いられる。

[0231] 図 10 のポーズ履歴テーブル 127 は、P 個のエントリを含む。各エントリでは、GDを識別するノードIDであるGD_iが、そのGD_iを指定するポーズ要求フレームを通信装置 100 が送信した時刻PT_iと対応づけられる。

[0232] ポーズ制御部 112 は、ポーズ要求フレームの送信のたびにポーズ履歴テーブル 127 におけるエントリの追加または更新を行う。また、タイマ 109 による定期的な発生するトリガに応じて、テーブル制御部 106 は、エージング処理を行い、古いエントリをポーズ履歴テーブル 127 から削除する。

[0233] 続いて、図 6 と同様のコンポーネントを有する複数の通信装置を含むネットワークにおける、分散協調動作の概要について、フレーム形式の例とあわせて、図 11 ~ 図 13 を参照しながら説明する。

[0234] 図 11 は、第 1 実施形態の通信装置が適用されるネットワークの例を示す

図である。

図 11 の有線アドホックネットワーク 200 は、複数の通信装置 100 a ~ 100 i を含む。有線アドホックネットワーク 200 において通信装置 100 a ~ 100 i は、ケーブル（例えば、銅ケーブルなどの金属線ケーブル、または光ファイバケーブル）により、物理的にはメッシュ状（換言すれば格子状）に接続されている。

[0235] もちろん、有線アドホックネットワークにおける物理的な接続トポロジは、実施形態に応じて任意であり、必ずしもメッシュ状でなくてもよい。

また、通信装置 100 a ~ 100 i の各々は、図 6 と同様のコンポーネントを有する。なお、上記の例（例えば図 7 のルーティングテーブル 121 とループ検出テーブル 122 でのポート状態の列の数を参照）では、通信装置 100 が x 個のポートを有しているが、図 11 には、具体的には $x = 4$ の例を示してある。

[0236] 例えば、通信装置 100 a は、4 つのポート 131 a ~ 134 a を有する。他の通信装置 100 b ~ 100 i についても同様である。また、互いに同様のコンポーネントには、「131 a」、「131 b」などのように、「a」や「b」などの添え字を除いて同じ参照符号を割り当て、詳しい説明を省略することがある。

[0237] 図 11 に示すメッシュ状の物理的なトポロジは、具体的には、次のようなケーブル配線により実現されている。

- ・通信装置 100 a と 100 d は、ポート 131 a と 131 d の間のリンク 215 により接続されている。

[0238] ・通信装置 100 a と 100 b は、ポート 134 a と 131 b の間のリンク 216 により接続されている。

- ・通信装置 100 b と 100 e は、ポート 132 b と 132 e の間のリンク 217 により接続されている。

[0239] ・通信装置 100 b と 100 c は、ポート 134 b と 131 c の間のリンク 218 により接続されている。

・通信装置１００ｃと１００ｆは、ポート１３３ｃと１３３ｆの間のリンク２１９により接続されている。

[0240] ・通信装置１００ｄと１００ｇは、ポート１３２ｄと１３２ｇの間のリンク２２１により接続されている。

・通信装置１００ｄと１００ｅは、ポート１３４ｄと１３１ｅの間のリンク２２２により接続されている。

[0241] ・通信装置１００ｅと１００ｈは、ポート１３３ｅと１３３ｈの間のリンク２２３により接続されている。

・通信装置１００ｅと１００ｆは、ポート１３４ｅと１３１ｆの間のリンク２２４により接続されている。

[0242] ・通信装置１００ｆと１００ｉは、ポート１３４ｆと１３４ｉの間のリンク２２５により接続されている。

・通信装置１００ｇと１００ｈは、ポート１３４ｇと１３１ｈの間のリンク２２６により接続されている。

[0243] ・通信装置１００ｈと１００ｉは、ポート１３４ｈと１３１ｉの間のリンク２２７により接続されている。

もちろん、実施形態に応じて、図１１に例示した以外の組み合わせのポート間をケーブルで接続することで図１１と等価なメッシュトポロジを実現することも可能である。

[0244] ところで、図１１の例では、有線アドホックネットワーク２００は孤立したネットワークではなく、ＬＡＮやＷＡＮ（Wide Area Network）などの他のネットワーク（以下「外部ネットワーク」という）とも接続される。

[0245] 具体的には、図１１の通信装置１００ａ～１００ｉは、図６に示したコンポーネントだけでなく、有線アドホックネットワーク２００と外部ネットワークとの接続インタフェースとして、さらにそれぞれ汎用ＬＡＮポート１３５ａ～１３５ｉを有する。図１１では、汎用ＬＡＮポート１３５ａ～１３５ｉを斜線で示して、有線アドホックネットワークポート１３１ａ～１３４ｉとは区別してある。なお、図１１における汎用ＬＡＮポート１３５ａ～１３

5 i は有線 LAN ポートであるが、実施形態によっては無線 LAN インタフェースを代わりに用いることもできる。

[0246] 例えば、図 11 の例では、有線アドホックネットワーク 200 は次のようにして外部ネットワークと接続される。すなわち、リンク 211 を介して PC (Personal Computer) 201 と接続された L2SW (Layer 2 Switch) 202 が、通信装置 100a と 100b それぞれの汎用 LAN ポート 135a と 135b に、それぞれリンク 212 と 213 を介して接続されている。また、PC 203、205、206 が、通信装置 100c、100g、100h それぞれの汎用 LAN ポート 135c、135g、135h に、それぞれリンク 214、228、229 を介して接続されている。

[0247] なお、L2SW 202 は、不図示のルータや、不図示の他の PC とさらに接続されていてもよい。また、PC 203、205、および 206 も、不図示の他の外部ネットワークに接続されていてもよい。

[0248] また、説明の便宜上、図 11 には 9 個の通信装置 100a ~ 100i を含む有線アドホックネットワーク 200 を例示したが、実施形態によっては、例えば数千個 ~ 数十万個といった多数の通信装置を有線アドホックネットワークが含んでいてもよい。

[0249] 例えば、いたる所に配置された多数のセンサから様々な情報を収集するためのネットワークであるセンサネットワークに、第 1 実施形態の有線アドホックネットワークが適用されてもよい。その場合、多数のセンサに対応して、有線アドホックネットワークは、数千個 ~ 数十万個のオーダの、多数の通信装置を含んでもよい。センサネットワークでは、例えば、画像センサ、温度センサ、湿度センサ、圧力センサ、加速度センサなど、任意の種類のセンサが利用される。

[0250] 図 11 も、第 1 実施形態による有線アドホックネットワークの、センサネットワークへの適用例の 1 つを示している。すなわち、図 11 において通信装置 100e と 100i それぞれの汎用 LAN ポート 135e と 135i には、LAN インタフェースを備えたセンサ 204 と 207 が、それぞれリン

ク 2 2 0 と 2 3 0 を介して接続されている。センサ 2 0 4 と 2 0 7 は、感知した結果を示すデータを、L A N インタフェイスを介してイーサネットフレームとして出力する。これらのセンサ 2 0 4 と 2 0 7 の種類は任意である。

[0251] 図 1 1 に示すような第 1 実施形態による有線アドホックネットワークを利用すると、無線通信では通信困難な環境でも有線通信ならば通信可能な場合が多いため、過酷な環境においてもセンサネットワークを構築することが可能となる。

[0252] 例えば、畑や崖などの土中、水田や河川や海などの水中、建物の壁や柱などの構造物中などに、センサと、汎用 L A N ポートを介して当該センサに接続された通信装置とが埋め込まれてもよい。そのような場合でも、通信装置は有線接続によって他の通信装置と確実に通信することが可能である。よって、第 1 実施形態による有線アドホックネットワークを利用すると、土中、水中、構造物中などの、無線通信が困難な環境においても、センサネットワークを構築することが可能である。

[0253] 以上、図 1 1 におけるネットワーク構成を説明したので、続いて、図 1 1 の有線アドホックネットワーク 2 0 0 における分散協調動作の概要を説明する。なお、個々の通信装置 1 0 0 a ~ 1 0 0 i の動作の詳細はフローチャートとともに後述する。

[0254] 以下では、P C 2 0 3 がフレームを P C 2 0 5 に送信する場合を例にして、障害発生時の、有線アドホックネットワーク 2 0 0 におけるフレーム送信経路の切り替えについて説明する。

[0255] P C 2 0 3 がリンク 2 1 4 を介してイーサネットフレームを送信すると、通信装置 1 0 0 c は、イーサネットフレームを受信し、受信したイーサネットフレームにアドホックヘッダを付加する。

[0256] そして、各通信装置が後述のフローチャートにしたがって動作することで実現される自律的分散協調により、アドホックフレームは、有線アドホックネットワーク 2 0 0 において、通信装置 1 0 0 c から通信装置 1 0 0 g へと送信されていく。そして、通信装置 1 0 0 g がアドホックフレームからアド

ホックヘッダを取り除く。その結果得られたイーサネットフレームは、通信装置 100g からリンク 228 を介して PC 205 へと出力される。

[0257] 図 11 に示した各リンクが正常である場合、通信装置 100c から通信装置 100g への送信経路として、例えば、リンク 218、216、215、および 221 からなる経路が選択されているとする。当該経路は、下記のような分散協調によって選択される。

[0258] PC 203 からフレームを受信した通信装置 100c は、フレームの送信先ポートとして、リンク 218 を介して通信装置 100b と接続されたポート 131c を選択する。すると、通信装置 100c からフレームを受信した通信装置 100b が、フレームの送信先ポートとして、リンク 216 を介して通信装置 100a と接続されたポート 131b を選択する。

[0259] そして、通信装置 100b からフレームを受信した通信装置 100a が、フレームの送信先ポートとして、リンク 215 を介して通信装置 100d と接続されたポート 131a を選択する。続いて、通信装置 100a からフレームを受信した通信装置 100d が、フレームの送信先ポートとして、リンク 221 を介して通信装置 100g と接続されたポート 132d を選択する。

[0260] ところが、あるときリンク 215 に物理的な障害が発生したとする。リンク 215 の障害発生後に、PC 203 が再度 PC 205 へフレームを送信しようとする、有線アドホックネットワーク 200 内での送信経路は、以下のような分散協調制御により切り替えられる。

[0261] 通信装置 100c は、フレームの送信先ポートとして正常時と同様にポート 131c を選択し、通信装置 100b も、フレームの送信先ポートとして正常時と同様にポート 131b を選択する。すると、通信装置 100a がフレームを受信する。

[0262] しかし、図 11 に示すように、通信装置 100a は、有線アドホックネットワーク 200 内において通信装置 100b および 100d という 2 つの通信装置とだけ接続されており、通信装置 100d との間のリンク 215 には

障害が発生している。したがって、通信装置 100 a は、リンク 216 を介して通信装置 100 b から受信したフレームを、正常なリンクを介して、通信装置 100 b 以外の有線アドホックネットワーク 200 内の通信装置に送信することができない。

[0263] そこで、通信装置 100 a は、通信装置 100 a 自身からフレームを送信することができないことを通知するために、リンク 216 を介してフレームを通信装置 100 b に返送する。すると、通信装置 100 b は、通信装置 100 b 自身が送信したフレームを受信する。

[0264] よって、通信装置 100 b は、ルーティングテーブル 121 において通信装置 100 g に対応付けられたポート状態情報ではポート 131 b は「L」状態（すなわちループ状態）であることを認識する。すなわち通信装置 100 b は、「有線アドホックネットワーク 200 内での最終的な宛先が通信装置 100 g であるフレームを送信する際には、通信装置 100 a と接続されたポート 131 b へフレームを送信すべきではない」と認識する。

[0265] 上記の認識にしたがい、通信装置 100 b は、フレームの送信先ポートとして利用可能な、ポート 131 b 以外の正常なポートを探す。この場合、正常なリンク 217 を介して通信装置 100 e と接続されたポート 132 b が見つかる。

[0266] よって、通信装置 100 b は、通信装置 100 a から戻されたフレームを、今度はポート 132 b へ送信する。

すると、通信装置 100 e がフレームを受信する。図 11 の例では、通信装置 100 e に接続されている各リンクは正常である。よって、通信装置 100 e は、例えば、リンク 223 を介して通信装置 100 h と接続されているポート 133 e を、フレームの送信先ポートとして選択することができる。

[0267] この選択の結果、フレームは、ポート 133 e から送信され、リンク 223 を介して通信装置 100 h で受信される。すると、通信装置 100 h は、正常なリンク 226 を介して通信装置 100 g と接続されたポート 131 h

を選択し、ポート 131h からフレームを送信する。

[0268] その結果、通信装置 100g はフレームを受信することができる。このように、今まで使用されていた経路上のリンク 215 に障害が発生した場合であっても、有線アドホックネットワーク 200 内の各通信装置の分散協調によって、自動的に経路の切り替えが行われる。

[0269] なお、図 7 に示すようにルーティングテーブル 121 は宛先ごとにエントリを有しているので、フレームの宛先によっては通信装置 100b がポート 131b を送信先ポートとして選択する場合もある。つまり、上記のように通信装置 100b において、通信装置 100g に対応してポート 131b が「L」状態と認識された場合であっても、通信装置 100b は、通信装置 100a 宛てのフレームをポート 131b から送信することができる。このように第 1 実施形態によれば、あるポートからのフレームの送信が可能か否かは、フレームの宛先に依存して管理される。

[0270] 続いて、図 12 を参照して、以上説明した経路の切り替えを別の観点から説明する。

図 12 は障害発生時の代替経路探索を説明する概念図である。図 12 には、上記の例において有線アドホックネットワーク 200 内における送信元である通信装置 100c をルートノードとし、有線アドホックネットワーク 200 内における送信先である通信装置 100g をリーフノードとする探索木 300 が示してある。

[0271] 探索木 300 における、あるノードを便宜的に「第 1 のノード」ということにし、第 1 のノードに相当する有線アドホックネットワーク 200 内の通信装置を「第 1 の通信装置」ということにする。また、第 1 の通信装置のルーティングテーブル 121 において、宛先である通信装置 100g に対応するエントリで、他の通信装置（便宜的に「第 2 の通信装置」という）の状態が「U」状態または「E」状態であるとする。このとき、探索木 300 において、第 1 のノードは第 2 の通信装置に対応する子ノードを有する。

[0272] 図 11 に関して説明した、リンク 215 の障害発生前の送信経路は、有線

アドホックネットワーク 200 における分散協調の結果として、図 12 の探索経路 301 に対応して見出された経路である。探索経路 301 は、探索木 300 におけるルートノードである通信装置 100c から、通信装置 100b、100a、および 100d を経由して、探索木 300 におけるリーフノードである通信装置 100g にいたる経路である。

[0273] また、図 11 に関して説明した、リンク 215 に障害が発生したときの経路の切り替え（すなわち代替経路探索）は、図 12 の探索経路 302 に対応する。探索経路 302 は図 12 に示すようにバックトラック 303 を含む。

[0274] すなわち、「図 11 に関して説明した経路の切り替えは、有線アドホックネットワーク 200 全体として、探索木 300 におけるバックトラック 303 を含む深さ優先探索が行われることに相当する」と見なせる。バックトラック 303 を含む探索経路 302 が、リーフノードである通信装置 100g にいたると、探索は成功し、有線アドホックネットワーク 200 におけるフレームの送信経路が確立される。

[0275] 探索木 300 において通信装置 100a でバックトラック 303 が生じているのは、図 11 の説明において通信装置 100a がフレームを通信装置 100b に返送することに対応する。そして、探索木 300 の探索経路 302 により最終的に見つかった、探索木 300 におけるルートノードからリーフノードへの経路が、有線アドホックネットワーク 200 における通信装置 100c から通信装置 100g への新たなフレーム送信経路に相当する。つまり、図 12 に示すように、通信装置 100c、100b、100e、100h、100g を通る経路が、新たなフレーム送信経路として見つかる。

[0276] 以上の説明から理解されるように、送信元の通信装置 100c から送信先の通信装置 100g までの経路が有線アドホックネットワーク 200 中に 1 つでも存在する限り、必ず、深さ優先探索の結果として、経路が発見される。

[0277] 続いて、図 11 における有線アドホックネットワーク 200 の内側と外側でのフレームの形式の違いについて、図 13 を参照して説明する。図 13 は

、フレームの形式を説明する図である。なお、第1実施形態による「アドホックフレーム」は、有線アドホックネットワーク内の通信装置間で送受信されるフレームである。

[0278] 図13に示すように、アドホックフレーム400は、一般的なイーサネットフレーム420の前に、第1実施形態で定義される特定の形式のヘッダである「アドホックヘッダ」が付加された形式のフレームである。換言すれば、アドホックヘッダ410は、外部ネットワークであるイーサネットと、第1実施形態の有線アドホックネットワークとのインタフェースとして働く情報である。

[0279] 第1実施形態のアドホックヘッダ410は、図13に示すように14バイトであり、GD411、GS412、タイプ413、FID414、TTL415、長さ416、FCS417の各フィールドを含む。また、詳しくは後述するが、アドホックヘッダ410は、有線アドホックネットワーク内の通信装置により付与される。なお、以下では表記の簡単化のため、例えば「GDフィールド」を単に「GD」のように表記することがある。

[0280] 3バイトのGD (Global Destination) 411には、有線アドホックネットワーク内でのフレームの送信元の通信装置を、有線アドホックネットワーク内で一意に識別するための識別情報（例えばノードID）が指定される。また、3バイトのGS (Global Source) 412には、有線アドホックネットワーク内でのフレームの送信先の通信装置を、有線アドホックネットワーク内で一意に識別するための識別情報（例えばノードID）が指定される。

[0281] 例えば、図11の例で、PC203からPC205へのフレームが有線アドホックネットワーク200を経由して送信される場合、有線アドホックネットワーク200内での送信元の通信装置は、PC203と接続された通信装置100cである。そして、有線アドホックネットワーク200内での送信先の通信装置は、PC205と接続された通信装置100gである。

[0282] したがって、この場合、有線アドホックネットワーク200内で送信されるアドホックフレーム400では、通信装置100cのノードIDがGD4

1 1に指定されている。また、GS 4 1 2には、通信装置 1 0 0 gのノード I Dが指定されている。

[0283] GD 4 1 1およびGS 4 1 2に指定される値は、上記のように、例えば、予め各通信装置に割り当てられたノード I Dであり、ノード I Dは識別番号でもよい。あるいは、有線アドホックネットワーク内の各通信装置が同一ベンダの製品であれば、通信装置のMACアドレスの下位3バイトを、GD 4 1 1およびGS 4 1 2用の識別情報として用いることもできる。なぜなら、MACアドレスの上位3バイトはOUI (Organizationally Unique Identifier) であり、下位3バイトはベンダ内で一意であるためである。

[0284] なお、「GD」および「GS」という名称における「グローバル」という語の含意を、図 1 1の例に即して説明すると、次のとおりである。

有線アドホックネットワーク 2 0 0内を通信装置 1 0 0 cから通信装置 1 0 0 gへとアドホックフレーム 4 0 0が送信されるとき、通信装置 1 0 0 cからの直接の送信先は、通信装置 1 0 0 cに隣接する通信装置 (例えば通信装置 1 0 0 b) である。そこで、直接の送信先である通信装置 1 0 0 bと、最終的な送信先である通信装置 1 0 0 gを明示的に区別する場合には、有線アドホックネットワーク 2 0 0内での最終的な送信先である通信装置 1 0 0 gを「グローバルな送信先」という。そして、通信装置 1 0 0 cと直接ケーブルで接続された、通信装置 1 0 0 cに隣接する通信装置 1 0 0 bを「ローカルな送信先」という。

[0285] したがって、通信装置 1 0 0 bにとっては、通信装置 1 0 0 cは、グローバルな送信元でもあり、かつローカルな送信元でもある。また、通信装置 1 0 0 gにとっては、通信装置 1 0 0 cは、グローバルな送信元ではあるが、(直接通信装置 1 0 0 gと 1 0 0 cが接続されているわけではないので) ローカルな送信元ではない。なお、図 1 1からも明らかなように、有線アドホックネットワークにおいては、ローカルな送信先はフレームの送信先のポートと1対1に対応し、ローカルな送信元はフレームを受信したポートと1対1に対応する。

[0286] ここで図 1 3 の説明に戻ると、4 ビットのタイプ 4 1 3 には、アドホックフレーム 4 0 0 のタイプ（種別）を識別する値が指定される。例えば、実施形態に応じて、下記に例示するようないくつかのタイプを識別する値が、タイプ 4 1 3 に指定される。

- ・データフレーム（アドホックヘッダ 4 1 0 に続いて、イーサネットフレーム 4 2 0 を含むアドホックフレーム 4 0 0 の一種）

- ・その他のいくつかの種類の制御フレーム（アドホックヘッダ 4 1 0 に続いて、イーサネットフレーム 4 2 0 ではない所定形式のデータを含むアドホックフレームの一種）。制御フレームの中には、図 1 ～ 5 に例示したようなポーズ要求フレームとポーズ解除フレームが含まれる。

[0287] また、12 ビットの F I D（Frame Identification）4 1 4 には、G S 4 1 2 の値で識別される送信元の通信装置がアドホックフレーム 4 0 0 に割り当てた識別情報が指定される。F I D 4 1 4 に指定される値は、例えば、通信装置が不図示の内蔵カウンタ回路を用いて生成するシーケンス番号でもよい。

[0288] また、2 バイトの T T L（Time To Live）4 1 5 には、アドホックフレーム 4 0 0 の有効期間が、有線アドホックネットワーク内でのホップ数によって指定される。アドホックフレーム 4 0 0 が有線アドホックネットワーク内でホップするたびに、T T L 4 1 5 の値は、通信装置によりカウントダウンされる。

[0289] T T L 4 1 5 の初期値（すなわち、G S 4 1 2 の値で識別される送信元の通信装置により割り当てられる値）は、第 1 実施形態では、2 バイトすべてのビットが「1」となる値（すなわち 6 5 5 3 5）である。このように大きな値が T T L 4 1 5 の初期値として設定されるため、第 1 実施形態は、数十万の通信装置を含む有線アドホックネットワークにも好適に適用することができる。もちろん、実施形態に応じて、T T L 4 1 5 の初期値は任意である。

[0290] 2 バイトの長さ 4 1 6 には、アドホックヘッダ 4 1 0 以外の部分の長さ（

例えば、図 1 3 に例示したアドホックフレーム 4 0 0 の場合はイーサネットフレーム 4 2 0 の長さ) をバイト単位で数えた値が指定される。

[0291] また、2 バイトの F C S (Frame Check Sequence) 4 1 7 は、アドホックヘッダ 4 1 0 の、G D 4 1 1 から長さ 4 1 6 までの各フィールドから得られる、C R C (Cyclic Redundancy Check) コードなどの、誤り検出符号が指定される。

[0292] イーサネットフレーム 4 2 0 は、以下の各フィールドを含む。

- ・ 6 バイトの M A C - D A (Media Access Control Destination Address) 4 2 1
- ・ 6 バイトの M A C - S A (Media Access Control Source Address) 4 2 2
- ・ 2 バイトのタイプ／長さ 4 2 3
- ・ 4 6 ~ 1 5 0 0 バイトの可変長の L 3 (Layer 3) パケット 4 2 4
- ・ 4 バイトの F C S 4 2 5

[0293] イーサネットフレーム 4 2 0 の形式は周知なので詳しい説明は省略するが、例えば、図 1 1 の例で、有線アドホックネットワーク 2 0 0 を経由して P C 2 0 3 から P C 2 0 5 へフレームが送信される場合の具体例を説明すると、次のとおりである。

[0294] すなわち、P C 2 0 3 では、P C 2 0 5 の M A C アドレスを M A C - D A 4 2 1 に指定し、P C 2 0 3 自身の M A C アドレスを M A C - S A 4 2 2 に指定したイーサネットフレーム 4 2 0 を生成し、リンク 2 1 4 を介して通信装置 1 0 0 c に送信する。すると、通信装置 1 0 0 c が、上記で説明したようなアドホックヘッダ 4 1 0 をイーサネットフレーム 4 2 0 の前に付与してアドホックフレーム 4 0 0 を作成する。

[0295] アドホックフレーム 4 0 0 は、有線アドホックネットワーク 2 0 0 内で通信装置 1 0 0 g へと送信され、通信装置 1 0 0 g は、アドホックヘッダ 4 1 0 を除くイーサネットフレーム 4 2 0 を、リンク 2 2 8 を介して P C 2 0 5 へ出力する。

- [0296] なお、アドホックヘッダ 4 1 0 におけるタイプ 4 1 3 に、制御フレームを示す値が指定されている場合、アドホックフレームは、アドホックヘッダ 4 1 0 の後に、イーサネットフレーム 4 2 0 以外の所定の形式のペイロードを含む。
- [0297] 制御フレームの具体例は、ポーズフレーム 4 3 0 である。ポーズフレーム 4 3 0 は、アドホックヘッダ 4 1 0 とポーズ制御情報 4 4 0 を含む。ポーズフレーム 4 3 0 には、ポーズ要求フレームとポーズ解除フレームの 2 種類がある。
- [0298] また、ポーズ要求フレームとポーズ解除フレームの具体的な形式は、実施形態に応じて任意である。図 1 3 には、ポーズ要求フレームの 2 種類の形式と、ポーズ解除フレームの 3 種類の形式を示した。実施形態に応じて、1 種類のみポーズ要求フレームが使われてもよいし、複数種類のポーズ要求フレームが使われてもよい。同様に、1 種類のみポーズ解除フレームが使われてもよいし、複数種類のポーズ解除フレームが使われてもよい。
- [0299] 例えば、ポーズ要求フレームにおけるポーズ制御情報 4 4 0 は、ポーズ制御情報 4 4 0 a のように、ポーズ要求を示す制御タイプ 4 4 1 と、1 つの G D 4 4 2 と、0 以上の値を示すカウンタ 4 4 3 を含んでもよい。あるいは、ポーズ要求フレームにおけるポーズ制御情報 4 4 0 は、ポーズ制御情報 4 4 0 b のように、ポーズ要求を示す制御タイプ 4 4 1 と、1 つ以上の G D を含むリストである G D リスト 4 4 4 と、0 以上の値を示すカウンタ 4 4 3 を含んでもよい。尚、G D リスト 4 4 4 には、例えばリストに含まれる G D の個数などの、G D リスト構造を識別可能な情報が含まれる場合もある。
- [0300] カウンタ 4 4 3 の値が、受信フレーム制御部 1 0 4 によってルーティングテーブル 1 2 1 のカウンタ C T_j に設定される。なお、実施形態によっては、カウンタ 4 4 3 が省略されてもよい。その場合、受信フレーム制御部 1 0 4 は、デフォルトの値をルーティングテーブル 1 2 1 のカウンタ C T_j に設定する。つまり、ポーズ要求フレームは、カウンタ 4 4 3 のように明示的な値を含んでもよいし、明示的には含まれないデフォルト値により暗黙的に期

間の長さを指定してもよい。

[0301] また、ポーズ解除フレームにおけるポーズ制御情報 4 4 0 は、ポーズ制御情報 4 4 0 c のように、ポーズ解除を示す制御タイプ 4 4 5 と、1 つの G D 4 4 6 と、0 を示すカウンタ 4 4 7 を含んでもよい。あるいは、ポーズ解除フレームにおけるポーズ制御情報 4 4 0 は、ポーズ制御情報 4 4 0 d のように、ポーズ解除を示す制御タイプ 4 4 5 と、1 つ以上の G D を含むリストである G D リスト 4 4 8 と、0 を示すカウンタ 4 4 7 を含んでもよい。

[0302] または、ポーズ解除フレームにおけるポーズ制御情報 4 4 0 は、ポーズ制御情報 4 4 0 e のように、ポーズ解除を示す制御タイプ 4 4 5 と、0 を示すカウンタ 4 4 7 を含んでもよい。つまり、ポーズ制御情報 4 4 0 e は、暗黙裡に「すべての G D に関してポーズ要求を解除する」ということを指定している。

[0303] なお、制御タイプ 4 4 1 または 4 4 5 は、省略されてもよい。なぜなら、正のカウンタ 4 4 3 を含むのはポーズ要求フレームであり、0 のカウンタ 4 4 7 を含むのはポーズ解除フレームなので、カウンタの値から制御タイプが判別可能だからである。もちろん、実施形態に応じて、上記に例示した以外の形式のポーズフレーム 4 3 0 が使われてもよい。

[0304] 以上、図 6 の各コンポーネントを有する通信装置を複数含む有線アドホックネットワークにおける分散協調の概要について、図 1 1 ~ 図 1 3 を参照して説明した。以下では、上記のような分散協調を実現するための、個々の通信装置の具体的動作を、フローチャートを参照して詳しく説明する。

[0305] 図 1 4 は、フレーム受信処理のフローチャートである。フレーム受信処理は、受信部 1 0 3 がフレームを受信すると開始される。以下、通信装置 1 0 0 が備える x 個のポートのうち、 r 番目のポートでフレームが受信されたものとして説明する。

[0306] ステップ S 1 0 1 で、受信部 1 0 3 は、バッファ 1 0 2 上の領域を確保し、受信したフレームを、確保した領域に格納する。

また、次のステップ S 1 0 2 で、受信部 1 0 3 は、ステップ S 1 0 1 で確

保した領域のサイズに相当する値を、バッファ使用総量カウンタ 114 に加算する。そして、受信部 103 はフレームの受信を受信フレーム制御部 104 に通知する。

[0307] なお、本実施形態では、この通知は、ステップ S 101 で受信部 103 が確保した領域の先頭アドレスを表す情報と、受信部 103 がフレームを受信したポートを識別するポート ID を含む。

[0308] また、図 14 での図示は省略したが、通知を受けた受信フレーム制御部 104 は、図 7 に関して説明した MAC テーブル 124 の学習を行うよう、テーブル制御部 106 に指示し、テーブル制御部 106 は MAC テーブル 124 の学習を行う。

[0309] 次のステップ S 103 では、受信フレーム制御部 104 は、受信されたフレームがポーズフレームであるか否かを判断する。この判断は、データフレームよりもポーズフレームを優先的に処理するために行われる。また、この判断は、受信フレーム制御部 104 が、バッファ 102 に格納されたフレームのタイプ 413 を参照することで行われる。

[0310] 受信されたフレームがポーズフレームの場合、処理はステップ S 104 に移行する。他方、受信されたフレームがポーズフレームではない場合（すなわち、受信されたフレームがデータフレームである場合）、処理はステップ S 108 に移行する。

[0311] ステップ S 104 で、受信フレーム制御部 104 は、受信したポーズフレームの制御タイプまたはカウンタの値に基づき、受信したポーズフレームがポーズ要求フレームなのかポーズ解除フレームなのかを判断する。受信したポーズフレームがポーズ要求フレームならば、処理はステップ S 105 に移行し、受信したポーズフレームがポーズ解除フレームならば、処理はステップ S 106 に移行する。

[0312] なお、ポーズ要求フレームは、新たなポーズ要求のために使われてもよいし、ポーズ延長要求のために使われてもよい。過去に第 1 のポーズ要求を出したノード装置が、第 1 のポーズ要求を表すポーズフレームに指定した期間

の経過後にもまだビジー状態が続いている場合に、第１のポーズ要求の解除を通知する代わりに再度第２のポーズ要求を出すことがある。この第２のポーズ要求が、ポーズ延長要求である。

[0313] ステップＳ１０５では、受信フレーム制御部１０４が図１５のポーズ設定処理を行う。また、ステップＳ１０６では、受信フレーム制御部１０４が図１７のポーズ解除処理を行う。そして、ステップＳ１０５またはＳ１０６の実行後、処理はステップＳ１０７に移行する。

[0314] ステップＳ１０７では、受信部１０３が、ステップＳ１０１で確保した領域のサイズに相当する値を、バッファ使用総量カウンタ１１４から減じる。つまり、受信部１０３はステップＳ１０２の加算を相殺する。また、受信部１０３は、受信したポーズ要求フレームがバッファ１０２上で占めていた領域を解放する。そして、フレーム受信処理は終了する。

[0315] 他方、受信されたフレームがポーズフレームではないとき、ステップＳ１０８で、受信フレーム制御部１０４は、受信フレームが、通信装置１００自身宛か否かを判断する。すなわち、受信フレーム制御部１０４は、通信装置１００自身のノードＩＤと、受信フレームのＧＤ４１１の値とが一致するかどうかを判断する。

[0316] 通信装置１００自身のノードＩＤとＧＤ４１１の値が一致すれば、受信フレームは通信装置１００自身に宛てたものなので、処理はステップＳ１１０に移行する。逆に、通信装置１００自身のノードＩＤとＧＤ４１１の値が一致しなければ、受信フレームは通信装置１００自身に宛てたものではない。そこで、処理はステップＳ１０９に移行する。

[0317] ステップＳ１０９で受信フレーム制御部１０４は、図１８のＧＤ別バッファ使用量加算処理を行う。そして、処理はステップＳ１１０に移行する。

また、ステップＳ１１０で受信フレーム制御部１０４は、受信フレーム制御部１０４が内部データとして保持する受信キューに、ステップＳ１０１で受信部１０３が確保した領域の先頭アドレスと、フレームが受信されたポートのポートＩＤの組を追加する（つまり、先頭アドレスとポートＩＤの組を

エンキューする)。そして、フレーム受信処理は終了する。

[0318] 図15は、図14のステップS105に相当するポーズ設定処理のフローチャートである。

ステップS201で、受信フレーム制御部104は、ポーズフレーム430（図15においては、具体的にはポーズ要求フレーム）を受信したポートを、「受信ポート」として記憶する。なお、受信部103からのステップS102での通知により、受信フレーム制御部104は、ポーズ要求フレームが受信されたポート（換言すればポーズ要求フレームの送信元の隣接ノード装置）を認識している。

[0319] そして、次のステップS202で、受信フレーム制御部104は、ポーズフレーム430のポーズ制御情報440から、カウンタ443の値を取り出し、記憶する。なお、受信部103からのステップS102での通知により、受信フレーム制御部104は、受信されたポーズ要求フレームが格納されているバッファ102内の領域の先頭アドレスを認識している。よって、受信フレーム制御部104は、バッファ102からポーズ制御情報440の内容を読み取ることができる。

[0320] そして、次のステップS203で受信フレーム制御部104は、ポーズ制御情報440内で未処理のGDが残っているか否かを判断する。もし、GD442、またはGDリスト444内にリストアップされたGDで、当該GDに関してステップS204以降の処理が済んでいないものが残っていれば、処理はステップS204に移行する。逆に、GD442に関してステップS204以降の処理が済んでいるか、GDリスト444内のすべてのGDに関してステップS204以降の処理が済んでいる場合、ポーズ設定処理が終了する。

[0321] ステップS204で受信フレーム制御部104は、受信されたポーズフレーム430のポーズ制御情報440から、未処理とステップS203で判断したGDを1つ取り出す。つまり、受信フレーム制御部104は、ポーズ制御情報440aからGD442を取り出すか、ポーズ制御情報440bのG

Dリスト444から1つのGDを取り出す。

[0322] そして、ステップS205で受信フレーム制御部104は、取り出したGDを検索キーにして、ルーティングテーブル121を検索する。

続いて、ステップS206で受信フレーム制御部104は、検索の結果、取り出したGDがルーティングテーブル121において見つかったか否かを判断する。取り出したGDを「宛先」として含むエントリがルーティングテーブル121にある場合、処理はステップS207に移行する。逆に、取り出したGDを「宛先」として含むエントリがルーティングテーブル121にない場合、処理はステップS209に移行する。

[0323] そして、ステップS207で受信フレーム制御部104は、検索の結果として見つかったルーティングテーブル121のエントリにおいて、ステップS201で記憶した受信ポートの「ポート状態」を「P」状態に設定する。

[0324] 続いて、ステップS208で受信フレーム制御部104は、検索の結果として見つかったルーティングテーブル121のエントリにおいて、ステップS201で記憶した受信ポートの「カウンタ」を、ステップS202で記憶した値に設定する。そして、処理はステップS203に戻る。

[0325] 他方、ステップS205の検索の結果、エントリが見つからなかった場合、ステップS209で受信フレーム制御部104は、ルーティングテーブル121に新規エントリを追加する。そして、受信フレーム制御部104は、追加したエントリを初期化する。すなわち、受信フレーム制御部104は、追加したエントリの「宛先」に、ステップS204で取り出したGDを設定し、x個の「ポート状態」をすべて「E」状態に初期化し、x個の「カウンタ」をすべて0に初期化し、「ポーズGD」を0に初期化する。

[0326] そして、ステップS210で受信フレーム制御部104は、ステップS209で追加したエントリにおいて、ステップS201で記憶した受信ポートに対応する「ポート状態」を、「P」状態に更新する。

[0327] さらに、ステップS211で受信フレーム制御部104は、ステップS209で追加したエントリにおいて、ステップS201で記憶した受信ポート

に対応する「カウンタ」を、ステップS 2 0 2で記憶した値に設定する。そして、処理はステップS 2 0 3に戻る。

なお、上記の図 1 5の処理において、受信フレーム制御部 1 0 4によるルーティングテーブル 1 2 1の検索と更新は、テーブル制御部 1 0 6を介してなされる。

[0328] 図 1 6は、図 4～図 5を参照して説明した第 2の動作例における、図 1 5のポーズ設定処理の例を説明する図である。

図 2のノード 3は、ノード 2およびノード 4と接続されている。また、ノード 3は、4つのポート 1 3 1～1 3 4を有する。具体的には、ポート 1 3 1がノード 2と接続されており、ポート 1 3 2がノード 4と接続されている。

[0329] よって、ノード 3が記憶しているルーティングテーブル 1 2 1 aの各エントリは、図 1 6に示すように、4つのポート 1 3 1～1 3 4にそれぞれ対応する「ポート状態」と「カウンタ」を含む（すなわち、図 7における x が、図 1 6では 4である）。

[0330] 図 1 6は、図 4と図 5に関して説明した不図示のポーズ要求フレームを受信したノード 3が図 1 5のポーズ設定処理を行う場合を示している。ここで、説明の便宜上、このポーズ要求フレームで G Dとして指定されているノード 5を識別するノード I Dを、G D_αとする。

[0331] すると、ノード 3がステップS 2 0 1で記憶する受信ポートは、ポーズ要求フレームの送信元であるノード 4と接続されたポート 1 3 2である。また、ノード 3は、ステップS 2 0 4で G D_αを取り出し、ステップS 2 0 5の検索により、G D_αを含むエントリを見つけ出す。そこで、ノード 3は、見つけたエントリをステップS 2 0 7とS 2 0 8で更新する。

[0332] 例えば、見つかったエントリが、具体的には、図 1 6のエントリ E 1のよう、下記のような値を含むとする。

- ・「宛先」が、ノード 5を表す「G D_α」である。
- ・ポート 1 3 1～1 3 4に対応する「ポート状態」は、それぞれ「E」

、「U」、「L」、「L」である。

- ・ポート131～134に対応する「カウンタ」がすべて0である。
- ・「ポーズGD」が0である。

[0333] すると、ステップS207でノード3は、受信ポートであるポート132に対応する「ポート状態」を、「U」状態から「P」状態に更新する。また、ステップS208でノード3は、ポート132に対応する「カウンタ」を、0から、ポーズ要求フレームで指定されている値 C_α に更新する。

[0334] なお、エントリE1によれば、ノード5をGDとするフレームの送信先として、ノード4と接続されたポート132が選択されている。このことは、図4の時刻T4の前の図1の時刻T1において、ノード3からノード4へ、ノード5をGDとするフレームが送信されていることに対応する。

[0335] また、ノード5をGDとするフレームの送信先としてはポート133と134が使えないということが、エントリE1の「ポート状態」により示されている。なお、ポート131は、選択されていないが、ノード5をGDとするフレームの送信先として選択可能である。

[0336] なお、図4には、ノード3が、ポーズ要求フレームの受信後は、ノード5をGDとするフレームをノード2へ送信することが示されている。このことは、図16において、ノード2と接続されたポート131の「ポート状態」が「E」から「U」に更新されることに対応する。すなわち、「E」状態は選択可能なことを示すので、ノード5をGDとするフレームの送信先として、ノード3はノード2を選択することができる。この「E」から「U」への更新は、後述の受信データフレーム処理において行われる。

[0337] さて、図17は、図14のステップS106に相当するポーズ解除処理のフローチャートである。

ステップS301で、受信フレーム制御部104は、受信したポーズフレーム430（図17においては、具体的にはポーズ解除フレーム）のポーズ制御情報440の中にGDの指定があるか否かを判断する。GDの指定がなければ（つまり、ポーズ制御情報440がポーズ制御情報440eの形式な

らば)、処理はステップS 3 0 2に移行する。逆に、G Dの明示的な指定があれば(つまり、ポーズ制御情報4 4 0がポーズ制御情報4 4 0 cまたは4 4 0 dの形式ならば)、処理はステップS 3 0 4に移行する。

[0338] ステップS 3 0 2で受信フレーム制御部1 0 4は、ポーズフレーム4 3 0を受信したポートについて、ルーティングテーブル1 2 1のすべてのエントリにおける「ポート状態」を、「E」状態に更新する。つまり、ルーティングテーブル1 2 1に「宛先」として登録されているすべてのG Dに関して、受信フレーム制御部1 0 4は、ポーズフレーム4 3 0を受信したポートの「ポート状態」を「E」状態に戻す。なお、受信部1 0 3からのステップS 1 0 2での通知により、受信フレーム制御部1 0 4は、ポーズ解除フレームが受信されたポートを認識している。

[0339] また、ステップS 3 0 3で受信フレーム制御部1 0 4は、ポーズフレーム4 3 0を受信したポートについて、ルーティングテーブル1 2 1のすべてのエントリにおける「カウンタ」をクリアする(つまり、0に設定しなおす)。そして、ポーズ解除処理は終了する。

[0340] 他方、ポーズ解除フレームに明示的なG Dの指定が含まれる場合、ステップS 3 0 4で受信フレーム制御部1 0 4は、ポーズフレーム4 3 0を受信したポートを記憶する。

そして、次のステップS 3 0 5で受信フレーム制御部1 0 4は、ポーズ制御情報4 4 0内で未処理のG Dが残っているか否かを判断する。もし、G D 4 4 6、またはG Dリスト4 4 8内にリストアップされたG Dで、当該G Dに関してステップS 3 0 6以降の処理が済んでいないものが残っていれば、処理はステップS 3 0 6に移行する。逆に、G D 4 4 6に関してステップS 3 0 6以降の処理が済んでいるか、G Dリスト4 4 8内のすべてのG Dに関してステップS 3 0 6以降の処理が済んでいる場合、ポーズ解除処理が終了する。

[0341] ステップS 3 0 6で受信フレーム制御部1 0 4は、受信されたポーズフレーム4 3 0のポーズ制御情報4 4 0から、未処理とステップS 3 0 5で判断

したGDを1つ取り出す。つまり、受信フレーム制御部104は、ポーズ制御情報440cからGD446を取り出すか、ポーズ制御情報440dのGDリスト448から1つのGDを取り出す、

そして、ステップS307で受信フレーム制御部104は、取り出したGDを検索キーにして、ルーティングテーブル121を検索する。

[0342] 続いて、ステップS308で受信フレーム制御部104は、検索の結果、取り出したGDがルーティングテーブル121において見つかったか否かを判断する。取り出したGDを「宛先」として含むエントリがルーティングテーブル121にある場合、処理はステップS309に移行する。

[0343] 逆に、取り出したGDを「宛先」として含むエントリがルーティングテーブル121にない場合、処理はステップS305に戻る。例えば、エージング処理によるエントリの削除の結果、ステップS307の検索でエントリが見つからないことがある。

[0344] そして、ステップS309で受信フレーム制御部104は、検索の結果として見つかったルーティングテーブル121のエントリにおいて、ステップS304で記憶した受信ポートの「ポート状態」を、初期状態である「E」状態に戻す。

[0345] さらに、ステップS310で受信フレーム制御部104は、検索の結果として見つかったルーティングテーブル121のエントリにおいて、ステップS304で記憶した受信ポートの「カウンタ」をクリアする。そして、処理はステップS305に戻る。

[0346] なお、上記の図17の処理において、受信フレーム制御部104によるルーティングテーブル121の検索と更新は、テーブル制御部106を介してなされる。

さて、図18は、図14のステップS109において行われるGD別バッファ使用量加算処理のフローチャートである。

[0347] 図18のステップS401において、受信フレーム制御部104は、受信したフレーム（すなわち、受信部103が受信して図14のステップS10

1でバッファ102に格納したフレーム)のGD411を抽出する。

- [0348] そして、ステップS402で受信フレーム制御部104は、ステップS401で抽出したGD411を検索キーにして、バッファ使用中GDテーブル126を検索する。

次のステップS403で受信フレーム制御部104は、検索の結果としてエントリが見つかったか否かを判断する。エントリが見つかった場合、処理はステップS404に移行し、エントリが見つからなかった場合、処理はステップS405に移行する。

- [0349] そして、ステップS404で受信フレーム制御部104は、見つかったエントリの「バッファカウンタ」に、受信したフレーム用に受信部103がバッファ102上に確保した領域のサイズに相当する値を加算する。

- [0350] なお、この領域のサイズは、例えば、受信フレーム制御部104がバッファ102に格納されているフレームの「長さ」フィールド416の値を読み出し、読み出した値から計算してもよい。または、受信部103がステップS102で受信フレーム制御部104に対して、領域のサイズも通知してもよい。いずれにしろ、受信フレーム制御部104は、領域のサイズを認識することができる。

- [0351] ステップS404での加算が済むと、GD別バッファ使用量加算処理も終了する。

また、ステップS402の検索でエントリが見つからなかった場合、ステップS405で受信フレーム制御部104は、バッファ使用中GDテーブル126に新規エントリを追加する。

- [0352] そして、ステップS406で受信フレーム制御部104は、追加したエントリの「GD」に、ステップS401で抽出したGD411を設定する。

また、ステップS407で受信フレーム制御部104は、追加したエントリの「バッファカウンタ」に、受信したフレーム用に受信部103がバッファ102上に確保した領域のサイズに相当する値を設定する。そして、GD別バッファ使用量加算処理も終了する。

[0353] なお、上記の図 1 8 の処理において、受信フレーム制御部 1 0 4 によるバッファ使用中 G D テーブル 1 2 6 の検索と更新は、テーブル制御部 1 0 6 を介してなされる。

続いて、図 1 4 の処理とは独立して実行される受信データフレーム処理について、図 1 9 ~ 2 1 を参照して説明する。受信データフレーム処理は、通信装置 1 0 0 に電源が入っている間はずっと実行され続ける常駐プロセスであってもよい。つまり、受信データフレーム処理は、通信装置 1 0 0 に電源が入れられ、テーブル格納部 1 0 1 内の各種テーブルの初期化などの所定の処理が終了した後に開始され、以後、通信装置 1 0 0 の電源が切られるまで継続されてもよい。

[0354] 図 1 9 のステップ S 5 0 1 に示すように、受信フレーム制御部 1 0 4 は、受信キューが空の間は待機する。そして、受信キューが空でないとき、処理はステップ S 5 0 2 に移行する。なお、図 1 4 のステップ S 1 1 0 に関して説明したとおり、受信キューには、受信部 1 0 3 が受信したデータフレームが格納されているバッファ 1 0 2 上の領域の先頭アドレスと受信ポートの組がエンキューされている。

[0355] そして、ステップ S 5 0 2 で受信フレーム制御部 1 0 4 は、受信キューの先頭に記録されたアドレスとポート I D の組をデキューし、デキューしたアドレスから始まる領域に格納されている受信フレームに着目する。以下、受信部 1 0 3 により受信され、バッファ 1 0 2 に格納されている 1 つまたは複数のデータフレームのうち、ステップ S 5 0 2 で着目されたフレームを単に「受信フレーム」ともいう。

[0356] 続いて、ステップ S 5 0 3 で受信フレーム制御部 1 0 4 は、受信フレームが、通信装置 1 0 0 自身宛か否かを判断する。すなわち、受信フレーム制御部 1 0 4 は、通信装置 1 0 0 自身のノード I D と、受信フレームの G D 4 1 1 の値とが一致するか否かを判断する。

[0357] 通信装置 1 0 0 自身のノード I D と G D 4 1 1 の値が一致すれば、受信フレームは通信装置 1 0 0 自身に宛てたものなので、処理はステップ S 5 0 4

に移行する。

逆に、通信装置 100 自身のノード ID と GD 411 の値が一致しなければ、受信フレームは通信装置 100 自身に宛てたものではない。そこで、処理は図 20 のステップ S 506 に移行する。

[0358] ステップ S 504 では上位転送処理が行われる。すなわち、ステップ S 504 で受信フレーム制御部 104 は、受信フレームが格納されている先頭アドレスを上位層処理部 105 に通知する。受信フレーム制御部 104 は、さらに、先頭アドレスから計算した、受信フレームのペイロードたるイーサネットフレーム 420 の先頭アドレスを上位層処理部 105 に通知してもよい。

[0359] そして、上位層処理部 105 は、通知されたアドレスにしたがって、バッファ 102 から受信フレームのペイロードを読み出し、適宜の処理を行う。例えば、上位層処理部 105 は、受信フレームのペイロード内に L 3 パケット 424 として含まれるデータを処理したり、受信フレームに基づく適宜のコントロールを実行したりする。

[0360] ペイロードを使った処理の実行後、上位層処理部 105 は、受信フレームがバッファ 102 内で占めていた領域を解放し、解放した領域のサイズに相当する値を、バッファ使用総量カウンタ 114 から減じる。そして、処理はステップ S 501 に戻る。

[0361] ステップ S 506 で受信フレーム制御部 104 は、受信フレームに該当するエントリがループ検出テーブル 122 にあるか否かを判断する。つまり、受信フレーム制御部 104 は、テーブル制御部 106 を介して、受信フレームの GS 412 の値と FID 414 の値の組を検索キーにしてループ検出テーブル 122 を検索する。

[0362] 検索の結果、送信元 GS_i が GS 412 の値と一致するとともに FID_i が FID 414 の値と一致するエントリが見つければ ($1 \leq i \leq m$)、処理は図 21 のステップ S 522 に移行する。他方、検索の結果、上記のようなエントリが見つからなければ、処理は図 20 のステップ S 507 に移行する。

なお、上記のようなエントリは、存在するとしても１個だけである。

- [0363] ステップS507で、受信フレーム制御部104は、ポート選択部108に対して送信先のポートを決定する処理を開始するよう依頼する。そして、ポート選択部108は、テーブル制御部106を介して、受信フレームのGD411の値でルーティングテーブル121を検索する。
- [0364] 次のステップS508で、ポート選択部108は、検索の結果、GD411の値を「宛先」として持つエントリがルーティングテーブル121内に見つかったか否かを、判断する。上記のエントリが見つからなかった場合、処理はステップS509に移行し、上記のエントリが見つかった場合、処理はステップS510に移行する。なお、上記のエントリは、見つかるとしても１つしか存在しない。
- [0365] ステップS509でポート選択部108は、テーブル制御部106を介してルーティングテーブル121に新規エントリを登録する。当該新規エントリにおいて、宛先の値は、受信フレームのGD411の値に設定され、 x 個のポートの「ポート状態」はすべて「E」状態に設定され、 x 個のポートの「カウンタ」はすべて0に設定され、「ポーズGD」は0に設定される。そして、処理はステップS510に移行する。
- [0366] 図20に関する以下の説明では、ステップS507の検索の結果見つかった１つのエントリまたはステップS509で新規に登録されたエントリのことを「注目エントリ」といい、注目エントリはルーティングテーブル121の f 番目のエントリであるとする。
- [0367] なお、図7の例に即して説明すれば、ステップS507で注目エントリが見つかった場合は $1 \leq f \leq n$ であり、ステップS509で注目エントリが登録された場合は $f = n + 1$ である。
- [0368] ステップS510でポート選択部108は、現在のポートリンク状態をルーティングテーブル121の注目エントリに反映する。つまり、ステップS510でポート選択部108は、 $1 \leq k \leq x$ なる各 k について、 k 番目のポートの「ポート状態」に対して次の操作を行う。

- [0369] ・ k 番目のポートのポート状態 RP_{kf} が「D」状態のとき、ポート選択部 108 は、ポートリンク状態テーブル 123 のリンク状態 L_k を参照する。そして、リンク状態 L_k が「C」状態であれば、ポート選択部 108 は、ポート状態 RP_{kf} を「E」状態に更新する。逆に、リンク状態 L_k が「D」状態であれば、ポート選択部 108 は、ポート状態 RP_{kf} を「D」状態のままにする。
- [0370] ・ k 番目のポートのポート状態 RP_{kf} が「D」状態以外の状態のとき、ポート選択部 108 は、ポートリンク状態テーブル 123 のリンク状態 L_k を参照する。そして、リンク状態 L_k が「C」状態であれば、ポート選択部 108 は、ポート状態 RP_{kf} を変更しない。逆に、リンク状態 L_k が「D」状態であれば、ポート選択部 108 は、ポート状態 RP_{kf} を「D」状態に更新する。
- [0371] さらに、ステップ S511 でポート選択部 108 は、ルーティングテーブル 121 の注目エントリを参照する。そしてポート選択部 108 は、受信フレームを受信した r 番目のポート ($1 \leq r \leq x$) 以外であり、かつ状態が「L」、「P」、「D」状態以外のポートのうちの 1 つを、送信先ポートとして選択する。なお、状態が「L」、「P」、「D」状態以外とは、換言すれば「E」状態または「U」状態ということである。
- [0372] 第 1 実施形態では、ポート選択部 108 は、ステップ S511 において「U」状態のポートを「E」状態のポートよりも優先して選ぶ。なぜなら、「U」状態のポートは、過去に送信先ポートとして使用した実績があり、ループが発生しないことがステップ S506 で確認されているので、信頼性が確立されているためである。
- [0373] なお、本明細書においてデータフレームは、特に断らない限りユニキャストフレームである。よって、「U」状態のポートは、注目エントリ中に存在するとしても、1 個しか存在しない。
- [0374] また、ポート選択部 108 がステップ S511 で「E」状態のポートを選ぶ場合で、注目エントリ中に「E」状態のポートが複数ある場合は、ポート選択部 108 は、例えば、最初に見つけた「E」状態のポートを選択しても

よい。

[0375] ただし、「受信フレームを受信した r 番目のポート以外であり、しかも注目エントリにおいて状態が『E』または『U』に設定されている」という条件を満たすポートが、存在しない可能性もある。

[0376] そこで、ステップ S 5 1 2 でポート選択部 1 0 8 は、ステップ S 5 1 1 で選択された送信先ポートがあるか否かを判断する。ステップ S 5 1 1 で選択された送信先ポートがある場合は、処理はステップ S 5 1 3 に移行し、ステップ S 5 1 1 で送信先ポートが見つからなかった場合は、処理はステップ S 5 1 8 に移行する。

[0377] ステップ S 5 1 3 でポート選択部 1 0 8 は、ルーティングテーブル 1 2 1 の注目エントリにおける送信先ポートの状態を「U」状態に更新する。例えば、ステップ S 5 1 1 で e 番目のポート ($1 \leq e \leq x$) が送信先ポートとして選択された場合、ステップ S 5 1 3 では、状態 $RP_{.f}$ の値が「U」に設定される。

[0378] そして、ステップ S 5 1 4 でポート選択部 1 0 8 は、テーブル制御部 1 0 6 を介して、ループ検出テーブル 1 2 2 に新規エントリを追加登録する。当該新規エントリが例えば ($m+1$) 番目のエントリであるとする、当該新規エントリの各フィールドの内容は次のとおりである。

- ・送信元 GS_{m+1} は、受信フレームの GS_{412} の値に設定される。
- ・ FID_{m+1} は、受信フレームの FID_{414} の値に設定される。
- ・OLSポート $OLSP_{m+1}$ は、 r に設定される（なお、上記のとおり、フレームを受信したポートを r 番目のポートとする）。
- ・選ばれた e 番目のポートに対応するポート状態 $LP_{.(m+1)}$ は「U」に設定され、 r 番目のポートに対応するポート状態 $LP_{r(m+1)}$ は「O」に設定され、それ以外のポートに対応するポート状態はすべて「E」に設定される。

[0379] ステップ S 5 1 4 で上記のような新規エントリがループ検出テーブル 1 2 2 に追加されると、処理はステップ S 5 1 5 に移行する。

ステップ S 5 1 5 でポート選択部 1 0 8 は、テーブル制御部 1 0 6 を介し

て、ステップS 5 1 4で追加した新規エントリのタイマ（図7には不図示）に、現在の内部タイマ値（つまり現在時刻）を設定する。例えばこのような設定により、エージング処理が可能となる。

[0380] そして、次のステップS 5 1 6では、ステップS 5 1 1または後述のステップS 5 1 9で送信先ポートとして選択されたポートにフレームが送信される。

具体的には、ポート選択部108は、送信先ポートとして選択したポートと、送信対象のフレーム（すなわちステップS 5 0 2で着目した受信フレーム）のバッファ102内での先頭アドレスを、送信フレーム制御部110に指示する。すると、送信フレーム制御部110は、バッファ102上の受信フレームのアドホックヘッダ410を書き換える。具体的には、送信フレーム制御部110は、TTL415を1減らし、FCS417を再計算する。

[0381] さらに、送信フレーム制御部110は、アドホックヘッダ410がこうして書き換えられた受信フレームを、ポート選択部108により選択された送信ポートから送信するための制御を行う。例えば、送信フレーム制御部110は、アドホックヘッダ410が書き換えられた受信フレームの、サイズと、バッファ102内での先頭アドレスを送信部111に通知する。また、送信フレーム制御部110は、選択された送信ポートのポートIDも送信部111に通知する。

[0382] そして、送信部111は、通知された先頭アドレスからフレームのデータを読み出し、通知された送信ポートからフレームを送信する。フレームの送信後、処理はステップS 5 1 7に移行する。

[0383] ステップS 5 1 7では、図22に示すバッファ解放処理が行われる。そして、処理は図19のステップS 5 0 1に戻る。

また、ステップS 5 1 8でポート選択部108は、受信フレームのGS412が自ノードIDと等しいか否かを判断する。受信フレームのGS412が自ノードIDと等しくないとき、処理はステップS 5 1 9に移行し、両者が等しいとき、処理はステップS 5 2 0に移行する。

- [0384] なお、ステップS 5 1 8が実行されるのは、受信フレームに対応するエントリがループ検出テーブル1 2 2にないとステップS 5 0 6で判明しているときである。よって、後述するように、ループ検出テーブル1 2 2のエージング時間がアドホックネットワーク内でのフレームのループにかかる時間を考慮して適切に設定されていれば、フレームが自ノードにループして戻ってくる前にループ検出テーブル1 2 2からエントリがなくなることはないため、処理はステップS 5 1 9へ移行し、ステップS 5 2 0が実行されることはない。
- [0385] ステップS 5 1 9でポート選択部1 0 8は、受信フレームを受信したr 番目のポートを送信ポートとして選ぶ。そして、処理は前述のステップS 5 1 5に移行する。よって、受信フレームはやがてステップS 5 1 6でr 番目のポートから送信される。
- [0386] つまり、「r 番目のポートで受信したフレームを送信しようとしても、送信することが可能なポートが見つからない」と通知するため、ステップS 5 1 9では、r 番目のポートが受信フレームを返送するためのポートとして選択される。
- [0387] また、ステップS 5 2 0でポート選択部1 0 8は、送信フレーム制御部1 1 0を介して上位層処理部1 0 5に送信失敗を通知する。上位層処理部1 0 5への送信失敗の通知は、例えば、受信フレームのバッファ1 0 2における先頭アドレスを含んでもよい。そして、処理はステップS 5 1 7に移行する。
- [0388] さて、受信フレームに対応するエントリがループ検出テーブル1 2 2にあるとステップS 5 0 6で判明した場合、図2 1のステップS 5 2 2以下の処理が行われる。すなわち、図2 1の処理は、過去に通信装置1 0 0自身が送信したユニキャストフレームが有線アドホックネットワーク内をループして通信装置1 0 0に戻り、r 番目のポートにおいて受信された場合の処理である。例えば、図1 2において、探索経路3 0 2でのバックトラック3 0 3の後の、通信装置1 0 0 aからフレームを受信した通信装置1 0 0 bにおける

処理が、図 21 に対応する。

- [0389] ステップ S522 では、ポート選択部 108 が、ステップ S506 の検索によってループ検出テーブル 122 で検出されたエントリを参照し、当該エントリから OLS ポートの値を読み出し、OLS ポートを認識する。例えば、受信フレーム制御部 104 がステップ S506 の検索で検出したエントリのアドレスをポート選択部 108 に通知してもよく、それにより、ポート選択部 108 による当該エントリの参照が可能となる。
- [0390] 続いて、ステップ S523 では、ポート選択部 108 が、ステップ S506 で検出されたループ検出テーブル 122 のエントリにおいて「U」状態のポート状態を「L」状態に変更する。
- [0391] 例えば、検索の結果、ステップ S506 ではループ検出テーブル 122 の i 番目のエントリがヒットしたとする。ここで、ステップ S523 は、ユニキャストされたフレームに関して実行されるステップであるから、 i 番目のエントリにおけるポート状態 $LP_{1i} \sim LP_{xi}$ のうち、値が「U」であるものは、1 つしかない。以下、説明の便宜上、 t 番目 ($1 \leq t \leq x$) のポートのポート状態 LP_{ti} の値が「U」であるとする。
- [0392] すなわち、GS412 に送信元 GS_i が設定され、FID414 に FID_i と同じ値が設定されたアドホックフレーム 400 を、 t 番目のポートから通信装置 100 がかつて送信したことがあった場合、ステップ S523 においてポート状態 LP_{ti} の値は「U」である。そして、この場合、ステップ S523 において、ポート状態 LP_{ti} の値は「U」から「L」に更新される。
- [0393] さらに、ステップ S524 でポート選択部 108 は、テーブル制御部 106 を介して、受信フレームの GD411 の値に対応するルーティングテーブル 121 のエントリを検索する。
- [0394] なお、第 1 実施形態では、ルーティングテーブル 121 のエージング期間（すなわち各エントリの有効期間）の方が、ループ検出テーブル 122 のエージング期間よりも長い。そのため、ステップ S524 では検索の結果、必ず 1 つのエントリがヒットすると保証される。

- [0395] ルーティングテーブル 121 のエージング期間は、例えば 225 秒といった比較的長い時間でよい。それに対し、ループ検出テーブル 122 のエージング期間は、例えば 1 秒未満の比較的短い時間にするのが好ましい。その理由は、ルーティングテーブル 121 の 1 つのエントリは有線アドホックネットワーク内の 1 つの通信装置に対応するのにに対し、ループ検出テーブル 122 の 1 つのエントリは 1 つのアドホックフレーム 400 に対応するためである。
- [0396] つまり、ループ検出テーブル 122 には、ルーティングテーブル 121 よりもはるかに頻繁にエントリが追加されると予測される。したがって、ループ検出テーブル 122 のエントリ数の増えすぎによるオーバフローを防ぐために、ループ検出テーブル 122 のエージング期間は比較的短い時間に設定される。
- [0397] なお、ループ検出テーブル 122 のエージング期間の長さとして適切な値は、例えば予備実験を行うなどして、有線アドホックネットワーク内でのループにかかる時間を考慮に入れて定めることが好ましい。
- [0398] 以下では説明の便宜上、ステップ S524 でルーティングテーブル 121 の j 番目のエントリがヒットしたと仮定する。すなわち、受信フレームの GD411 の値が、ルーティングテーブル 121 における宛先 GD $_j$ の値と一致したとする。
- [0399] すると、ステップ S525 でポート選択部 108 は、現在のポートリンク状態を、ルーティングテーブル 121 の、ステップ S524 で検出したエントリに反映する。ステップ S525 の処理はステップ S510 と同様なので説明を省略する。
- [0400] さらに、ステップ S526 でポート選択部 108 は、ルーティングテーブル 121 の、ステップ S524 で検出したエントリにおいて、注目している t 番目のポートの「ポート状態」を「L」状態に設定する。つまり、ステップ S523 でループ検出テーブル 122 において「U」状態から「L」状態へと変更された t 番目のポートに関して、ステップ S526 では、ルーティ

ングテーブル 121 においても状態が「L」に設定される。具体的には、ルーティングテーブル 121 の j 番目のエントリにおいて、t 番目のポートのポート状態 RP_{tj} の値が「L」に更新される。

[0401] 以上のステップ S523～S526 により、有線アドホックネットワーク内をループして戻ってきたフレームを通信装置 100 が受信した場合、戻ってきたフレームと宛先が同じフレームは、以後、今までの送信先ポートからは送信されないようになる。つまり、通信装置 100 はループが生じるポートを学習し、以後、ループが生じるポートへの送信を控えるようになる。その結果、有線アドホックネットワーク全体としても、無駄なトラフィックが減る。

[0402] 続いて、ステップ S527 においてポート選択部 108 は、ルーティングテーブル 121 の j 番目のエントリ（つまりステップ S524 でヒットしたエントリ）を検索し、下記 2 つの条件をともに満たすポートを探す。

- ・ステップ S506 で検出されたループ検出テーブル 122 の i 番目のエントリにおける OLS ポート $OLSP_i$ ではない。

- ・「ポート状態」が「E」状態である。

[0403] つまり、ポート選択部 108 は、 FID_i と宛先 GD_j が指定された送信元 GS_i からのアドホックフレーム 400 を最初に受信したポート以外で、送信するときの送信先ポートとしてまだ試したことがなく、かつ現在使用可能な（つまり「D」状態でも「P」状態でもない）ポートを探す。

[0404] そして、ステップ S528 でポート選択部 108 は、ステップ S527 の検索の結果、「E」状態のポートが見つかったか否かを判断し、見つからなかった場合には処理がステップ S533 へ移行し、見つかった場合には処理がステップ S529 へ移行する。

[0405] ステップ S529 では、ポート選択部 108 が、ステップ S527 で見つかった「E」状態のポートのうちの任意の 1 つ（例えば、最初に見つかったポート）を送信先ポートとして選択する。そして、ポート選択部 108 は、ルーティングテーブル 121 の j 番目のエントリにおいて、送信先ポートと

して選択した該当ポートの状態を「U」に設定する。

[0406] 例えば、ステップS 5 2 9で g 番目のポート ($1 \leq g \leq x$) が選択されたとすると、ステップS 5 2 4でヒットしたルーティングテーブル1 2 1の j 番目のエントリにおいて、 g 番目のポートの状態 $RP_{g,j}$ の値が、「U」に設定される。

[0407] そして、ステップS 5 3 0では、ポート選択部1 0 8がさらに、ループ検出テーブル1 2 2でも該当ポートを「U」状態に設定する。つまり、ステップS 5 0 6で見つかったループ検出テーブル1 2 2の i 番目のエントリにおいて、送信先ポートとしてステップS 5 2 9で選択された g 番目ポートのポート状態 $LP_{g,i}$ の値が、「U」に設定される。そして処理はステップS 5 3 1に移行する。

[0408] ステップS 5 3 1では、ステップS 5 2 9または後述のステップS 5 3 4で送信先ポートとして選択されたポートにフレームが送信される。ステップS 5 3 1の詳細はステップS 5 1 6と同様なので説明を省略する。

[0409] また、次のステップS 5 3 2では、図2 2のバッファ解放処理が行われる。そして、処理は図1 9のステップS 5 0 1に戻る。

他方、ステップS 5 2 8で「E」状態のポートがないと判断された場合、ステップS 5 3 3でポート選択部1 0 8は、受信フレームのGS 4 1 2が自ノードIDと等しいか否かを判断する。受信フレームのGS 4 1 2が自ノードIDと等しくないとき、処理はステップS 5 3 4に移行し、両者が等しいとき、処理はステップS 5 3 5に移行する。

[0410] そして、ステップS 5 3 4でポート選択部1 0 8は、ステップS 5 2 2で認識したOLSポートを、送信先ポートとして選択する。そして処理はステップS 5 3 1に移行する。

このステップS 5 3 4が実行されるのは、 r 番目のポートで受信したフレームを送信しようとしても、送信することが可能なポートが見つからない場合である。ここで「送信することが可能なポート」とは、具体的には、同じFIDのフレームを最初に受信したOLSポート以外の、「L」状態でも「

D」状態でも「P」状態でもないポートのことである。

- [0411] つまり、通信装置100が、受信したフレームを、最初にこのフレームを受信したOLSポートと接続された隣接通信装置以外の他の隣接通信装置に送信することができないとき、ステップS534が実行される。よって、通信装置100は、受信したフレームを返送するために、OLSポートを送信先ポートにする。
- [0412] 返送により、通信装置100は、OLSポートと接続された隣接通信装置に対して、「通信装置100で送信経路が袋小路になっている」ということを知らせることができる。その結果、返送されたフレームを受信した隣接通信装置は、ループ検出テーブル122により、「宛先GD」宛てのフレームを通信装置100と接続されたポートに送信してもループしてしまう」と認識することができる。
- [0413] 例えば、図12の例で、バックトラック303により通信装置100aから返送されたフレームを受信することでループを検出した通信装置100bにおいて、通信装置100eとの間のリンク217がリンクダウン状態だったとする。すると、探索経路302とは異なり、さらに通信装置100bでもバックトラックが生じる。つまり、通信装置100bは、ステップS534で、通信装置100cと接続されたポート134bを送信先ポートとして選択する。
- [0414] その結果、通信装置100cは、通信装置100bから返送されたフレームを受信する。よって、通信装置100cは、「通信装置100gのノードIDがGD411に設定されたアドホックフレーム400の送信先ポートとして、通信装置100bと接続されたポート131cは、不適切である」と認識する。つまり、通信装置100cのルーティングテーブル121において、通信装置100gのノードIDに対応付けられたポート131cの状態は、「L」に設定される。
- [0415] そして、通信装置100cは、ポート131cとは別のポート133cをステップS529で選択する。このように、探索木300においてバックト

ラックが複数回繰り返されることで新たな送信経路が見つかる場合もある（なお、図 12 の探索経路 302 では 1 回バックトラックしただけで新たな送信経路が見つかった）。。

[0416] さて、ステップ S 535 でポート選択部 108 は、送信フレーム制御部 110 を介して上位層処理部 105 に送信失敗を通知する。そして、処理はステップ S 532 に移行する。なお、ステップ S 535 が実行されるのは、図 12 の探索木 300 がすべて探索された場合に相当する。送信失敗の通知後、処理はステップ S 532 に移行する。

[0417] 以上のように、ループが発生したときは、ステップ S 529～S 531 によって別の新たな送信経路が試されるか、またはステップ S 534 と S 531 によってバックトラックが発生する。なお、ステップ S 529～S 531 による新たな送信経路への切り替えは、通信装置 100 内の各部が F P G A により実現される場合、例えば、数 μ s で行われる。

[0418] また、バックトラックが発生したとしても、例えば図 12 の探索経路 302 のように、バックトラックにより探索木 300 を遡る回数が少なければ、有線アドホックネットワーク全体として見ても、非常に短い時間で送信経路の切り替えが完了する。このように、第 1 実施形態によれば、障害発生またはその他の理由でループが発生した場合に、非常に高速にフレームの送信経路の切り替えが実現される。

[0419] なお、図 19～21 では説明の簡単化のため図示を省略したが、通信装置 100 は、ルーティング処理において T T L 415 の値に基づいてフレームを破棄する場合もある。すなわち、受信フレームの T T L 415 の値が 1 のとき、例えば次のように処理が行われてもよい。

- ・図 21 では、ステップ S 529～S 531、S 534 の処理が省略される。

- ・図 20 ではステップ S 506 と S 517 以外の処理が省略される。

[0420] あるいは、受信フレームの T T L 415 の値が 1 のとき、図 20 と図 21 の処理は、ステップ S 517 のバッファ解放処理を除いてすべて省略されて

もよい。

または、受信フレームのＴＴＬ４１５の値が１のときの処理は、図１４のフレーム受信処理に例外処理として含まれてもよい。例えば、ＴＴＬ４１５のチェックは、ＦＣＳ４１７のチェックの後、ステップＳ１１０での受信キューへのエンキューの前に、例えば以下に説明するようにして行われてもよい。

[0421] 上記の説明では省略したが、受信フレーム制御部１０４は、例えば図１４のステップＳ１０２とＳ１０３の間で、受信したフレームのＦＣＳ４１７のチェックを行う。そして、ＦＣＳ４１７がアドホックヘッダ４１０と不整合のとき、受信フレーム制御部１０４は受信部１０３に対してステップＳ１０７と同様の処理を行うよう命じる。それにより、フレームは破棄され、図１４の処理も終了する。

[0422] 逆に、ＦＣＳ４１７が適切な値であると判明した場合、受信フレーム制御部１０４は、続いて、ＴＴＬ４１５の値が１か否かを判断してもよい。そして、ＴＴＬ４１５の値が１のとき、受信フレーム制御部１０４は受信部１０３に対してステップＳ１０７と同様の処理を行うよう命じる。それにより、フレームは破棄され、図１４の処理も終了する。

[0423] 逆に、ＴＴＬ４１５の値が１より大きいとき、受信フレーム制御部１０４は、ステップＳ１０３以降の処理を行う。つまり、この例によれば、ステップＳ１１０で受信キューに先頭アドレスがエンキューされるフレームは、ＴＴＬ４１５が１より大きいフレームのみであるから、図１９～２１の処理は、ＴＴＬ４１５が１より大きいフレームに関してのみ行われる。

[0424] 以上例示したように、ＴＴＬ４１５やＦＣＳ４１７に応じた例外処理は、実施形態に応じて適宜行われる。

また、図１９～２１には、図１１のポート１３１ａのような有線アドホックネットワークポートで受信されるフレームに関する処理を示したが、通信装置１００は、汎用ＬＡＮポート（例えば汎用ＬＡＮポート１３５ａ）で受信されるフレームに関する処理をさらに行ってもよい。

[0425] すなわち、イーサネットフレーム420が汎用LANポート135で受信された場合は、上位層処理部105がイーサネットフレーム420を処理する。上位層処理部105は、通信装置100自身を宛先とするイーサネットフレーム420も処理する。

[0426] 逆に、他の通信装置を宛先とするイーサネットフレーム420は、送信フレーム制御部110によってアドホックヘッダ410が付与され、有線アドホックネットワークポートのいずれかから送信される。その際、図20のステップS514と同様に、ループ検出テーブル122へのエントリの追加も行われる。

[0427] また、上位層処理部105がイーサネットフレーム420を生成した場合は、イーサネットフレーム420は、MAC-DA421に応じて、以下のいずれかの処理が行われる。

- ・ 汎用LANポート135からイーサネットフレーム420が送信される。

- ・ イーサネットフレーム420にアドホックヘッダ410が付与されて、有線アドホックネットワークポートのいずれかから送信される。その際、図20のステップS514と同様にループ検出テーブル122へのエントリの追加も行われる。

[0428] 続いて、図20のステップS517と図21のステップS532で行われるバッファ解放処理について説明する。図22は、バッファ解放処理のフローチャートである。バッファ解放処理は、通信装置100が受信したフレームに対して、送信先ポートが決められて、フレームが転送される場合、あるいは、適切な送信先ポートがない場合に行われる。

[0429] なお、図22の処理は、例えば、送信先ポートが決められた場合は送信部111が行ってもよいし、送信先ポートがないために上位層処理部105に送信失敗が通知された場合は、上位層処理部105が行ってもよい。あるいは、送信フレーム制御部110が図22の処理を行ってもよい。

[0430] ステップS601で、受信フレームがバッファ102に占める領域のサイ

ズに相当する値が、バッファ使用総量カウンタ 114 から減算される。

続いて、ステップ S602 では、バッファ 102 に格納されている受信フレームの GD411 が抽出される。

[0431] そして、ステップ S603 では、抽出された GD411 を検索キーにして、バッファ使用中 GD テーブル 126 が検索される。検索の結果、必ず 1 つエントリが見つかる。

すると、ステップ S604 で、検索の結果見つかったエントリの「バッファカウンタ」から、受信フレーム用に確保した領域のサイズに相当する値が減算される。

[0432] そして、次のステップ S605 では、減算された「バッファカウンタ」の値が 0 か否かが判断される。「バッファカウンタ」の値が 0 のとき、処理はステップ S606 に移行し、「バッファカウンタ」の値が 0 ではないとき、処理はステップ S607 に移行する。

[0433] ステップ S606 では、ステップ S603 の検索の結果見つかったエントリがバッファ使用中 GD テーブル 126 から削除される。

そして、ステップ S607 では、受信フレームがバッファ 102 に占める領域が解放され、バッファ解放処理が終了する。

[0434] さて、図 23 と図 24 は、通信装置 100 が GS となってフレームを送信するときに行うデータフレーム送信処理のフローチャートである。

ステップ S701 で送信フレーム制御部 110 は、上位層処理部 105 による上位層のプロトコルの処理の結果として、GD411 の値と、バッファ 102 に上位層処理部 105 が作成したペイロード（具体的には、アドホックフレーム 400 のペイロードであるイーサネットフレーム 420）を取得する。なお、上位層処理部 105 は、ペイロードの先頭アドレスを送信フレーム制御部 110 に通知することで、送信フレーム制御部 110 にペイロードを認識させてもよい。

[0435] そして、ステップ S702 で送信フレーム制御部 110 は、データフレーム（つまりアドホックフレーム 400）の長さ 416 に設定する値として、

ペイロードの長さを求める。

[0436] また、ステップS 7 0 3で送信フレーム制御部 1 1 0は、送信しようとするデータフレームのGS 4 1 2に、自ノードIDを設定する。

さらに、ステップS 7 0 4で送信フレーム制御部 1 1 0は、新たなFIDを生成しデータフレームのFID 4 1 4に、生成した値を設定する。

[0437] また、ステップS 7 0 5で送信フレーム制御部 1 1 0は、「データフレーム」を示す値を、データフレームのタイプ 4 1 3として設定する。

さらに、ステップS 7 0 6で、送信フレーム制御部 1 1 0はその他のアドホックヘッダ 4 1 0内の各フィールドにも適宜値を設定する。こうして、完成したデータフレームがバッファ 1 0 2に格納された状態となる。

[0438] そして、ステップS 7 0 7で送信フレーム制御部 1 1 0は、データフレームのサイズ（つまり、データフレームがバッファ 1 0 2内で占める領域のサイズ）に相当する値を、バッファ使用総量カウンタ 1 1 4に加算する。

[0439] 続いて、ステップS 7 0 8で送信フレーム制御部 1 1 0は、ポート選択部 1 0 8に、GD 4 1 1の値を指定し、送信ポートを決定する処理を開始するよう依頼する。すると、ポート選択部 1 0 8は、指定されたGD 4 1 1の値を用いて、ルーティングテーブル 1 2 1を検索する。

[0440] そして、ステップS 7 0 9でポート選択部 1 0 8は、GD 4 1 1の値を「宛先」として含むエントリがルーティングテーブル 1 2 1において登録されているか否かを、ステップS 7 0 8の検索の結果に応じて判断する。エントリが登録されていた場合、処理は図 2 4のステップS 7 1 1に移行する。エントリが見つからなかった場合、処理はステップS 7 1 0に移行する。

[0441] ステップS 7 1 0でポート選択部 1 0 8は、ルーティングテーブル 1 2 1に、GD 4 1 1の値を「宛先」として含むエントリを新規登録する。ステップS 7 1 0の詳細は図 2 0のステップS 5 0 9と同様なので説明を省略する。

[0442] 以下、図 2 4に関する説明では、ステップS 7 0 8の検索の結果見つかった1つのエントリまたはステップS 7 1 0で新規に登録されたエントリのこ

とを「注目エントリ」という。

[0443] 図24のステップS711でポート選択部108は、現在のポートリンク状態をルーティングテーブル121の注目エントリに反映する。ステップS711の詳細は図20のステップS510と同様なので説明を省略する。

[0444] そして、次のステップS712でポート選択部108は、ルーティングテーブル121の注目エントリを参照する。そしてポート選択部108は、状態が「L」、「P」、「D」状態以外のポートのうちの1つを、送信先ポートとして選択する。なお、図20のステップS511に関して説明したのと同じ理由から、ポート選択部108は、「U」状態のポートを「E」状態のポートよりも優先して選ぶことが好ましい。

[0445] ただし、「注目エントリにおいて状態が『E』または『U』に設定されている」という条件を満たすポートが、存在しない可能性もある。そこで、ステップS713でポート選択部108は、ステップS712で選択された送信先ポートがあるか否かを判断する。ステップS712で選択された送信先ポートがある場合は、処理はステップS714に移行し、ステップS712で送信先ポートが見つからなかった場合は、処理はステップS719に移行する。なお、送信先ポートが見つからなかった場合、ポート選択部108は、送信先ポートが見つからなかったことを送信フレーム制御部110に通知する。

[0446] すなわち、ステップS714でポート選択部108は、ルーティングテーブル121の注目エントリにおける送信先ポートの状態を「U」状態に更新する。ステップS714の詳細は、図20のステップS513と同様である。

[0447] そして、ステップS715でポート選択部108は、テーブル制御部106を介して、ループ検出テーブル122に新規エントリを追加登録する。当該新規エントリが例えば(m+1)番目のエントリであるとする、当該新規エントリの各フィールドの内容は次のとおりである。

・送信元GS_{m+1}には、通信装置100の自ノードIDが設定される。

- ・ FID_{m+1} には、図 23 のステップ S 704 で生成された値が設定される。
- ・ OLS ポート $OLSP_{m+1}$ には、ポート ID として使われないダミーの値が設定される。
- ・ 送信先ポートとして選ばれた e 番目のポートに対応するポート状態 $LP_{(m+1)}$ は「U」に設定され、それ以外のポートに対応するポート状態はすべて「E」に設定される。

[0448] そして、ステップ S 715 で上記のような新規エントリがループ検出テーブル 122 に追加されると、処理はステップ S 716 に移行する。ステップ S 716 でポート選択部 108 は、テーブル制御部 106 を介して、ステップ S 715 で追加した新規エントリのタイマ（図 7 には不図示）に、現在の内部タイマ値（つまり現在時刻）を設定する。

[0449] そして、次のステップ S 717 では、ステップ S 712 で送信先ポートとして選択されたポートにフレームが送信される。

具体的には、ポート選択部 108 は、送信先ポートとして選択したポートを送信フレーム制御部 110 に通知する。すると、送信フレーム制御部 110 は、データフレームの、サイズと、バッファ 102 内での先頭アドレスを送信部 111 に通知する。また、送信フレーム制御部 110 は、選択された送信ポートのポート ID も送信部 111 に通知する。

[0450] そして、送信部 111 は、通知された先頭アドレスからフレームのデータを読み出し、通知された送信ポートからフレームを送信する。フレームの送信後、処理はステップ S 718 に移行する。

[0451] ステップ S 718 では、送信フレーム制御部 110 が、データフレームのサイズに相当する値（つまりステップ S 707 で加算した値）をバッファ使用総量カウンタ 114 から減算する。そして、データフレーム送信処理は終了する。

[0452] 他方、送信先ポートが見つからなかった場合、ステップ S 719 で送信フレーム制御部 110 は、上位層処理部 105 に送信失敗を通知する。この送

信失敗の通知は、例えば、ステップS 7 0 1で上位層処理部 1 0 5から通知されたペイロードの先頭アドレスを含んでもよい。

[0453] そして、ステップS 7 2 0では、データフレームが破棄される。すなわち、データフレームが格納されていたバッファ 1 0 2上の領域が解放される。例えば、上位層処理部 1 0 5が送信フレーム制御部 1 1 0に対して「送信失敗の通知を認識した」という返答を返す場合、送信フレーム制御部 1 1 0が、アドホックフレーム 4 0 0であるデータフレーム全体をバッファ 1 0 2から削除してもよい。あるいは、アドホックヘッダ 4 1 0を送信フレーム制御部 1 1 0が削除し、送信失敗の通知を受けた上位層処理部 1 0 5がペイロード（例えばイーサネットフレーム 4 2 0）を削除してもよい。

[0454] いずれにしろ、ステップS 7 2 0では、送信可能なポートが見つからないために送信に失敗したデータフレームが破棄される。そして、処理は前述のステップS 7 1 8に移行する。

[0455] さて、続いて、通信装置 1 0 0自身の状態（つまり通信装置 1 0 0がビジー状態か否か）に応じた、通信装置 1 0 0からのポーズ要求フレームまたはポーズ解除フレームの送信に関する各種の処理について説明していく。

[0456] 図 2 5 は、通信装置 1 0 0が通信装置 1 0 0自身について行うポーズ制御処理のフローチャートである。例えば、図 2 5の処理は、予め決められた間隔で定期的に行われてもよい。

[0457] ステップS 8 0 1でビジー検出部 1 1 3は、ポーズ状態管理テーブル 1 2 5のポーズ状態 S Sの値を参照し、通信装置 1 0 0自身がポーズ状態か否かを判断する。ポーズ状態 S Sの値が「P」であるとき、処理はステップS 8 0 4に移行し、ポーズ状態 S Sの値が「N」であるとき、処理はステップS 8 0 2に移行する。

[0458] ステップS 8 0 2でビジー検出部 1 1 3は、通信装置 1 0 0自身がビジー状態か否かを判断する。例えば、バッファ使用総量カウンタ 1 1 4の値が所定の閾値を超えていれば、ビジー検出部 1 1 3は「通信装置 1 0 0自身がビジー状態である」と判断し、処理はステップS 8 0 3に移行する。逆に、バ

ッファ使用総量カウンタ 1 1 4 の値が上記の閾値以下であれば、ビジー検出部 1 1 3 は「通信装置 1 0 0 自身はビジー状態ではない」と判断し、図 2 5 の処理を終了する。

[0459] なお、ビジー状態の判断に関する条件は、資源の使用状況に関する、実施形態に応じた任意の条件でよい。例えば、ビジー検出部 1 1 3 は、MPU の使用率を考慮に入れて、通信装置 1 0 0 自身がビジー状態か否かを判断してもよい。

[0460] ステップ S 8 0 3 では、ポーズ要求フレーム送信処理が行われ、通信装置 1 0 0 に隣接する各隣接ノードにポーズ要求フレームが送信される。ポーズ要求フレーム送信処理は、図 2 6 の処理でもよいし、図 2 7 の処理でもよい。ステップ S 8 0 3 の実行後、図 2 5 の処理は終了する。なお、ステップ S 8 0 3 が実行されるのは、今までビジー状態ではなかった通信装置 1 0 0 が新たにビジー状態に陥ったことがビジー検出部 1 1 3 により検知された場合である。

[0461] さて、ステップ S 8 0 1 でポーズ状態 S S の値が「P」であったとき、ステップ S 8 0 4 でビジー検出部 1 1 3 は、通信装置 1 0 0 自身がビジー状態か否かを、ステップ S 8 0 2 と同様の方法で判断する。「通信装置 1 0 0 自身がビジー状態である」とビジー検出部 1 1 3 が判断すると、処理はステップ S 8 0 6 に移行する。逆に、「通信装置 1 0 0 自身はビジー状態ではない」とビジー検出部 1 1 3 が判断すると、処理はステップ S 8 0 5 に移行する。

[0462] ステップ S 8 0 5 では、ポーズ解除フレーム送信処理が行われ、通信装置 1 0 0 に隣接する各隣接ノードにポーズ解除フレームが送信される。ポーズ解除フレーム処理は、図 2 8 の処理でもよいし、図 2 9 の処理でもよいし、図 3 0 の処理でもよい。

[0463] ステップ S 8 0 5 の処理は、隣接ノード装置に対して過去に出したポーズ要求を解除するための通知を、隣接ノード装置に出すための処理である。すなわち、ステップ S 8 0 5 の処理は、予測よりも早くビジー状態から通信装

置 100 が回復したときに、回復を隣接ノードに通知するための処理である。
。ステップ S 805 の実行後、図 25 の処理は終了する。

[0464] また、ステップ S 806 でビジー検出部 113 は、タイマ 109 から供給される現在のタイマ値（すなわち現在時刻）とポーズ状態管理テーブル 125 のポーズ開始時刻 *Start Time* との差分を、ポーズ状態管理テーブル 125 のカウンタ *SCount* と比較する。

[0465] そしてステップ S 807 でビジー検出部 113 は、上記差分が既にポーズ状態管理テーブル 125 のカウンタ *SCount* の値に達しているか否かを判断する。

上記差分が既にカウンタ *SCount* の値に達していれば、過去のポーズ要求において通信装置 100 が隣接ノード装置に要求した時間が既に経過したにもかかわらず、まだ通信装置 100 自身がビジー状態から復帰することができていないということである。したがって、このとき処理はステップ S 808 に移行する。

[0466] 逆に、上記差分がカウンタ *SCount* の値よりも小さければ、過去のポーズ要求において通信装置 100 が隣接ノード装置に要求した時間がまだ経過していないということなので、図 25 の処理は終了する。

[0467] ステップ S 808 では、ポーズ要求フレーム送信処理が行われる。ポーズ要求フレーム送信処理は、図 26 の処理でもよいし、図 27 の処理でもよい。ステップ S 808 の実行後、図 25 の処理は終了する。

[0468] 図 26 は、ポーズ要求フレーム送信処理の第 1 の例のフローチャートである。図 26 の処理は、ビジー検出部 113 からポーズ制御部 112 への指示を契機として開始される。

ステップ S 901 でポーズ制御部 112 は、タイマ 109 が示す現在時刻を、ポーズ状態管理テーブル 125 のポーズ開始時刻 *Start Time* に設定する。また、ポーズ制御部 112 は、ポーズ状態管理テーブル 125 のポーズ状態 *SS* を「P」状態に設定する。

[0469] そして、ステップ S 902 でポーズ制御部 112 は、ポーズ対象 *GD* 決定

処理を行う。ポーズ対象GD決定処理の詳細は実施形態に応じて様々であり、そのいくつかの例については、図31～34とともに後述する。ポーズ対象GD決定処理により、ポーズ制御部112は、1つ以上のGDを、ポーズ対象GD（すなわちポーズ要求フレームに指定するGD）として決定する。

[0470] 続いて、ステップS903でポーズ制御部112は、ルーティングテーブル121の、ステップS902で決定した1つ以上のGDにそれぞれ対応する各エントリで、「ポーズGD」を、「選択中」を示す値（図7の例では「1」）に設定する。

[0471] そして、ステップS904でポーズ制御部112は、ビジー検出部113から通知されたビジー状況に応じて、ポーズカウンタ値（つまり、ポーズ要求フレームに設定するカウンタ443の値）を決定する。そして、ポーズ制御部112は、決定した値を、ポーズ状態管理テーブル125のカウンタS Countにも設定する。

[0472] 例えば、ビジー検出部113は、ポーズ要求フレーム送信処理を開始するよう、図25のステップS803またはS808でポーズ制御部112に命令するとき、ビジー状況を表す値をポーズ制御部112に通知してもよい。ビジー状況を表す値は、例えば、ビジー検出部113がバッファ使用総量カウンタ114から読み取った値、MPUの使用率、または両者に基づいて計算したスコアなどである。よって、ポーズ制御部112は、ビジー状況に応じてカウンタ443の値を決定することができる。

[0473] 実施形態によっては、「通信装置100がビジー状態に陥っている」という状況に基づき、ポーズ制御部112がカウンタ443とカウンタS Countに、一律のデフォルト値を設定してもよい。

[0474] さて、次のステップS905でポーズ制御部112は、ステップS902で決定したすべてのGDを含むリストと、ステップS904で決定したポーズカウンタ値とを含むポーズ要求フレームを生成する。つまり、ポーズ制御部112は、図13のポーズ制御情報440bを含むポーズフレーム430を生成する。なお、ポーズ制御部112は、ポーズ要求フレームのタイプ4

13には、ポーズフレームであることを示す値を設定する。

[0475] そして、ステップS906でポーズ制御部112は、生成したポーズ要求フレームの送信を送信フレーム制御部110に依頼する。すると、送信フレーム制御部110は、通信装置100の全ポートを送信先ポートとして送信部111に指示する。よって、送信部111は、生成されたポーズ要求フレームを全ポートから送信する。

[0476] 続いて、ポーズ制御部112は、ステップS907において、タイマ109から現在時刻を取得し、記憶する。

そして、ステップS908でポーズ制御部112は、ステップS902で決定した1つ以上のGDのうち、ステップS909以降の処理をまだ行っていない未処理のものがあるか否かを判断する。未処理のGDがある場合、続いてステップS909が実行され、ステップS902で決定したすべてのGDに対してステップS909以降の処理が済んでいる場合、ポーズ要求フレーム送信処理は終了する。

[0477] ステップS909でポーズ制御部112は、ステップS902で決定した1つ以上のGDのうち、未処理のGDを1つ選ぶ。

そして、ステップS910でポーズ制御部112は、ステップS909で選んだGDを検索キーにして、ポーズ履歴テーブル127を検索する。

[0478] さらに、ステップS911でポーズ制御部112は、ステップS910の検索の結果、エントリが見つかったか否かを判断する。エントリが見つかった場合、処理はステップS912に移行し、エントリが存在しなかった場合、処理はステップS913に移行する。

[0479] ステップS912でポーズ制御部112は、ステップS910の検索の結果見つかったエントリの「ポーズ要求フレーム送信時刻」に、ステップS907で取得した時刻を設定する。そして、処理はステップS908に戻る。

[0480] また、ステップS913でポーズ制御部112は、ステップS909で選んだGDと、ステップS907で取得した時刻とを有する新たなエントリを、ポーズ履歴テーブル127に追加する。そして、処理はステップS908

に戻る。

- [0481] さて、図 27 は、ポーズ要求フレーム送信処理の第 2 の例のフローチャートである。図 27 の処理も、ビジー検出部 113 からポーズ制御部 112 への指示を契機として開始される。
- [0482] ステップ S1001 でポーズ制御部 112 は、タイマ 109 が示す現在時刻を、ポーズ状態管理テーブル 125 のポーズ開始時刻 *Start Time* に設定する。また、ポーズ制御部 112 は、ポーズ状態管理テーブル 125 のポーズ状態 *SS* を「P」状態に設定する。
- [0483] そして、ステップ S1002 でポーズ制御部 112 は、ポーズ対象 GD 決定処理を行う。ポーズ対象 GD 決定処理は、図 31～34 のいずれに示す処理でもよい。ポーズ対象 GD 決定処理により、ポーズ制御部 112 は、1 つ以上の GD を、ポーズ対象 GD（すなわちポーズ要求フレームに指定する GD）として決定する。
- [0484] 続いて、ステップ S1003 でポーズ制御部 112 は、ルーティングテーブル 121 の、ステップ S1002 で決定した 1 つ以上の GD にそれぞれ対応する各エントリで、「ポーズ GD」を、「選択中」を示す値（図 7 の例では「1」）に設定する。
- [0485] そして、ステップ S1004 でポーズ制御部 112 は、ビジー検出部 113 から通知されたビジー状況に応じて、ポーズカウンタ値を決定し、決定した値を、ポーズ状態管理テーブル 125 のカウンタ *SCount* にも設定する。ステップ S1004 の詳細はステップ S904 と同様である。
- [0486] 続いて、ステップ S1005 でポーズ制御部 112 は、ステップ S1002 で決定した 1 つ以上の GD のうち、ステップ S1006 以降の処理をまだ行っていない未処理のものがあるか否かを判断する。未処理の GD がある場合、続いてステップ S1006 が実行され、ステップ S1002 で決定したすべての GD に対してステップ S1006 以降の処理が済んでいる場合、ポーズ要求フレーム送信処理は終了する。
- [0487] ステップ S1006 でポーズ制御部 112 は、ステップ S1002 で決定

した1つ以上のGDのうち、未処理のGDを1つ選ぶ。

そして、ステップS1007でポーズ制御部112は、ステップS1006で選んだ1つのGDと、ステップS1004で決定したポーズカウンタ値とを含むポーズ要求フレームを生成する。つまり、ポーズ制御部112は、図13のポーズ制御情報440aを含むポーズフレーム430を生成する。なお、ポーズ制御部112は、ポーズ要求フレームのタイプ413には、ポーズフレームであることを示す値を設定する。

[0488] そして、ステップS1008でポーズ制御部112は、生成したポーズ要求フレームの送信を送信フレーム制御部110に依頼する。すると、送信フレーム制御部110は、通信装置100の全ポートを送信先ポートとして送信部111に指示する。よって、送信部111は、生成されたポーズ要求フレームを全ポートから送信する。

[0489] 続いて、ステップS1009でポーズ制御部112は、タイマ109から現在時刻を取得し、記憶する。

そして、ステップS1010でポーズ制御部112は、ステップS1006で選んだGDを検索キーにして、ポーズ履歴テーブル127を検索する。

[0490] さらに、ステップS1011でポーズ制御部112は、ステップS1010の検索の結果、エントリが見つかったか否かを判断する。エントリが見つかった場合、処理はステップS1012に移行し、エントリが存在しなかった場合、処理はステップS1013に移行する。

[0491] ステップS1012でポーズ制御部112は、ステップS1010の検索の結果見つかったエントリの「ポーズ要求フレーム送信時刻」に、ステップS1009で取得した時刻を設定する。そして、処理はステップS1005に戻る。

[0492] また、ステップS1013でポーズ制御部112は、ステップS1006で選んだGDと、ステップS1009で取得した時刻とを有する新たなエントリを、ポーズ履歴テーブル127に追加する。そして、処理はステップS1005に戻る。

[0493] 続いて、ポーズ解除フレーム送信処理の3つの例を説明する。

図28は、ポーズ解除フレーム送信処理の第1の例のフローチャートである。図28の処理は、ビジー検出部113からポーズ制御部112への指示を契機として開始される。

[0494] ステップS1101でポーズ制御部112は、ポーズ状態管理テーブル125のポーズ開始時刻Start Timeをクリアする。

また、ステップS1102でポーズ制御部112は、ポーズ状態管理テーブル125のカウンタSCountの値をクリアする。

[0495] そして、ステップS1103でポーズ制御部112は、ポーズ状態管理テーブル125のポーズ状態SSを「N」状態（つまり通常状態）に設定する。

さらに、ステップS1104でポーズ制御部112は、ルーティングテーブル121のすべてのエントリで、「ポーズGD」を、「非選択」を示す値（具体的には、第1実施形態では「0」）に設定する。

[0496] また、ステップS1105でポーズ制御部112は、制御タイプ445にポーズ解除フレームであることを示す値を設定し、カウンタ447として0を設定したポーズ制御情報440eを含むポーズ解除フレームを生成する。なお、ポーズ制御部112は、ポーズ解除フレームのタイプ413には、ポーズフレームであることを示す値を設定する。

[0497] 次のステップS1106でポーズ制御部112は、ステップS1105で生成したポーズ解除フレームを送信するよう送信フレーム制御部110に要求する。すると、送信フレーム制御部110は、全ポートを送信先ポートとして決定し、送信部111を制御する。送信部111は、生成されたポーズ解除フレームを、送信フレーム制御部110による制御にしたがって、全ポートから送信する。すなわち、送信部111は、すべての隣接ノードに、ポーズ解除フレームを送信する。そして、図28のポーズ解除フレーム送信処理は終了する。

[0498] 図29は、ポーズ解除フレーム送信処理の第2の例のフローチャートであ

る。図 29 の処理も、ビジー検出部 113 からポーズ制御部 112 への指示を契機として開始される。

ステップ S 1201 でポーズ制御部 112 は、ポーズ状態管理テーブル 125 のポーズ開始時刻 *Start Time* をクリアする。

[0499] また、ステップ S 1202 でポーズ制御部 112 は、ポーズ状態管理テーブル 125 のカウンタ値 *Count* をクリアする。

そして、ステップ S 1203 でポーズ制御部 112 は、ポーズ状態管理テーブル 125 のポーズ状態 *SS* を「N」状態（つまり通常状態）に設定する。

[0500] さらに、ステップ S 1204 でポーズ制御部 112 は、「GD リスト」を空に初期化する。この GD リストは、図 29 の処理においてポーズ制御部 112 が使用するローカルなデータである。

[0501] ステップ S 1205 でポーズ制御部 112 は、ルーティングテーブル 121 のすべてのエントリに注目したか否か、すなわち、すべてのエントリに関してステップ S 1206 以降の処理を行ったか否かを判断する。まだステップ S 1206 以降の処理を行っていないエントリがルーティングテーブル 121 に残っている場合、処理はステップ S 1206 に移行し、すべてのエントリが注目済みのとき、処理はステップ S 1210 に移行する。

[0502] ステップ S 1206 でポーズ制御部 112 は、ルーティングテーブル 121 においてまだ注目していないエントリを 1 つ選び、選んだエントリに注目する。以下、ステップ S 1206 で選ばれたエントリを「注目エントリ」という。

[0503] そして、ステップ S 1207 でポーズ制御部 112 は、注目エントリにおいて、「ポーズ GD」の値が、「選択中」を示す値であるか否かを判断する。

「ポーズ GD」の値が、「選択中」を示す値であるとき、注目エントリの「宛先」の GD は、通信装置 100 がかつて送信したポーズ要求フレームにおいて指定された GD である。よって、処理はステップ S 1208 に移行す

る。

[0504] 逆に、「ポーズGD」の値が、「非選択」を示す値であるとき、注目エントリの「宛先」のGDは、通信装置100がかつて送信したポーズ要求フレームにおいて指定されたGDではない。よって、注目エントリの「宛先」のGDは、そもそも解除の通知を行う対象ではないので、処理はステップS1205に戻る。

[0505] そして、ステップS1208でポーズ制御部112は、ルーティングテーブル121の注目エントリで、「ポーズGD」を、「非選択」を示す値に設定する。

また、ステップS1209でポーズ制御部112は、ルーティングテーブル121の注目エントリに「宛先」として含まれるGDを、GDリストに追加する。そして、処理はステップS1205に戻る。

[0506] また、ポーズ制御部112は、ルーティングテーブル121のすべてのエントリに注目し終わると、ステップS1210で、ポーズ解除フレームを生成する。具体的には、ポーズ制御部112は、ステップS1204で初期化した後でステップS1209においてGDを追加することで最終的に得られたGDリストをGDリスト448として含み、カウンタ447として0を設定したポーズ解除フレームを生成する。つまり、ポーズ制御部112は、ポーズ制御情報440dを含むポーズフレーム430を生成する。なお、ポーズ制御部112は、ポーズ解除フレームのタイプ413には、ポーズフレームであることを示す値を設定する。

[0507] そして、次のステップS1211でポーズ制御部112は、ステップS1210で生成したポーズ解除フレームを送信するよう送信フレーム制御部110に要求する。すると、送信フレーム制御部110は、全ポートを送信先ポートとして決定し、送信部111を制御する。送信部111は、生成されたポーズ解除フレームを、送信フレーム制御部110による制御にしたがって、全ポートから送信する。すなわち、送信部111は、すべての隣接ノードに、ポーズ解除フレームを送信する。そして、図29のポーズ解除フレー

ム送信処理は終了する。

- [0508] 図30は、ポーズ解除フレーム送信処理の第3の例のフローチャートである。図30の処理も、ビジー検出部113からポーズ制御部112への指示を契機として開始される。

ステップS1301でポーズ制御部112は、ポーズ状態管理テーブル125のポーズ開始時刻Start Timeをクリアする。

- [0509] また、ステップS1302でポーズ制御部112は、ポーズ状態管理テーブル125のカウンタ値SCountをクリアする。

そして、ステップS1303でポーズ制御部112は、ポーズ状態管理テーブル125のポーズ状態SSを「N」状態（つまり通常状態）に設定する。

- [0510] 次に、ステップS1304でポーズ制御部112は、ルーティングテーブル121のすべてのエントリに注目したか否か、すなわち、すべてのエントリに関してステップS1305以降の処理を行ったか否かを判断する。まだステップS1305以降の処理を行っていないエントリがルーティングテーブル121に残っている場合、処理はステップS1305に移行し、すべてのエントリが注目済みのとき、ポーズ解除フレーム送信処理は終了する。

- [0511] ステップS1305でポーズ制御部112は、ルーティングテーブル121においてまだ注目していないエントリを1つ選び、選んだエントリに注目する。以下、ステップS1305で選ばれたエントリを「注目エントリ」という。

- [0512] そして、ステップS1306でポーズ制御部112は、注目エントリにおいて、「ポーズGD」の値が、「選択中」を示す値であるか否かを判断する。

「ポーズGD」の値が、「選択中」を示す値であるとき、注目エントリの「宛先」のGDは、通信装置100がかつて送信したポーズ要求フレームにおいて指定されたGDである。よって、処理はステップS1307に移行する。

[0513] 逆に、「ポーズGD」の値が、「非選択」を示す値であるとき、注目エントリの「宛先」のGDは、通信装置100がかつて送信したポーズ要求フレームにおいて指定されたGDではない。よって、注目エントリの「宛先」のGDは、そもそも解除の通知を行う対象ではないので、処理はステップS1304に戻る。

[0514] そして、ステップS1307でポーズ制御部112は、ルーティングテーブル121の注目エントリで、「ポーズGD」を、「非選択」を示す値に設定する。

また、ステップS1308でポーズ制御部112は、ルーティングテーブル121の注目エントリに「宛先」として含まれるGDをGD446として含み、カウンタ447として0を設定したポーズ解除フレームを生成する。つまり、ポーズ制御部112は、ポーズ制御情報440cを含むポーズフレーム430を生成する。なお、ポーズ制御部112は、ポーズ解除フレームのタイプ413には、ポーズフレームであることを示す値を設定する。

[0515] そして、次のステップS1309でポーズ制御部112は、ステップS1308で生成したポーズ解除フレームを送信するよう送信フレーム制御部110に要求する。すると、送信フレーム制御部110は、全ポートを送信先ポートとして決定し、送信部111を制御する。送信部111は、生成されたポーズ解除フレームを、送信フレーム制御部110による制御にしたがって、全ポートから送信する。すなわち、送信部111は、すべての隣接ノードに、ポーズ解除フレームを送信する。そして、処理はステップS1304に戻る。

[0516] 続いて、図26のステップS902または図27のステップS1002において、ポーズ要求フレームに指定するGD（以下「ポーズ対象」という）を決めるために実行されるポーズ対象GD決定処理の4つの例について、詳しく説明する。

[0517] 図31は、ポーズ対象GD決定処理の第1の例のフローチャートである。図31の処理は、他のノードへの影響を小さくすることを優先する処理であ

る。また、図 3 1 の処理では 1 つだけ G D がポーズ対象として決定されるので、図 3 1 の処理は図 1 3 のポーズ制御情報 4 4 0 a の形式に特に好適である。

[0518] ステップ S 1 4 0 1 でポーズ制御部 1 1 2 は、「バッファカウンタ」の昇順にバッファ使用中 G D テーブル 1 2 6 のエントリをソートする。

そして、ステップ S 1 4 0 2 でポーズ制御部 1 1 2 は、バッファ使用中 G D テーブル 1 2 6 の 1 番目のエントリの G D を選択する。すなわち、ポーズ制御部 1 1 2 は、「バッファカウンタ」の値が最小の G D を選択する。

[0519] 次のステップ S 1 4 0 3 でポーズ制御部 1 1 2 は、今回のポーズ対象を決定する際に、ポーズ制御部 1 1 2 が今までポーズ対象としてどの G D を選んできたのかという履歴を考慮するか否かを判断する。

[0520] 例えば、通信装置 1 0 0 の動作パラメタとして、履歴を考慮するか否かを指定する値が設定されていてもよく、具体的には、「履歴考慮モード」と「履歴不使用モード」のような 2 つの動作モードのいずれかが通信装置 1 0 0 に設定されていてもよい。その場合、ポーズ制御部 1 1 2 は、動作モードの値にしたがってステップ S 1 4 0 3 の判断を行う。

[0521]あるいは、通信装置 1 0 0 は、固定的に履歴考慮モードと履歴不使用モードのどちらで動作するかが決められた装置であってもよい。その場合、ポーズ制御部 1 1 2 は、暗黙裡に固定的に決められた動作モードの値にしたがってステップ S 1 4 0 3 の判断を行う。

[0522] そして、今回のポーズ対象を決定する際に履歴を考慮する場合、処理はステップ S 1 4 0 5 に移行し、履歴を考慮しない場合、処理はステップ S 1 4 0 4 に移行する。

ステップ S 1 4 0 4 でポーズ制御部 1 1 2 は、ステップ S 1 4 0 2 または後述のステップ S 1 4 0 8 で選択した G D をポーズ対象に決定する。そして、ポーズ対象 G D 決定処理は終了する。

[0523] また、ステップ S 1 4 0 5 でポーズ制御部 1 1 2 は、ステップ S 1 4 0 2 または後述のステップ S 1 4 0 8 で選択した G D を検索キーにして、ポーズ

履歴テーブル 127 を検索する。

- [0524] そして、ステップ S 1406 でポーズ制御部 112 は、ステップ S 1405 の検索の結果、エントリが見つかったか否かを判断する。エントリが見つからなかった場合、処理はステップ S 1404 に移行し、エントリが見つかった場合、処理はステップ S 1407 に移行する。
- [0525] ステップ S 1407 でポーズ制御部 112 は、現在選択中の GD（つまりステップ S 1402 または後述のステップ S 1408 で選択した GD）が、バッファ使用中 GD テーブル 126 の最後のエントリの GD であるか否かを判断する。そして、現在選択中の GD が最後のエントリの GD のとき、処理はステップ S 1409 に移行する。他方、現在選択中の GD が最後以外のエントリの GD のとき、処理はステップ S 1408 に移行する。
- [0526] そして、ステップ S 1408 でポーズ制御部 112 は、バッファ使用中 GD テーブル 126 において、現在選択中の GD を含むエントリの次のエントリの GD を、選択する。そして、処理はステップ S 1405 に戻る。
- [0527] また、ステップ S 1409 でポーズ制御部 112 は、ステップ S 1401 でソートされたバッファ使用中 GD テーブル 126 の 1 番目のエントリの GD をポーズ対象に決定する。そして、ポーズ対象 GD 決定処理は終了する。
- [0528] 以上の図 31 のポーズ対象 GD 決定処理によれば、他のノードへの影響を小さくすることを優先して、ポーズ対象が 1 つ決定される。図 1～5 を参照して説明したように、ポーズ要求フレームの送信は、他のノードをビジー状態に陥れるおそれがある。そして、バッファ使用中 GD テーブル 126 の「バッファカウンタ」の値が大きいほど、ポーズ要求フレームが他のノードに与える影響が大きく、他のノードがビジー状態に陥る蓋然性も高い。そこで、図 31 の処理では、他のノードへの影響を小さくするために上記のような各ステップの処理が行われる。
- [0529] すなわち、ポーズ制御部 112 が履歴を考慮しない場合は、「バッファカウンタ」が最小の GD がポーズ対象として選ばれる（ステップ S 1402 と S 1404 を参照）。

また、ポーズ制御部 112 が履歴を考慮する場合は、ポーズ対象として選択しない方が好ましい G D がポーズ対象の候補から除外される（ステップ S 1405 と S 1406 を参照）。そして、その他の G D のうちで「バッファカウンタ」が最小の G D が、ポーズ対象として選ばれる（なぜなら、ステップ S 1401 でバッファ使用中 G D テーブル 126 が昇順にソートされており、1 番目のエントリから順に注目されるので）。

[0530] なお、上記の「ポーズ対象として選択しない方が好ましい G D」について補足すると、次のとおりである。

ポーズ履歴テーブル 127 に、G D_i と P T_i を含むエントリがあり、かつ、同じ G D_i を含むエントリがバッファ使用中 G D テーブル 126 にあるということは、次のことを意味する。

[0531] ・ G D_i を指定したポーズ要求フレームが時刻 P T_i に送信された。なお、時刻 P T_i は、比較的最近の時刻である（なぜなら、G D_i と P T_i を含むエントリがエージングされずに残っているのだ）。

[0532] ・それにもかかわらず、G D_i 宛のフレームの L D として、通信装置 100 を選択する隣接ノードが存在する。そのせいで、同じ G D_i を含むエントリが、通信装置 100 のバッファ使用中 G D テーブル 126 に存在している。

[0533] ・つまり、上記隣接ノードは、時刻 P T_i に送信されたポーズ要求フレームの受信を契機として、G D_i 宛のフレームの L D として通信装置 100 以外のノードを選択するように、経路選択の方針を変えたはずである。しかし、時刻 P T_i より後に通信装置 100 が送信したポーズ解除フレームの受信後は、上記隣接ノードは、再び G D_i 宛のフレームの L D として通信装置 100 を選ぶようになった。

[0534] ・換言すれば、上記隣接ノードにとっては、G D_i 宛のフレームの L D として通信装置 100 が最適である。あるいは、上記隣接ノードにとっては、G D_i 宛のフレームの L D として選択可能なのは、通信装置 100 のみである。

[0535] ・よって、G D_i を指定したポーズ要求フレームを通信装置 100 が送信することは、上記隣接ノードにとっては明らかに不適切な経路選択を上記隣接

ノードに対して強いことを意味する。したがって、上記隣接ノードへの影響を考慮すると、GD_iは、ポーズ対象として選択しない方が好ましいGDである。

[0536] つまり、ポーズ履歴テーブル127は、ポーズ対象として選択しない方が好ましいGDの記録のために使われる。そして、図31の処理によれば、ポーズ対象として選択しない方が好ましいGD以外のGDのうちで「バッファカウンタ」が最小のGDが、ポーズ対象として選ばれる。なお、すべてのGDが、ポーズ対象として選択しない方が好ましいGDである場合は、「バッファカウンタ」が最小のGDが、ステップS1409でポーズ対象として選ばれる。

[0537] 図32は、ポーズ対象GD決定処理の第2の例のフローチャートである。図32の処理は、他のノードへの影響が大きくなりすぎない範囲で、できるだけ通信装置100の負荷を減らそうとする処理である。また、図32の処理では複数のGDがポーズ対象として決定されることがあるので、図32の処理が行われる場合、図13のポーズ制御情報440bの形式のポーズ制御情報440を含むポーズフレーム430が使われる。

[0538] ステップS1501でポーズ制御部112は、図32の処理を行うための内部データである「合計値」を0に初期化する。

また、ステップS1502でポーズ制御部112は、基準値を取得する。基準値は、予め固定的に決められて、通信装置100内の不揮発性記憶装置に記憶された値でもよい。固定的に決められる基準値は、他のノードへの影響が大きすぎないように（換言すれば、他のノードをビジー状態に陥れる蓋然性が低くなるように）、例えば予備実験やシミュレーションに基づいて決められることが好ましい。

[0539] あるいは、基準値は、ポーズ制御部112が動的に計算することで取得する値でもよい。例えば、ポーズ制御部112は、ビジー検出部113から通知された、ビジー状況を表す値と、通信装置100がビジー状態か否かの判断に使われる閾値との差を計算し、計算した差を基準値として取得してもよ

い。あるいは、ポーズ制御部 112 は、計算した差に、所定のマージンを加えた値を、基準値として取得してもよい。

[0540] そして、ステップ S 1503 でポーズ制御部 112 は、「バッファカウンタ」の昇順にバッファ使用中 GD テーブル 126 のエントリをソートする。

次のステップ S 1504 でポーズ制御部 112 は、バッファ使用中 GD テーブル 126 の 1 番目のエントリの GD を選択する。すなわち、ポーズ制御部 112 は、「バッファカウンタ」の値が最小の GD を選択する。

[0541] ステップ S 1505 でポーズ制御部 112 は、今回のポーズ対象を決定する際に、ポーズ制御部 112 が今までポーズ対象としてどの GD を選んできたのかという履歴を考慮するか否かを判断する。ステップ S 1505 の判断は、図 31 のステップ S 1403 の判断と同様である。そして、今回のポーズ対象を決定する際に履歴を考慮する場合、処理はステップ S 1513 に移行し、履歴を考慮しない場合、処理はステップ S 1506 に移行する。

[0542] ステップ S 1506 でポーズ制御部 112 は、ステップ S 1504 または後述のステップ S 1510 で選択した GD をポーズ対象に決定する。

そして、ステップ S 1507 でポーズ制御部 112 は、ステップ S 1504 または後述のステップ S 1510 で選択した GD（すなわちポーズ対象に決定した GD）の「バッファカウンタ」を、合計値に足す。そして、ポーズ制御部 112 は、加算結果を新たな合計値として記憶する。

[0543] 続いて、ステップ S 1508 でポーズ制御部 112 は、合計値が基準値以上か否かを判断する。合計値が基準値以上のとき、図 32 のポーズ対象 GD 決定処理は終了する。合計値が基準値未満のとき、さらにポーズ対象の GD を選ぶため、処理はステップ S 1509 に移行する。

[0544] そして、ステップ S 1509 でポーズ制御部 112 は、現在選択中の GD（つまりステップ S 1504 または後述のステップ S 1510 で選択した GD）が、バッファ使用中 GD テーブル 126 の最後のエントリの GD であるか否かを判断する。そして、現在選択中の GD が最後のエントリの GD のとき、処理はステップ S 1511 に移行する。他方、現在選択中の GD が最後

以外のエントリのGDのとき、処理はステップS 1 5 1 0に移行する。

[0545] そして、ステップS 1 5 1 0でポーズ制御部 1 1 2は、バッファ使用中GDテーブル 1 2 6において、現在選択中のGDを含むエントリの次のエントリのGDを、選択する。そして、処理はステップS 1 5 0 5に戻る。

[0546] また、ステップS 1 5 1 1でポーズ制御部 1 1 2は、今までにステップS 1 5 0 6でポーズ対象に決定したGDが1つ以上あるか否かを判断する。ポーズ対象に決定されたGDが存在する場合、図 3 2の処理は終了する。ポーズ対象に決定されたGDが存在しない場合、処理はステップS 1 5 1 2に移行する。

[0547] そして、ステップS 1 5 1 2でポーズ制御部 1 1 2は、ステップS 1 5 0 3でソートされたバッファ使用中GDテーブル 1 2 6の1番目のエントリのGDをポーズ対象に決定する。そして、ポーズ対象GD決定処理は終了する。

[0548] また、ポーズ制御部 1 1 2が履歴を考慮する場合、ステップS 1 5 1 3でポーズ制御部 1 1 2は、ステップS 1 5 0 4またはステップS 1 5 1 0で選択したGDを検索キーにして、ポーズ履歴テーブル 1 2 7を検索する。

[0549] そして、ステップS 1 5 1 4でポーズ制御部 1 1 2は、ステップS 1 5 1 3の検索の結果、エントリが見つかったか否かを判断する。エントリが見つからなかった場合、処理はステップS 1 5 0 6に移行し、エントリが見つかった場合、処理はステップS 1 5 0 9に移行する。

[0550] 以上の図 3 2のポーズ対象GD決定処理では、他のノードへの影響が大きすぎない範囲を規定する基準値が使われる。そして、他のノードへの影響が大きくなりすぎない範囲で、できるだけ多くのGDがポーズ対象として決定され、できるだけ通信装置 1 0 0の負荷軽減が図られる。

[0551] すなわち、ポーズ制御部 1 1 2が履歴を考慮しない場合は、「バッファカウンタ」の合計値がはじめて基準値以上になるまで、「バッファカウンタ」の小さいGDから順に、1つ以上のGDが、ポーズ対象として選ばれる。

[0552] また、ポーズ制御部 1 1 2が履歴を考慮する場合は、ポーズ対象として選

択しない方が好ましいG Dがポーズ対象の候補から除外され、その他のG Dの中からポーズ対象が選ばれる。具体的には、「バッファカウンタ」の合計値がはじめて基準値以上になるまで、「バッファカウンタ」の小さいG Dから順に、候補から除外されていない1つ以上のG Dが、ポーズ対象として選ばれる。

[0553] なお、すべてのG Dが、ポーズ対象として選択しない方が好ましいG Dである場合は、「バッファカウンタ」が最小のG Dが、ステップS 1 5 1 2でポーズ対象として選ばれる。ステップS 1 5 1 2は、「バッファカウンタ」が基準値に最も近いG D、あるいは「バッファカウンタ」が基準値以下のG Dのうちで「バッファカウンタ」が最大のG Dを選ぶ処理に置き換えられてもよい。

[0554] また、図3 2では、ステップS 1 5 0 6～S 1 5 0 8に示すように、合計値がはじめて基準値以上になった時点で、ポーズ制御部1 1 2は、新たなG Dをポーズ対象に追加しないように振る舞う。よって、合計値が基準値を超えることもある。しかし、実施形態によっては、ポーズ制御部1 1 2は、合計値が基準値を超えないという制約条件下でポーズ対象のG Dを決定してもよい。

[0555] 図3 3は、ポーズ対象G D決定処理の第3の例のフローチャートである。図3 3の処理は、他のノードへの影響が大きくなりすぎない範囲で、できるだけ通信装置1 0 0の負荷を減らそうとする点で、図3 2の処理に似ている。しかし、図3 2の処理では、「バッファカウンタ」の値の小さい複数のG Dがポーズ対象として選ばれることがあるのに対し、図3 3の処理では、ポーズ対象として選択するG Dの数を1つに限定するために、2つの閾値が使われる。

[0556] 多数のG Dがポーズ要求フレームに指定されると、多数のG Dに関してそれぞれ隣接ノードが経路選択の方針を変更する（つまりルーティングテーブル1 2 1を書き換える）ことになる。よって、環境（例えば、ネットワークポロジや、どの経路をどれ程のフレームが送信されるか）によっては、ネ

ットワーク全体でフレームのルーティング経路が不安定になるおそれがある。あるいは、多くのノードで、経路切り替えのための処理にMP Uなどの資源が使われ、ノードの処理負荷が高まるかもしれない。

[0557] よって、図 3 3 の処理では、ポーズ対象として選択する G D の数が 1 つに限定される。具体的には、図 3 3 の処理は、第 1 閾値と第 2 閾値を用いて、以下のようにして行われる。なお、第 1 閾値は第 2 閾値未満である。

[0558] ステップ S 1 6 0 1 でポーズ制御部 1 1 2 は、「バッファカウンタ」の降順にバッファ使用中 G D テーブル 1 2 6 のエントリをソートする。

次のステップ S 1 6 0 2 でポーズ制御部 1 1 2 は、バッファ使用中 G D テーブル 1 2 6 において、「バッファカウンタ」の値が第 2 閾値以下となる最初のエントリを調べる。

[0559] そして、ステップ S 1 6 0 3 でポーズ制御部 1 1 2 は、ステップ S 1 6 0 2 においてエントリが見つかったか否かを判断する。エントリが見つからなかった場合、処理はステップ S 1 6 0 4 に移行する。逆に、エントリが見つかった場合、処理はステップ S 1 6 0 5 に移行する。

[0560] なお、第 2 閾値は、例えば固定的に定められた値である。第 2 閾値は、他のノードへの影響が大きすぎないように（換言すれば、ポーズ要求フレームを契機として他のノードをビジー状態に陥れる蓋然性が低くなるように）、例えば予備実験やシミュレーションに基づいて決められることが好ましい。また、第 2 閾値は、他のノードへの影響が大きすぎない範囲で、できるだけ大きな値であることが好ましい。

[0561] ステップ S 1 6 0 4 でポーズ制御部 1 1 2 は、バッファ使用中 G D テーブル 1 2 6 の最後のエントリの G D をポーズ対象に決定する。すなわち、バッファ使用中 G D テーブル 1 2 6 のすべてのエントリの「バッファカウンタ」の値が第 2 閾値を超えている場合、「バッファカウンタ」の値が最小の G D がポーズ対象として決定される。決定後、ポーズ対象 G D 決定処理は終了する。

[0562] また、ステップ S 1 6 0 5 でポーズ制御部 1 1 2 は、ステップ S 1 6 0 1

でのソート後のバッファ使用中GDテーブル126の最初のエントリの「バッファカウンタ」の値が、第1閾値以上であるか否かを判断する。第1閾値は、通信装置100がビジー状態から回復するために減らすことが望ましい負荷の量を示す。

[0563] なお、例えば、図25の処理が行われる間隔がX秒であるとして、「X秒の間にバッファ使用総量カウンタ114の値がY以上増えることはない」ということが、回線速度や隣接ノードの数などから判明しているか、あるいは実験的に判明していることもある。その場合、第1閾値は、固定的に上記の値Yに定められていてもよい。

[0564] あるいは、第1閾値は、ポーズ制御部112が動的に計算することで取得する値でもよい。例えば、ポーズ制御部112は、ビジー検出部113から通知された、ビジー状況を表す値と、通信装置100がビジー状態か否かの判断に使われる閾値との差を計算し、計算した差を第1閾値として用いてもよい。または、ポーズ制御部112は、計算した差に、所定のマージンを加えた値を、第1閾値として用いてもよい。

[0565] そして、最初のエントリの「バッファカウンタ」の値が、第1閾値未満の場合、処理はステップS1606に移行する。逆に、最初のエントリの「バッファカウンタ」の値が、第1閾値以上の場合、処理はステップS1607に移行する。

[0566] ステップS1606でポーズ制御部112は、バッファ使用中GDテーブル126の最初のエントリのGDをポーズ対象に決定する。すなわち、バッファ使用中GDテーブル126のすべてのエントリの「バッファカウンタ」の値が第1閾値未満の場合、「バッファカウンタ」の値が最大のGDがポーズ対象として決定される。決定後、ポーズ対象GD決定処理は終了する。

[0567] そして、「バッファカウンタ」の値が第1閾値以上かつ第2閾値以下のエントリがバッファ使用中GDテーブル126に存在する場合に、ステップS1607以下の処理が行われる。具体的に、ステップS1607でポーズ制御部112は、バッファ使用中GDテーブル126において、「バッファカ

ウンタ」の値が第2閾値以下となる最初のエントリのGDを選択する。

[0568] 続いて、ステップS 1 6 0 8でポーズ制御部 1 1 2は、今回のポーズ対象を決定する際に、ポーズ制御部 1 1 2が今までポーズ対象としてどのGDを選んできたのかという履歴を考慮するか否かを判断する。ステップS 1 6 0 8の判断は、図 3 1のステップS 1 4 0 3の判断と同様である。そして、今回のポーズ対象を決定する際に履歴を考慮する場合、処理はステップS 1 6 1 0に移行し、履歴を考慮しない場合、処理はステップS 1 6 0 9に移行する。

[0569] ステップS 1 6 0 9でポーズ制御部 1 1 2は、ステップS 1 6 0 7または後述のステップS 1 6 1 3で選択したGDをポーズ対象に決定する。そして、ポーズ対象GD決定処理は終了する。

[0570] 他方、ステップS 1 6 1 0では、ポーズ制御部 1 1 2は、ステップS 1 6 0 7または後述のステップS 1 6 1 3で選択したGDを検索キーにして、ポーズ履歴テーブル 1 2 7を検索する。

[0571] そして、ステップS 1 6 1 1でポーズ制御部 1 1 2は、ステップS 1 6 1 0の検索の結果、エントリが見つかったか否かを判断する。エントリが見つからなかった場合、処理はステップS 1 6 0 9に移行し、エントリが見つかった場合、処理はステップS 1 6 1 2に移行する。

[0572] ステップS 1 6 1 2でポーズ制御部 1 1 2は、現在選択中のGD（つまりステップS 1 6 0 7または後述のステップS 1 6 1 3で選択したGD）が、バッファ使用中GDテーブル 1 2 6の、見つけた範囲内で最後のエントリのGDか否かを判断する。なお、ここで、「見つけた範囲」とは、「バッファカウンタ」の値が第1閾値以上第2閾値以下である範囲のことである。現在選択中のGDが、見つけた範囲内で最後のエントリのGDである場合、処理はステップS 1 6 1 4に移行する。他方、現在選択中のGDが見つけた範囲内で最後ではないエントリのGDのとき、処理はステップS 1 6 1 3に移行する。

[0573] そして、ステップS 1 6 1 3でポーズ制御部 1 1 2は、バッファ使用中G

Dテーブル126において、現在選択中のGDを含むエントリの次のエントリのGDを、選択する。そして、処理はステップS1610に戻る。

[0574] また、ステップS1614でポーズ制御部112は、バッファ使用中GDテーブル126において、「バッファカウンタ」の値が第2閾値以下となる最初のエントリのGDをポーズ対象に決定する。

[0575] 以上の図33のポーズ対象GD決定処理では、通信装置100自身のビジー状態を解消するのに有効なレベルを示す第1閾値と、他のノードへ悪影響を与えにくいレベルの上限を示す第2閾値が使われる。そして、「バッファカウンタ」の値が、第1閾値以上第2閾値以下という特定範囲内のGDがもしあれば、「バッファカウンタ」の値が特定範囲内のGDがポーズ対象に決定される。逆に、「バッファカウンタ」の値が特定範囲外のGDしかなければ、「バッファカウンタ」の値が特定範囲に最も近いGDがポーズ対象に決定される。

[0576] また、「バッファカウンタ」の値が特定範囲内のGDがある場合において、履歴が考慮されないのであれば、「バッファカウンタ」の値が第2閾値に最も近いGDがポーズ対象に決定される。逆に、履歴が考慮される場合は、ポーズ対象として選択しない方が好ましいGDがポーズ対象の候補から除外され、その他のGDの中から、「バッファカウンタ」の値が特定範囲内という制約条件下で「バッファカウンタ」の値が最大のGDがポーズ対象として決定される。なお、「バッファカウンタ」の値が特定範囲内のすべてのGDが、ポーズ対象として選択しない方が好ましいGDである場合、「バッファカウンタ」の値が特定範囲内という制約条件下で「バッファカウンタ」の値が最大のGDがポーズ対象として決定される。

[0577] 図34は、ポーズ対象GD決定処理の第4の例のフローチャートである。この第4の例は、第1～第3の例（および、ポーズ対象GD決定処理に関するその他の不図示の様々な変形例）を一般化して表したものである。

[0578] ステップS1701でポーズ制御部112は、バッファ使用中GDテーブル126に記録されており、かつ、まだポーズ制御部112がポーズ対象と

して選択していないGDの中から、所定の基準を満たすGDを探す。なお、上記「所定の基準」は、例えば、1つまたは2つの閾値で規定される範囲内に「バッファカウンタ」の値が含まれるという基準でもよく、具体的には、以下のような基準でもよい。

- ・「バッファカウンタ」の値が、ある閾値以上である。
- ・「バッファカウンタ」の値が、ある閾値以下である。
- ・「バッファカウンタ」の値が、2つの閾値ではさまれた範囲内である。
- ・「バッファカウンタ」の値は、既にポーズ対象として決定したGDの「バッファカウンタ」の値の合計値との和が、ある閾値以下となるような値である。

あるいは、上記「所定の基準」は、「バッファカウンタ」の値が任意でよい、ということを示す基準でもよい。

[0579] そして、次のステップS 1 7 0 2でポーズ制御部 1 1 2は、ステップS 1 7 0 1でGDが1つ以上見つかったか否かを判断する。ステップS 1 7 0 1でGDが1つ以上見つかった場合、処理はステップS 1 7 0 3に移行する。逆に、GDが1つも見つからなかった場合、処理はステップS 1 7 0 9に移行する。

[0580] ステップS 1 7 0 3でポーズ制御部 1 1 2は、ステップS 1 7 0 1での探索の結果見つかった1つ以上のGDの中で、基準に照らして最適な1つのGDを選ぶ。例えば、図3 1と図3 2の例では、基準に照らして最適なGDとは、見つかった1つ以上のGDの中で、「バッファカウンタ」の値が最小のGDである。また、図3 3の例では、基準に照らして最適なGDとは、見つかった1つ以上のGDの中で、「バッファカウンタ」の値が最大のGDである。実施形態によっては、見つかった1つ以上のGDの中での「バッファカウンタ」の値の分布に応じて、その他のGDが最適なGDとして選ばれてもよい。

[0581] そして、ステップS 1 7 0 4でポーズ制御部 1 1 2は、今回のポーズ対象を決定する際に、ポーズ制御部 1 1 2が今までポーズ対象としてどのGDを

選んできたのかという履歴を考慮するか否かを判断する。ステップS 1 7 0 4の判断は、図31のステップS 1 4 0 3の判断と同様である。そして、今回のポーズ対象を決定する際に履歴を考慮する場合、処理はステップS 1 7 0 7に移行し、履歴を考慮しない場合、処理はステップS 1 7 0 5に移行する。

[0582] ステップS 1 7 0 5でポーズ制御部112は、ステップS 1 7 0 3で選択したGDをポーズ対象に決定する。

そして、次のステップS 1 7 0 6でポーズ制御部112は、終了条件が満たされているか否かを判断する。終了条件は、例えば以下のような条件であってもよいし、以下のような条件を2つ以上、選言的あるいは連言的に組み合わせた条件でもよい。

- ・所定個数（例えば1個でもよい）のGDがポーズ対象として決定されている。

- ・ポーズ対象として決定したGDの「バッファカウンタ」の値の合計値が、基準値以上である。

- ・バッファ使用中GDテーブル126に記録されているGDがもうない。

[0583] そして、終了条件が満たされるとき、ポーズ対象GD決定処理は終了する。逆に、終了条件が満たされないうとき、処理はステップS 1 7 0 1に戻る。

また、今回のポーズ対象を決定する際に履歴を考慮する場合、ステップS 1 7 0 7でポーズ制御部112は、ステップS 1 7 0 3で選んだGDが除外対象か否かを判断する。すなわち、図31のステップS 1 4 0 5～S 1 4 0 6と同様に、ポーズ制御部112は、ポーズ履歴テーブル127を検索することで、ステップS 1 7 0 3で選んだGDが、ポーズ対象として選択しない方が好ましいGD（すなわち除外対象）か否かを判断する。

[0584] ステップS 1 7 0 3で選んだGDが除外対象のとき、処理はステップS 1 7 0 8に移行し、ステップS 1 7 0 3で選んだGDが除外対象ではないとき、処理はステップS 1 7 0 5に移行する。

[0585] そして、ステップS 1 7 0 8でポーズ制御部112は、次候補のGDがあ

るか否かを判断する。つまり、バッファ使用中GDテーブル126に記録されているGDのうち、ステップS1701の所定の基準を満たすGDで、まだポーズ対象として選ばれていないGDが残っているか否かを判断する。ステップS1701の所定の基準を満たし、かつ、まだポーズ対象として選ばれていないGDが残っていれば、処理はステップS1701に戻る。逆に、ステップS1701の所定の基準を満たし、かつ、まだポーズ対象として選ばれていないGDがもうなければ、処理はステップS1709に移行する。

[0586] ステップS1709でポーズ制御部112は、1つ以上のGDが既にステップS1705でポーズ対象として決定済みか否かを判断する。そして、1つ以上のGDがポーズ対象として決定済みならば、ポーズ対象GD決定処理は終了する。逆に、ポーズ対象として決定済みのGDが1つもない場合は、処理はステップS1710に移行する。

[0587] ステップS1710でポーズ制御部112は、バッファ使用中GDテーブル126に登録されているGDのうち、基準に照らして最適な1つのGDを、ポーズ対象に決定する。そして、ポーズ対象GD決定処理は終了する。

[0588] なお、ステップS1710が実行されるのは、以下の2つのいずれかの場合である。

- ・ステップS1701における「所定の基準」を満たすGDが存在しない場合

- ・履歴を考慮する場合において、ステップS1701における「所定の基準」を満たすGDはすべてステップS1707の除外対象である場合

また、ステップS1710の具体例は、図31のステップS1409、図32のステップS1512、図33のステップS1604、S1606、S1614である。ステップS1710での決定後、ポーズ対象GD決定処理は終了する。

[0589] さて、図35は、ルーティングテーブルカウンタ処理のフローチャートである。図35の処理は、タイマ109から定期的に出力されるトリガ（例えば割り込み信号）にしたがい、定期的にテーブル制御部106により行われ

る。なお、実施形態によっては、タイマ１０９からの出力にしたがい、ポーズ制御部１１２が図３５の処理を行ってもよい。

[0590] ステップＳ１８０１でテーブル制御部１０６は、ルーティングテーブル１２１の１番目のエントリに着目する。そして、処理はステップＳ１８０２に移行する。

ステップＳ１８０２でテーブル制御部１０６は、ステップＳ１８０１または後述のステップＳ１８１０で着目したエントリ（以下「着目エントリ」という）の１番目のポートに着目する。そして、処理はステップＳ１８０３に移行する。

[0591] ステップＳ１８０３でテーブル制御部１０６は、着目エントリにおいて、ステップＳ１８０２または後述のステップＳ１８０８で着目したポート（以下「着目ポート」という）のカウンタの値が０であるか否かを判断する。カウンタの値が０の場合、処理はステップＳ１８０７に移行する。カウンタの値が０でない場合（すなわちカウンタの値が正の場合）、処理はステップＳ１８０４に移行する。

[0592] ステップＳ１８０４でテーブル制御部１０６は、着目エントリの着目ポートのカウンタをカウントダウンする。

そして次のステップＳ１８０５でテーブル制御部１０６は、着目エントリの着目ポートのカウンタの値が０であるか否かを再度判断する。カウンタの値が０の場合、処理はステップＳ１８０６に移行する。カウンタの値が０でない場合、処理はステップＳ１８０７に移行する。

[0593] ステップＳ１８０６が実行されるのは、ステップＳ１８０４でのカウントダウンの結果として着目エントリの着目ポートのカウンタの値が０になった場合である。よって、ステップＳ１８０６でテーブル制御部１０６は、着目エントリの着目ポートのポート状態を、「Ｐ」状態から通常状態（すなわち「Ｅ」状態）に変更する。そして、処理はステップＳ１８０７に移行する。

[0594] ステップＳ１８０７でテーブル制御部１０６は、まだ着目していない次のポートが着目エントリの中にあるか否かを判断する。そして、次のポートが

あれば処理はステップS 1 8 0 8に移行する。逆に、着目エントリにおいてすべてのポートに着目済みであれば、処理はステップS 1 8 0 9に移行する。

[0595] ステップS 1 8 0 8でテーブル制御部 1 0 6は、着目エントリにおいてまだ着目していない次のポートに着目する。そして、処理はステップS 1 8 0 3に戻る。

また、ステップS 1 8 0 9でテーブル制御部 1 0 6は、まだ着目していない次のエントリがルーティングテーブル 1 2 1にあるか否かを判断する。そして、次のエントリがあれば処理はステップS 1 8 1 0に移行する。逆に、ルーティングテーブル 1 2 1のすべてのエントリに着目済みであれば、図 3 7の処理も終了する。

[0596] また、ステップS 1 8 1 0でテーブル制御部 1 0 6は、ルーティングテーブル 1 2 1においてまだ着目していない次のエントリに着目する。そして、処理はステップS 1 8 0 2に戻る。

[0597] 以上説明した第 1 実施形態には、図 1 ～ 5 を参照して説明したような、輻輳を防ぎつつ、データの無駄な破棄をなくし、ネットワーク全体の負荷を平均化する効果がある。

また、第 1 実施形態には、ルーティングに関する以下のような利点もある。すなわち、第 1 実施形態によれば、各通信装置 1 0 0 は、ループ検出テーブル 1 2 2 を利用することで、何ら算術演算を行うことなしに、しかも自己完結的にループを検出し、ループが発生する経路に対応する送信先ポートを学習することができる。なおここで「自己完結的」というのは、他の通信装置との間でネットワークトポロジに関する情報をやりとりしていないことを指している。

[0598] このように、各通信装置 1 0 0 は自己完結的に振る舞っているにもかかわらず、バックトラックにより、有線アドホックネットワーク全体では、図 1 2 のような、分散協調による深さ優先探索が実現される。そして、深さ優先探索の結果として新たな経路が発見され、その新たな経路に切り換わるまで

の時間が、第 1 実施形態では、上記のように 1 秒よりも遥かに短い。

[0599] このように障害発生時にも短い時間で経路が切り換わるため、第 1 実施形態による有線アドホックネットワークは、ミッションクリティカルなネットワークシステムにも好適に適用することができる。例えば、1 秒間に数回～数十回程度の頻度でデータを出力するセンサを利用したセンサネットワークに第 1 実施形態を適用する場合、1 秒よりも遥かに短い時間で経路の切り替えが完了するため、障害発生時のデータ消失の蓋然性は低い。

[0600] また、第 1 実施形態の利点は他にもある。具体的には、第 1 実施形態によれば、ネットワーク管理者が有線アドホックネットワークのトポロジを事前に設計したり、通信装置 100 にパラメタなどを設定したりする必要がない、という点である。

[0601] 設計や設定にかかる手間は、ネットワークに含まれる通信装置の数が増えるにつれて深刻化する。よって、例えばセンサネットワークなどの、ネットワーク内に多数の通信装置が含まれる応用分野では、「設計や設定をせずにすぐに使える」という特徴は、非常に好ましい特徴である。

[0602] そして、第 1 実施形態によれば、新たな経路が選択されるまでのコンバージェンス（収束）に、1 秒よりも遥かに短い時間（例えば数 μ s）しかかからない。換言すれば、第 1 実施形態では、実用上問題のない範囲に収束時間を抑えるために事前にネットワーク設計を行うという必要性が、ないのである。このように、第 1 実施形態によれば、煩雑な設計・設定作業を行わずとも、適切なパフォーマンスと冗長化が実現される。

[0603] さらに第 1 実施形態には、ネットワーク資源を十分に利用することが可能であるという利点もある。すなわち、有線アドホックネットワーク内のリンクは、平常時用と障害発生時用で区別されて冗長化されているわけではないので、第 1 実施形態によれば、ネットワーク資源を休眠させることなく、十分に利用することが可能である。

[0604] 続いて、第 2 実施形態について説明する。第 1 実施形態では、通信装置 100 装置間のリンクが有線リンクであるが、第 2 実施形態では、通信装置間

のリンクは無線リンクである。すなわち、第2実施形態では、通信装置同士は、無線通信を行う。

[0605] 通信装置が無線通信を行う場合にも、第1実施形態と同様に、通信装置は、送信経路の制御とポーズ制御の双方をGDごとに行うことで、図1～5とともに説明したように、輻輳を回避しつつデータの中継も継続することが可能となる。

[0606] 以下、第2実施形態に関して、第1実施形態との相違を中心に説明する。無線通信を行う通信装置は、自ノードIDを含む「ハローフレーム」と呼ばれる制御フレームを送信する。すると、ハローフレームを受信した他の通信装置は、ハローフレームに含まれるノードIDを有する通信装置を、隣接する通信装置であると認識する。

[0607] 例えば、図1～5に示した動作は、第2実施形態でも同様であり、ネットワーク1は無線通信ネットワークでもよい。その場合、例えば、ノード3がハローフレームを送信し、ノード2がハローフレームを受信し、ノード2は「ノード2にはノード3が隣接している」と認識する。同様にして、例えばノード3は、ノード2と4からそれぞれハローフレームを受信することで、「ノード3にはノード2と4が隣接している」と認識する。

[0608] あるノードに隣接するノードは、無線ネットワークでは動的に変化する。よって、第2実施形態の通信装置は、隣接ノードとして認識した他の通信装置のノードIDを含むエントリを不図示の隣接ノード管理テーブルに記録し、隣接ノード管理テーブルのエントリに対して、エージング処理を行う。

[0609] また、第1実施形態では通信装置100同士が有線リンクで接続されているのでポートと隣接ノードは1対1に対応する。しかし、第2実施形態では、そのような対応関係がない。そのため、第2実施形態では、図7のルーティングテーブル121の代わりに、例えば図36のようなルーティングテーブル121bが使われる。図36は、第2実施形態でのルーティングテーブルの例を示す図である。

[0610] ルーティングテーブル121bは、「宛先」と「ポーズGD」のフィールド

ドを有する。また、無線ネットワークにおいては、隣接ノードの数が可変なので、ルーティングテーブル 121b は、1つの「宛先」に対して任意の個数のエントリを有する。そして、各エントリは、以下の項目を有する。

- ・ エージング処理用の「最終更新時刻」
- ・ 隣接ノードのノードIDである「LD」
- ・ 「宛先」に示されるノードをGDとするフレームのルーティング先として、「LD」に示される隣接ノードはどの程度好ましいのかを示す「重み」
- ・ 「LD」に示される隣接ノードからポーズ要求フレームを受信したか否かを示す「ポーズ要求受付フラグ」
- ・ 「LD」に示される隣接ノードからポーズ要求フレームを受信した場合に、ポーズ要求フレームで指定されたカウンタの値に設定され、その後カウントダウンされる「カウンタ」

[0611] 例えば、ある通信装置が、「隣接ノードは、ノードA、B、Cの3つである」と認識しているとする。また、ルーティングテーブル 121b には、例えば、「宛先」としてノードXが記録されているとする。図36の例では、この場合、次のような情報がルーティングテーブル 121b に含まれる。

[0612] ポーズGD・PGD_xの値は、ルーティングテーブル 121b を有する通信装置自身が、ノードXをGD442として指定するポーズ要求フレームを送信した場合、「選択中」である。また、通信装置が、ポーズ要求フレームの送信後に、ノードXを明示的または暗黙的に指定するポーズ解除フレームを送信した場合、ポーズGD・PGD_xの値は、「非選択」である。すなわち、ポーズGD・PGD_xは、第1実施形態におけるルーティングテーブル 121のポーズGDと同様である。

[0613] ノードXに対応する3つのエントリのうち、1つ目のエントリは隣接ノードAに対応し、2つ目のエントリは隣接ノードBに対応し、3つ目のエントリは隣接ノードCに対応する。

[0614] 例えば、1つ目のエントリの最終更新時刻TW_{x, A}は、1つ目のエントリの最終更新時刻を示し、エージング処理に使われる。また、この1つ目のエン

トリのLDは、ノードAのノードIDすなわち「A」である。

[0615] また、1つ目のエントリの重み $W_{X,A}$ は、ノードXをGD411として含むデータフレームのLDとしてノードAを指定することがどれほど好適であるかを示す。例えば、重み $W_{X,A}$ は0以上1以下の値であり、初期値が0.5でもよい。そして、「重み $W_{X,A}$ の値が小さいほど、ノードXをGD411として含むデータフレームのLDとしてノードAを指定することが好ましい」としてもよい。

[0616] そして、1つ目のエントリのポーズ要求受付フラグ $PR_{X,A}$ は、ノードAからポーズ要求フレームを受信したときに1、ノードAからポーズ要求フレームを受信していないとき（およびノードAからポーズ解除フレームを受信したとき）に0でもよい。

[0617] また、1つ目のエントリのカウンタ $CT_{X,A}$ は、ノードAからポーズ要求フレームを受信したときに、ポーズ要求フレームに設定されているカウンタ443の値に設定され、その後カウントダウンされる。すなわち、カウンタ $CT_{X,A}$ は、第1実施形態におけるルーティングテーブル121のカウンタと同様である。

[0618] 第1実施形態におけるルーティングテーブル121の「ポート状態」は、ルーティングテーブル121bにおける「重み」と「ポーズ要求受付フラグ」の組み合わせに対応する。

[0619] ・ポーズ要求受付フラグ $PR_{X,A}$ が1の場合は、第1実施形態における「P」状態に対応する。したがって、第1実施形態で「ポート状態」を「P」状態に設定する処理は、第2実施形態では、「ポーズ要求受付フラグ」を1に設定する処理に置き換えられる。また、第1実施形態で「ポート状態」を「P」状態から「E」状態に戻す処理は、第2実施形態では、「ポーズ要求受付フラグ」を0に設定する処理に置き換えられる。

[0620] ・ポーズ要求受付フラグ $PR_{X,A}$ が0で重み $W_{X,A}$ が1の場合は、第1実施形態における「L」状態に対応する。したがって、第1実施形態で「ポート状態」を「L」状態に設定する処理は、第2実施形態では、「重み」を1に

設定する処理に置き換えられる。

- [0621] ・第2実施形態では、あるノードからのハローフレームが受信されなくなると、そのノードに対応するエントリはエージングによりルーティングテーブル121bから削除される。よって、第1実施形態における「D」状態に対応するのは「エントリが存在しない」という事実である。
- [0622] ・ポーズ要求受付フラグ $PR_{X,A}$ が0の場合は、重み $W_{X,A}$ に応じて、第1実施形態における「U」状態または「E」状態に対応する。例えば、ポーズ要求受付フラグ $PR_{X,A}$ と $PR_{X,B}$ と $PR_{X,C}$ がすべて0で、重み $W_{X,A}$ と $W_{X,B}$ と $W_{X,C}$ はすべて1未満で、これらのうちで重み $W_{X,B}$ が最小だとすると、ノードBが「U」状態に対応し、ノードAとCは「E」状態に対応する。
- [0623] なお、第2実施形態では、アドホックヘッダ410に、さらにLDとLSのフィールドが含まれる。通信装置は、LSのフィールドに自ノードIDを設定し、LDのフィールドに、送信先として選択した隣接ノードのノードIDを設定する。なお、ポーズ要求フレームやポーズ解除フレームに関しては、1ホップの範囲でのブロードキャストを示す特殊なブロードキャストアドレスがLDのフィールドに設定される。
- [0624] そして、無線通信アドホックフレームを受信した場合、第2実施形態の通信装置は、図14のフレーム受信処理において、ステップS102とS103の間で、LDのフィールドを確認し、自ノードIDまたは上記のブロードキャストアドレスが指定されていれば、ステップS103に処理を進める。逆に、LDのフィールドに他のノードのノードIDが指定されていれば、第2実施形態の通信装置は、受信したフレームを破棄し、ステップS107の処理を行い、フレーム受信処理を終了する。
- [0625] また、第2実施形態の通信装置は、ステップS110の前に、受信したデータフレームに対するACKフレームを返信する。なお、ACKフレームのLSには自ノードIDが指定され、ACKフレームのLDにはデータフレームのLSの値がコピーされる。ACKフレームのGD411はダミーの値でよく、GS412とFID414にはそれぞれデータフレームのGS412

と F I D 4 1 4 の値がコピーされる。

[0626] なお、第 2 実施形態の通信装置は、データフレームの送信後、A C K フレームを受信することができたら、ルーティングテーブル 1 2 1 b の「重み」の値を小さくし、A C K フレームを受信することができなかったら「重み」の値を大きくする。

[0627] また、第 1 実施形態では隣接ノードと通信装置 1 0 0 自身のポートが 1 対 1 に対応するので、例えば、図 1 5 のステップ S 2 0 1 では受信ポートが記憶される。しかし、第 2 実施形態では、受信フレームの L S の値が、ポートの代わりに記憶される。他のステップに関しても同様である。

[0628] また、第 2 実施形態では、ループ検出テーブル 1 2 2 の代わりに、次のようなフィールドを含む不図示のループ検出テーブルが使われる。

- ・ループ検出テーブル 1 2 2 と同様の「送信元」と「F I D」
- ・「O L S ポート」の代わりに「O L S ノード I D」。具体的には、「O L S ノード I D」は、「送信元」と「F I D」の組で識別されるフレームを最初に受信したとき、そのフレームの L S のフィールドに設定されていたノード I D である。あるいは、通信装置自身が G S となってデータフレームを送信した場合は、「O L S ノード I D」は、自ノード I D である。

[0629] ・x 個のポートに対応する「ポート状態」の代わりに、1 つの「L D」。この「L D」には、「送信元」と「F I D」の組で識別されるフレーム送信したときに、隣接ノードのうち L D（すなわち送信先）として選択したノードのノード I D が記録される。つまり、この「L D」は、第 1 実施形態のループ検出テーブル 1 2 2 において「ポート状態」が「U」状態のポートがどれか、という情報に対応する。

[0630] 第 2 実施形態では、以上のようなルーティングテーブルとループ検出テーブルとフレームの形式に関する変形に応じて、適宜処理の詳細が変形される。

しかし、いずれの実施形態においても、ルーティングテーブルが、データ（具体的にはフレーム）の最終宛先を識別する最終宛先識別情報（例えば G

DのノードID)に対応づけて、データを送信する送信経路を識別する送信経路識別情報(例えばポートIDまたはLDのノードID)を含む経路制御情報(例えばルーティングテーブルの各エントリ)を記憶する経路制御情報記憶部として使われることに変わりはない。

[0631] そして、ビジー検出部113は、通信装置における資源の使用状況を監視し、使用状況を表す計量値を得る監視部の一例である。

また、通信装置のポーズ制御部112が、最終宛先ごとの資源の使用状況にしたがって、通信装置がデータの転送を休止しようとする最終宛先である第1のポーズ対象通信装置を決定する点も、両実施形態で共通である。そして、ポーズ制御部112が、第1のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの通信装置への送信を休止するよう要求する第1のポーズデータ(例えばポーズ要求フレーム)を生成し、第1のポーズデータを送信するよう送信部111を制御することも、両実施形態で共通である。

[0632] そして、受信部103が、第2のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの送信を休止するよう要求する第2のポーズデータ(例えばポーズ要求フレーム)を受信したとき、どちらの実施形態の通信装置の受信フレーム制御部104も、次のように動作する経路制御情報更新部として機能する。すなわち、経路制御情報更新部としての受信フレーム制御部104は、第2のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの送信経路から、第2のポーズデータを受信した経路を除外するように、第2のポーズ対象通信装置を識別する最終宛先識別情報(例えばGDのノードID)に対応づけられて経路制御情報記憶部(例えばルーティングテーブル)に記憶されている経路制御情報を更新する。

[0633] 具体的には、第2のポーズデータを受信した経路は、第1実施形態では、ポーズ要求フレームを受信したポートにより識別され、第2実施形態では、ポーズ要求フレームのLSフィールドの値により識別される。よって、経路制御情報更新部としての受信フレーム制御部104は、例えば、ポーズ要求フレームを受信したポートに対応する「ポート状態」を「P」状態を設定し

たり、ルーティングテーブル 121b において「LD」の値がポーズ要求フレームのフィールドの値と一致するエントリの「ポーズ要求受付フラグ」を 1 に設定したりする。

[0634] また、どちらの実施形態のポート選択部 108 と送信フレーム制御部 110 も、次のような経路制御部として機能する。すなわち、経路制御部は、経路制御情報記憶部に記憶された経路制御情報にしたがって、送信の対象である送信対象データの送信経路を決定し、決定した送信経路に送信対象データを送信するよう送信部を制御する。

[0635] また、バッファ使用中 GD テーブル 126 と 126a におけるバッファカウンタは、最終宛先ごとの資源の使用状況を表す個別使用状況値の具体例である。

そして、ポーズ履歴テーブル 127 は、ポーズ制御部 112 がどの通信装置を第 1 のポーズ対象通信装置として決定したかを表す履歴情報を記憶する履歴情報記憶部の具体例である。ポーズ制御部 112 は、受信部 103 が受信したデータの最終宛先が、過去に第 1 のポーズ対象通信装置として決定された通信装置であるか否かを、履歴情報を参照して判断する判断部としても機能する。そして、ポーズ制御部 112 は、下記 2 つの条件がともに成立するとき、受信されたデータの最終宛先を新たな第 1 のポーズ対象通信装置として決定することを避ける（例えば図 34 のステップ S1704 と S1705 を参照）。

[0636] ・判断部としてのポーズ制御部 112 が、「受信されたデータの最終宛先が、過去に第 1 のポーズ対象通信装置として決定された通信装置である」と判断した。

・監視部としてのビジー検出部 113 が得る前記計量値が、ポーズ制御部 112 が第 1 のポーズ対象通信装置を決定して第 1 のポーズデータを生成および送信するための条件を満たす。

[0637] ところで、上記のとおり、第 1 実施形態の通信装置と第 2 実施形態の通信装置は類似である。よって、実施形態によっては、無線通信機能と有線通信

機能を兼ね備えた通信装置が使われてもよい。図37はそのような通信装置のハードウェア構成図である。

- [0638] 図37の通信装置100aは、MPU501、x個のPHYチップ502-1~502-x、各PHYチップ502-i ($1 \leq i \leq x$) に接続されたポート503-i、タイマIC (Integrated Circuit) 504、DRAM (Dynamic Random access Memory) 505、フラッシュメモリ506および無線モジュール507を備える。
- [0639] MPU501と各PHYチップ502-iの間を接続する通信インタフェースは、MII/MDIO (Media Independent Interface or Management Data Input/Output) 508である。また、MPU501とタイマIC504は、I²C/PIO (Inter-Integrated Circuit or Parallel Input/Output) バス509を介して接続されている。そして、DRAM505とフラッシュメモリ506と無線モジュール507は、PCI (Peripheral Component Interconnect) バス510を介してMPU501に接続されている。
- [0640] 例えば、受信部103と送信部111を実現するのに、PHYチップ502-1~502-xとポート503-1~503-xが使われてもよいし、無線モジュール507が使われてもよい。第1実施形態の通信装置100は、図37の通信装置100aから無線モジュール507を省略したハードウェア構成でもよい。また、第2実施形態の通信装置は、図37の通信装置100aからPHYチップ502-1~502-xとポート503-1~503-xを省略したハードウェア構成でもよい。
- [0641] テーブル格納部101とバッファ102とバッファ使用総量カウンタ114は、DRAM505により実現されてもよい。また、タイマ109はタイマIC504により実現されてもよい。
- [0642] 受信フレーム制御部104、上位層処理部105、テーブル制御部106、ポート監視部107、ポート選択部108、送信フレーム制御部110、ポーズ制御部112、ビジー検出部113は、MPU501により実現されてもよい。

[0643] なお、本発明は上記の実施形態に限られるものではなく、様々に変形可能である。以下にその例をいくつか述べる。

上記実施形態では、各種データ例をテーブル形式で示したが、実施形態によっては、テーブル形式以外の形式で各種データを通信装置 100 が保持していてもよい。

[0644] また、図 13 のアドホックフレーム 400 の形式は一例である。アドホックヘッダ 410 におけるフィールドの順序や各フィールドの長さは実施形態に応じて任意である。また、タイプ 413 の具体的な値、通信装置 100 が F I D 414 の値を生成する方法、T T L 415 の初期値、F C S 417 の算出アルゴリズムなども、実施形態に応じて任意に定めることができる。

[0645] また、図 11 において、例えばセンサ 204 は、通信装置 100 e の外部に図示されている。しかし、実施形態によっては、センサを通信装置が内蔵してもよい。例えば、図 37 の各ハードウェアに加えて、さらに通信装置が内蔵センサを有してもよい。

[0646] また、図 11 では、センサ 204 が汎用 L A N ポート 135 e を介して通信装置 100 e に接続されているが、センサ 204 と通信装置 100 e との接続インタフェイスは、汎用 L A N ポート 135 e 以外の任意のインタフェイスでもよい。

[0647] また、ルーティングテーブル 121 において「ポート状態」と「ポーズ状態」を別々に持っていてもよい。すなわち、「ポート状態」の値が「E」、「U」、「D」または「L」のみであってもよく、第 2 実施形態の「ポーズ要求受付フラグ」と同様のフラグをポートの個数（x 個）分、ルーティングテーブル 121 の各エントリが含んでいてもよい。

[0648] また、ビジー検出部 113 は、複数の閾値を使って段階的に通信装置 100 のビジー状況を検出してもよい。

また、図 10 のバッファ使用中 G D テーブル 126 と 126 a は、いずれも、ポーズ対象の G D を決定するために G D ごとにバッファ 102 の使用量を記録するためのテーブルである。しかし、実施形態によっては、G D と隣

接ノード（つまりデータフレームのLS）の組み合わせを単位として、バッファ102の使用量が記録されてもよい。そして、通信装置100は、ポーズ要求フレームの送信先として、隣接ノードのうちの一部のノードのみを、ポーズ要求フレームの送信先として選択してもよい。

[0649] 例えば、図2のノード4は、ノード7をGDとするデータフレームのLSである、ノード群12内の隣接ノードにのみ、ノード7を指定したポーズ要求フレームP1を送信してもよい。つまり、図2の例では、ノード4にとってノード3は、ノード7をGDとするデータフレームのLSではないので、ノード4は、ノード3へポーズ要求フレームP1を送信しなくてもよい。

[0650] また、上記実施形態におけるバッファ使用中GDテーブル126と126aの各エントリのバッファカウンタは、ある時刻でのバッファ使用量を示す。しかし、実施形態によっては、ある一定期間の時間帯におけるバッファ使用量を統計的に積み上げた値がバッファ使用中GDテーブル126aの各エントリの「バッファカウンタ i 」（ $1 \leq i \leq M$ ）に記録されてもよい。その場合、上記実施形態の処理は、以下のように3つの点から変形される。

[0651] 第1に、図22のステップS604の減算が省略される。

第2に、テーブル制御部106は、M個のバッファカウンタ $BC_{1i} \sim BC_{Mi}$ のうちのいずれが最新の情報を示すのかを表すポインタを更新するとき、新たなポインタが指すバッファカウンタの列の値を0に初期化する。例えば、テーブル制御部106が、ポインタの示す値を2から3に変える場合、テーブル制御部106は、 $1 \leq i \leq N$ なる各 i について、バッファカウンタ BC_{3i} の値を0に初期化する。よって、ポインタの更新周期ごとに異なる列でバッファ使用量が積算される。

[0652] 第3に、図31～34のいずれかのポーズ対象GD決定処理を行うとき、ポーズ制御部112は、テーブル制御部106のポインタに基づいて、以前の周期のバッファカウンタを使って処理を行う。

[0653] 例えば、 $M=4$ でポインタの値が3のとき、現在の周期のバッファ102の使用状況は、「バッファカウンタ3」に積算中の値で表され、1つ前の周

期のバッファ 102 の使用状況は、「バッファカウンタ 2」の列に記録済みである。よって、この場合、ポーズ制御部 112 は、バッファ使用中 G D テーブル 126 の「バッファカウンタ」の列のデータの代わりに、バッファ使用中 G D テーブル 126 a の「バッファカウンタ 2」の列のデータを使って、図 31 ~ 34 の処理を行ってもよい。あるいは、 $M=4$ でポインタの値が 3 のとき、ポーズ制御部 112 は、2 つ前と 3 つ前の周期のバッファ 102 の使用状況を示す「バッファカウンタ 1」と「バッファカウンタ 4」の列のデータもさらに使って、ポーズ対象の G D を決定してもよい。

[0654] また、ポーズ要求フレームで指定されるカウンタ 443 と、ポーズ解除フレームのどちらか一方があればよい。つまり、ポーズ解除フレームを使わない実施形態も可能である。なぜなら、ポーズ要求フレームを受信した通信装置は、カウンタ 443 により、ポーズ要求が解除されるタイミングを認識することができるからである。逆に、ポーズ要求フレームにはカウンタ 443 がなくてもよい。カウンタ 443 がなくても、ポーズ解除フレームがあれば、ポーズ解除フレームを受信した通信装置は、ポーズ要求が解除されるタイミングを認識することができるからである。

[0655] ただし、カウンタ 443 とポーズ解除フレームの双方を使う実施形態は、好ましい。理由は次のとおりである。ビジー状態が持続する時間の最長の長さがどれくらいかという見込みを、通信装置 100 はカウンタ 443 により隣接ノードに通知することができる。一方で、予想より早くビジー状態から回復できた場合、通信装置 100 はポーズ解除フレームにより、回復を隣接ノードに通知することができる。

[0656] また、図 25 のステップ S808 でポーズ要求フレーム送信処理が行われる場合、ポーズ制御部 112 は、さらに、ルーティングテーブル 121 において現在「ポーズ G D」が「選択中」になっているすべての G D をも、ポーズ対象として選択してもよい。

請求の範囲

[請求項1]

通信装置であって、

データを送信する送信部と、

データを受信する受信部と、

データの最終宛先を識別する最終宛先識別情報に対応づけて、前記データを送信する送信経路を識別する送信経路識別情報を含む経路制御情報を記憶する経路制御情報記憶部と、

前記通信装置における資源の使用状況を監視し、前記使用状況を表す計量値を得る監視部と、

前記計量値が所定の条件を満たすとき、

最終宛先ごとの前記資源の使用状況にしたがって、前記通信装置がデータの転送を休止しようとする最終宛先である第1のポーズ対象通信装置を決定し、

前記第1のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの前記通信装置への送信を休止するよう要求する第1のポーズデータを生成し、

前記第1のポーズデータを送信するよう前記送信部を制御するポーズ制御部と、

前記受信部が、第2のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの送信を休止するよう要求する第2のポーズデータを受信したとき、前記第2のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの送信経路から前記第2のポーズデータを受信した経路を除外するように、前記第2のポーズ対象通信装置を識別する最終宛先識別情報に対応づけられて前記経路制御情報記憶部に記憶されている前記経路制御情報を更新する経路制御情報更新部と、

前記経路制御情報記憶部に記憶された前記経路制御情報にしたがって、送信の対象である送信対象データの送信経路を決定し、決定した前記送信経路に前記送信対象データを送信するよう前記送信部を制御

する経路制御部と、

を備えることを特徴とする通信装置。

[請求項2] 前記計量値が前記条件を満たすとき、前記ポーズ制御部は、

前記最終宛先ごとの前記資源の前記使用状況を表す個別使用状況値が、最終宛先として指定される複数の通信装置のうちで最小の通信装置を、前記第1のポーズ対象通信装置として決定する

ことを特徴とする請求項1に記載の通信装置。

[請求項3] 前記計量値が前記条件を満たすとき、前記ポーズ制御部は、

最終宛先として指定される複数の通信装置のうちで、前記最終宛先ごとの前記資源の前記使用状況を表す個別使用状況値が、決められた範囲に含まれる通信装置を、前記第1のポーズ対象通信装置として決定する

ことを特徴とする請求項1に記載の通信装置。

[請求項4] 前記決められた範囲が、所定の2つの固定値により規定される範囲であるか、または、

前記条件は、前記計量値が所定の閾値を越えるときに満たされ、前記決められた範囲は、前記閾値を前記計量値から引いた差により下限が規定される範囲である

ことを特徴とする請求項3に記載の通信装置。

[請求項5] 前記ポーズ制御部は、前記個別使用状況値が前記決められた範囲に含まれ、かつ最終宛先として指定される複数の通信装置のうちで相対的に前記個別使用状況値が大きい通信装置を、前記複数の通信装置の中から優先的に選んで、前記第1のポーズ対象通信装置として決定する

ことを特徴とする請求項3または4に記載の通信装置。

[請求項6] 前記計量値が前記条件を満たすとき、前記ポーズ制御部は、

最終宛先として指定される複数の通信装置のうちで、前記最終宛先ごとの前記資源の前記使用状況を表す個別使用状況値が小さい通信

装置から順に、

前記個別使用状況値を足した合計値が、決められた範囲に含まれるという制約のもとで、１つまたは複数の通信装置を選んで前記第１のポーズ対象通信装置として決定する

ことを特徴とする請求項１に記載の通信装置。

[請求項７]

前記計量値が、一旦前記条件を満たした後で前記条件を満たさなくなったとき、前記ポーズ制御部は、

前記第１のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの前記通信装置からの転送を再開することを通知する第１のポーズ解除データを生成し、

前記第１のポーズ解除データを送信するよう前記送信部を制御し、

前記第２のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの転送を再開することを通知する第２のポーズ解除データを、前記受信部が受信したとき、前記経路制御情報更新部は、

前記第２のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの送信経路として前記第２のポーズ解除データを受信した経路が使用可能であることを示すように、前記第２のポーズ対象通信装置を識別する前記最終宛先識別情報に対応づけられて前記経路制御情報記憶部に記憶されている前記経路制御情報を更新する

ことを特徴とする請求項１～６のいずれか１項に記載の通信装置。

[請求項８]

前記ポーズ制御部がどの通信装置を前記第１のポーズ対象通信装置として決定したかを表す履歴情報を記憶する履歴情報記憶部と、

前記受信部が受信したデータの最終宛先が、過去に前記第１のポーズ対象通信装置として決定された通信装置であるか否かを、前記履歴情報を参照して判断する判断部をさらに備え、

受信された前記データの前記最終宛先が、過去に前記第１のポーズ対象通信装置として決定された通信装置である、と前記判断部が判断

し、かつ、前記計量値が前記条件を満たすとき、前記ポーズ制御部は、受信された前記データの前記最終宛先を新たな第 1 のポーズ対象通信装置として決定することを避ける

ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

[請求項 9]

通信装置が実行する通信制御方法であって、

前記通信装置における資源の使用状況を監視し、

前記使用状況を表す計量値を得、

前記計量値が所定の条件を満たすとき、

最終宛先ごとの前記資源の使用状況にしたがって、前記通信装置がデータの転送を休止しようとする最終宛先である第 1 のポーズ対象通信装置を決定し、

前記第 1 のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの前記通信装置への送信を休止するよう要求する第 1 のポーズデータを生成し、

前記第 1 のポーズデータを送信経路に送信し、

第 2 のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの送信を休止するよう要求する第 2 のポーズデータを受信したとき、

データの最終宛先の通信装置を識別する最終宛先識別情報に対応づけられて前記通信装置内の経路制御情報記憶部に記憶されている、前記データを送信する送信経路を識別する送信経路識別情報を含む経路制御情報のうち、前記第 2 のポーズ対象通信装置を識別する最終宛先識別情報に対応づけられている経路制御情報を、前記第 2 のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの送信経路から第 2 のポーズデータを受信した経路を除外するように更新し、

送信の対象である送信対象データが存在するとき、

前記経路制御情報記憶部に記憶された前記経路制御情報にしたがって、前記送信対象データの送信経路を決定し、

決定した前記送信経路に前記送信対象データを送信する

[請求項10]

ことを特徴とする通信制御方法。

通信装置に、

前記通信装置における資源の使用状況を監視し、

前記使用状況を表す計量値を得、

前記計量値が所定の条件を満たすとき、

最終宛先ごとの前記資源の使用状況にしたがって、前記通信装置がデータの転送を休止しようとする最終宛先である第1のポーズ対象通信装置を決定し、

前記第1のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの前記通信装置への送信を休止するよう要求する第1のポーズデータを生成し、

前記第1のポーズデータを複数の送信経路に送信し、

第2のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの送信を休止するよう要求する第2のポーズデータを受信したとき、

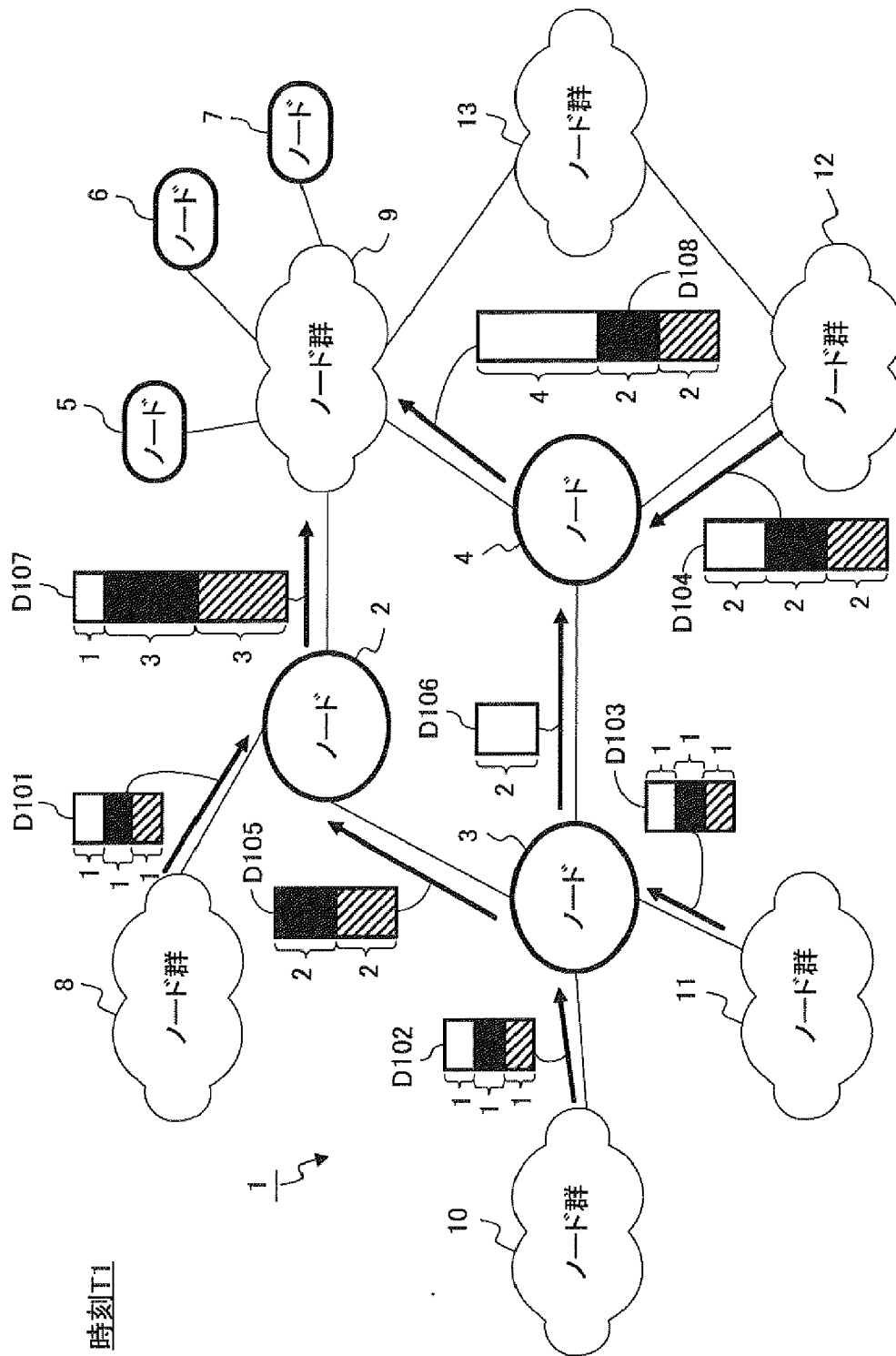
データの最終宛先の通信装置を識別する最終宛先識別情報に対応づけられて前記通信装置内の経路制御情報記憶部に記憶されている、前記データを送信する送信経路を識別する送信経路識別情報を含む経路制御情報のうち、前記第2のポーズ対象通信装置を識別する最終宛先識別情報に対応づけられている経路制御情報を、前記第2のポーズ対象通信装置を最終宛先とするデータの送信経路からは前記第2のポーズデータを受信した経路を除外するように更新し、

送信の対象である送信対象データが存在するとき、

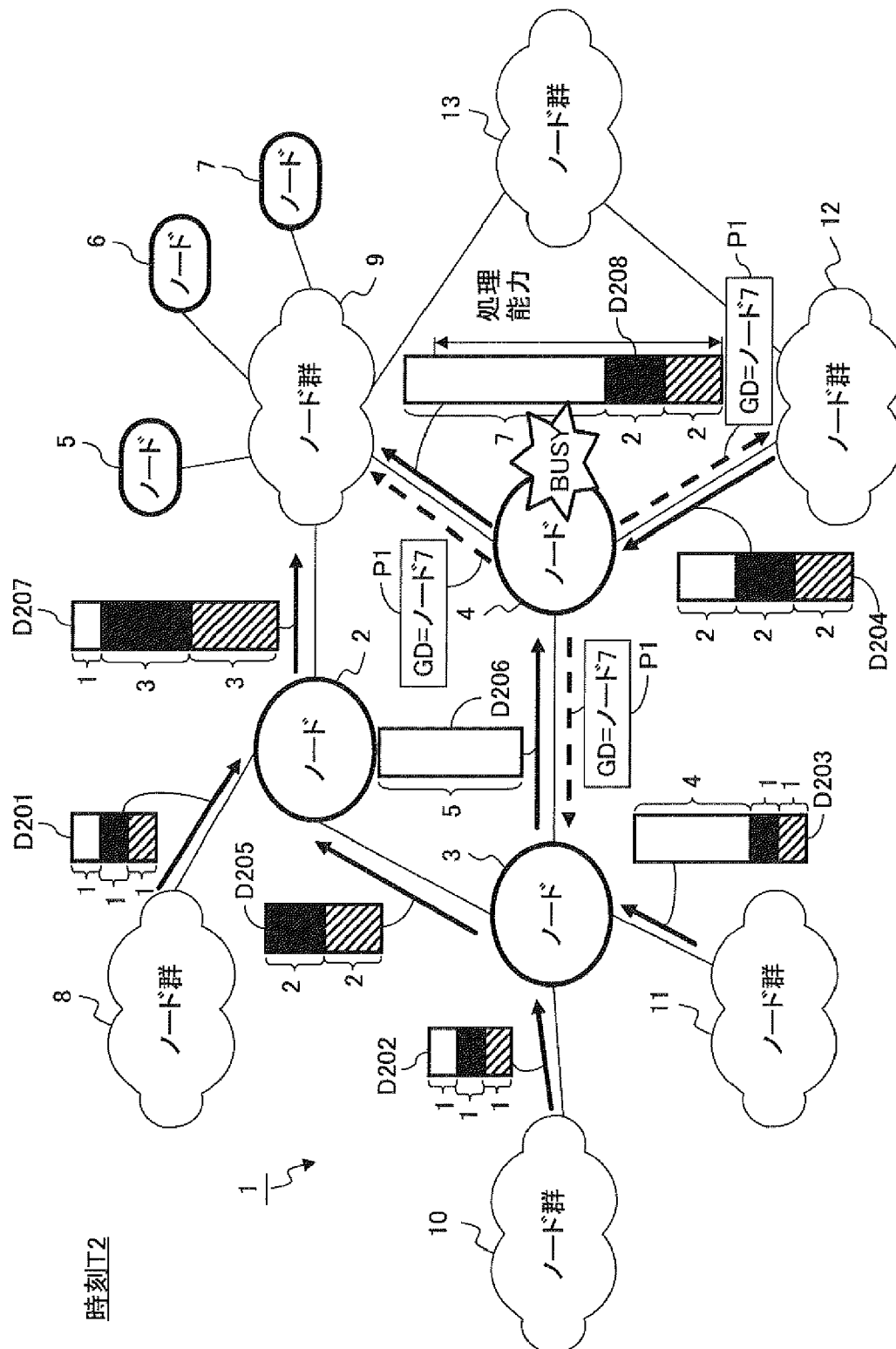
前記経路制御情報記憶部に記憶された前記経路制御情報にしたがって、前記送信対象データの送信経路を決定し、

決定した前記送信経路に前記送信対象データを送信することを含む処理を実行させるプログラム。

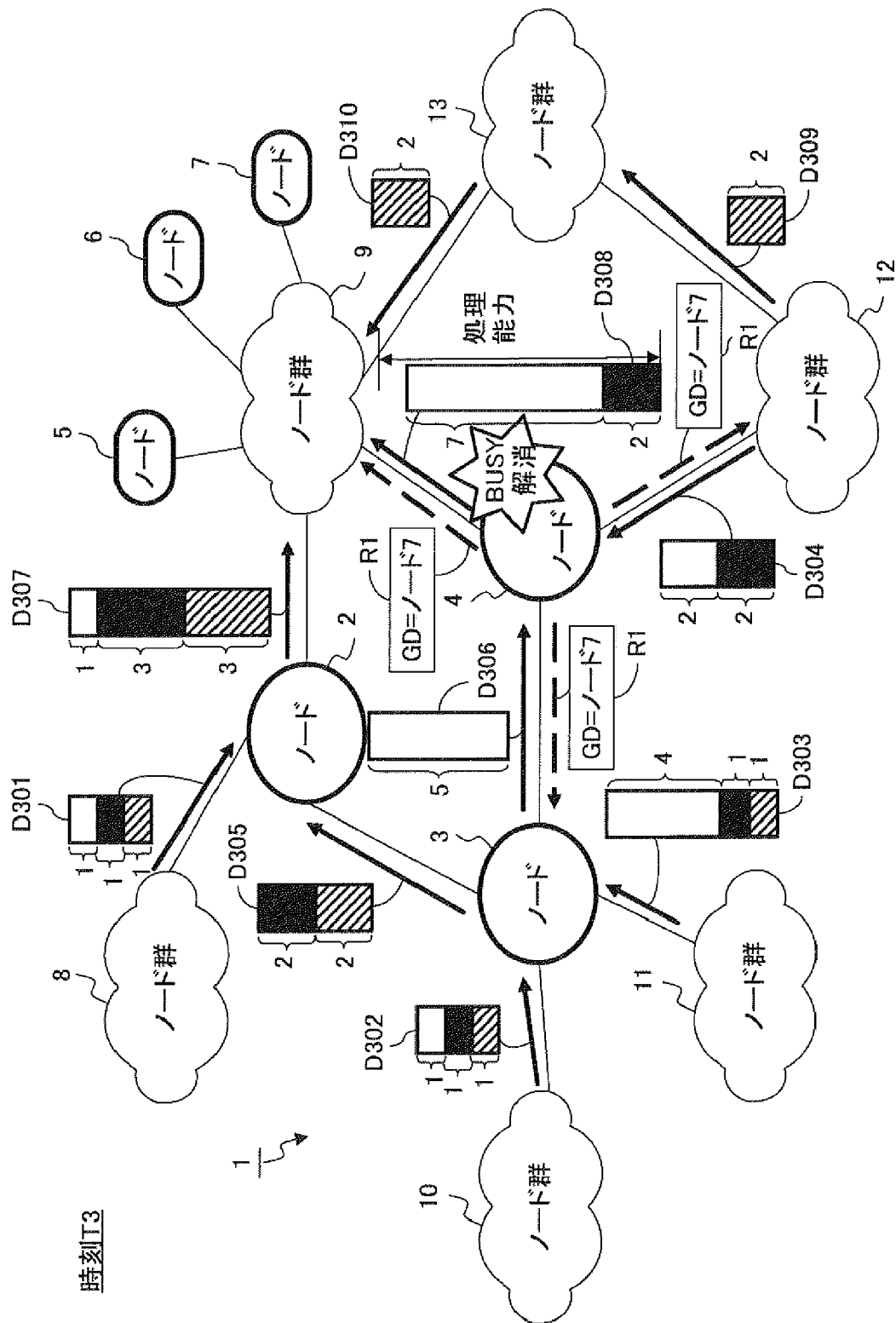
[図1]



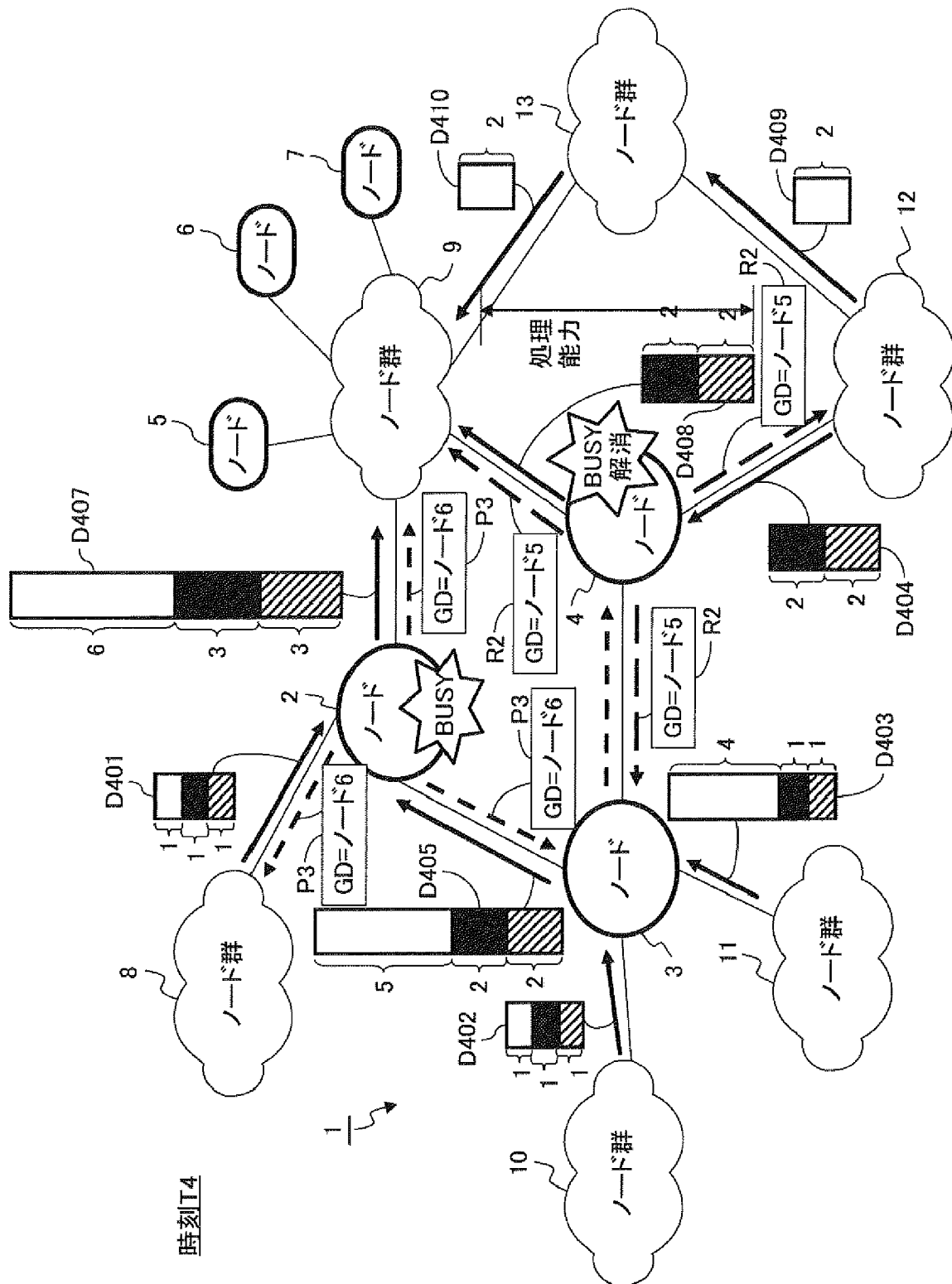
[図2]



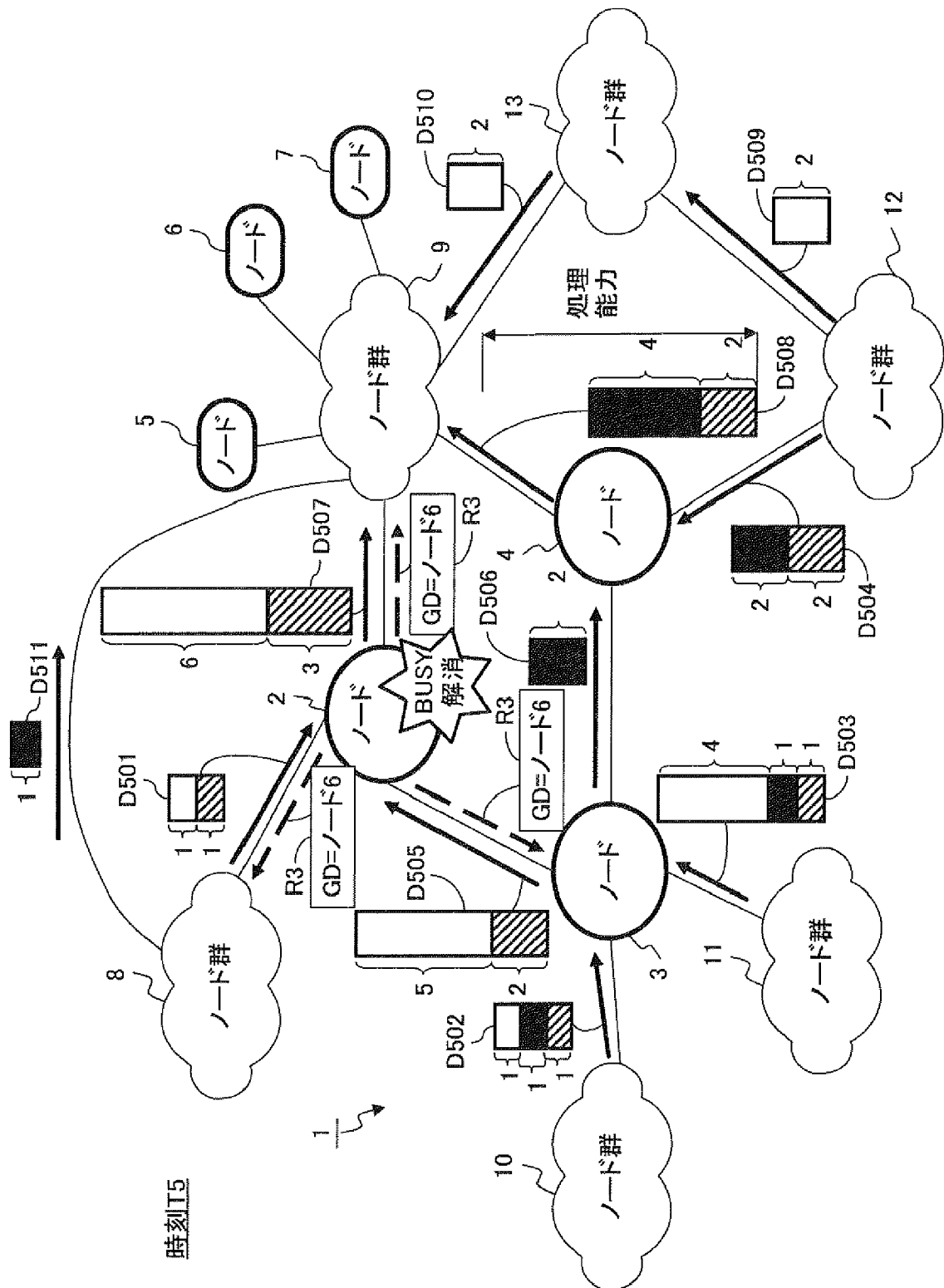
[図3]



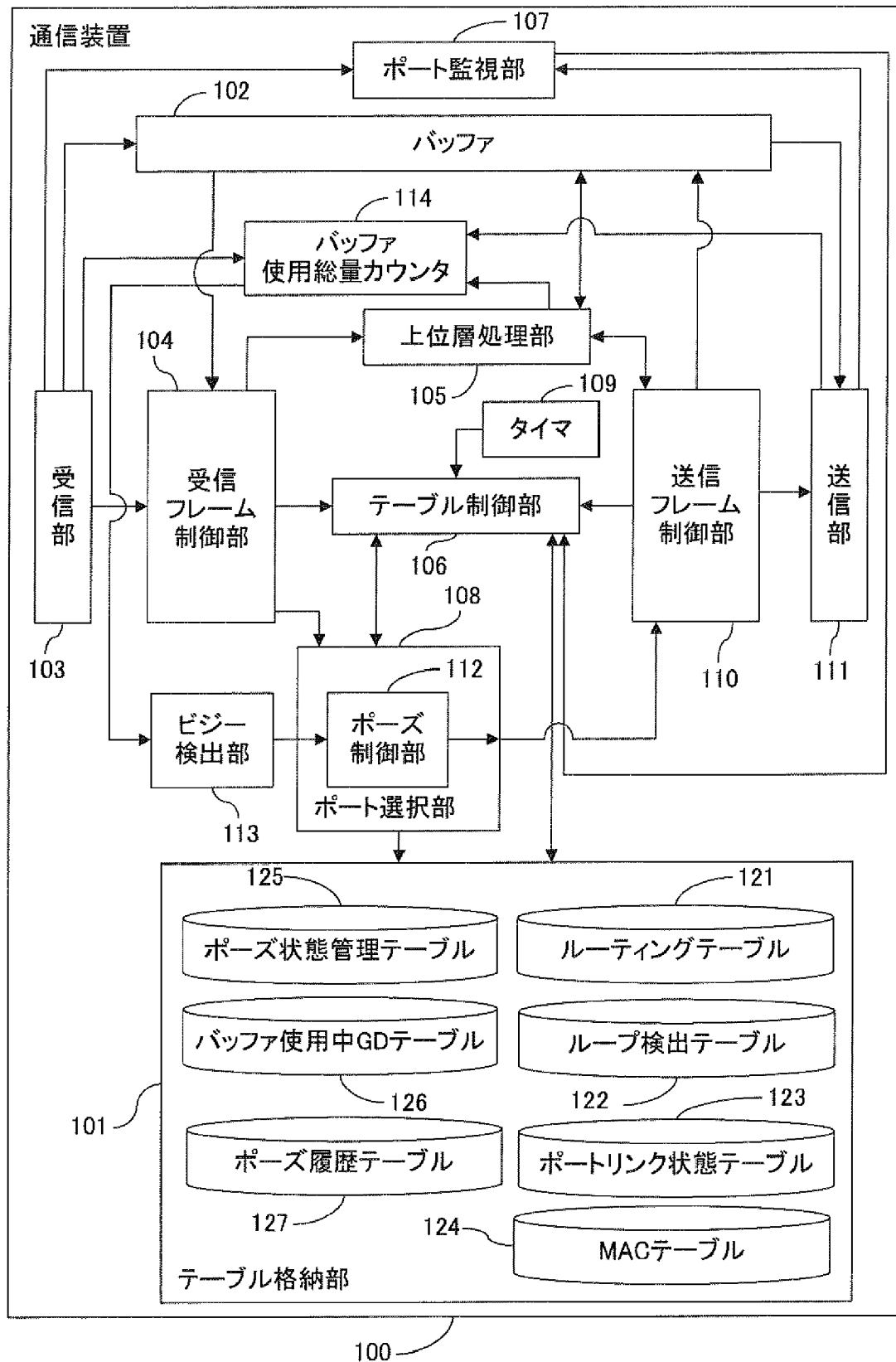
[図4]



[図5]



[図6]



[図7]

121

宛先	ポート状態				カウンタ				ポーズGD
GD ₁	RP ₁₁	RP ₂₁	...	RP _{x1}	CT ₁₁	CT ₂₁	...	CT _{x1}	PGD ₁
GD ₂	RP ₁₂	RP ₂₂	...	RP _{x2}	CT ₁₂	CT ₂₂	...	CT _{x2}	PGD ₂
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
GD _n	RP _{1n}	RP _{2n}	...	RP _{xn}	CT _{1n}	CT _{2n}	...	CT _{xn}	PGD _n

122

送信元	FID	OLSポート	ポート状態			
GS ₁	FID ₁	OLSP ₁	LP ₁₁	LP ₂₁	...	LP _{x1}
GS ₂	FID ₂	OLSP ₂	LP ₁₂	LP ₂₂	...	LP _{x2}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
GS _m	FID _m	OLSP _m	LP _{1m}	LP _{2m}	...	LP _{xm}

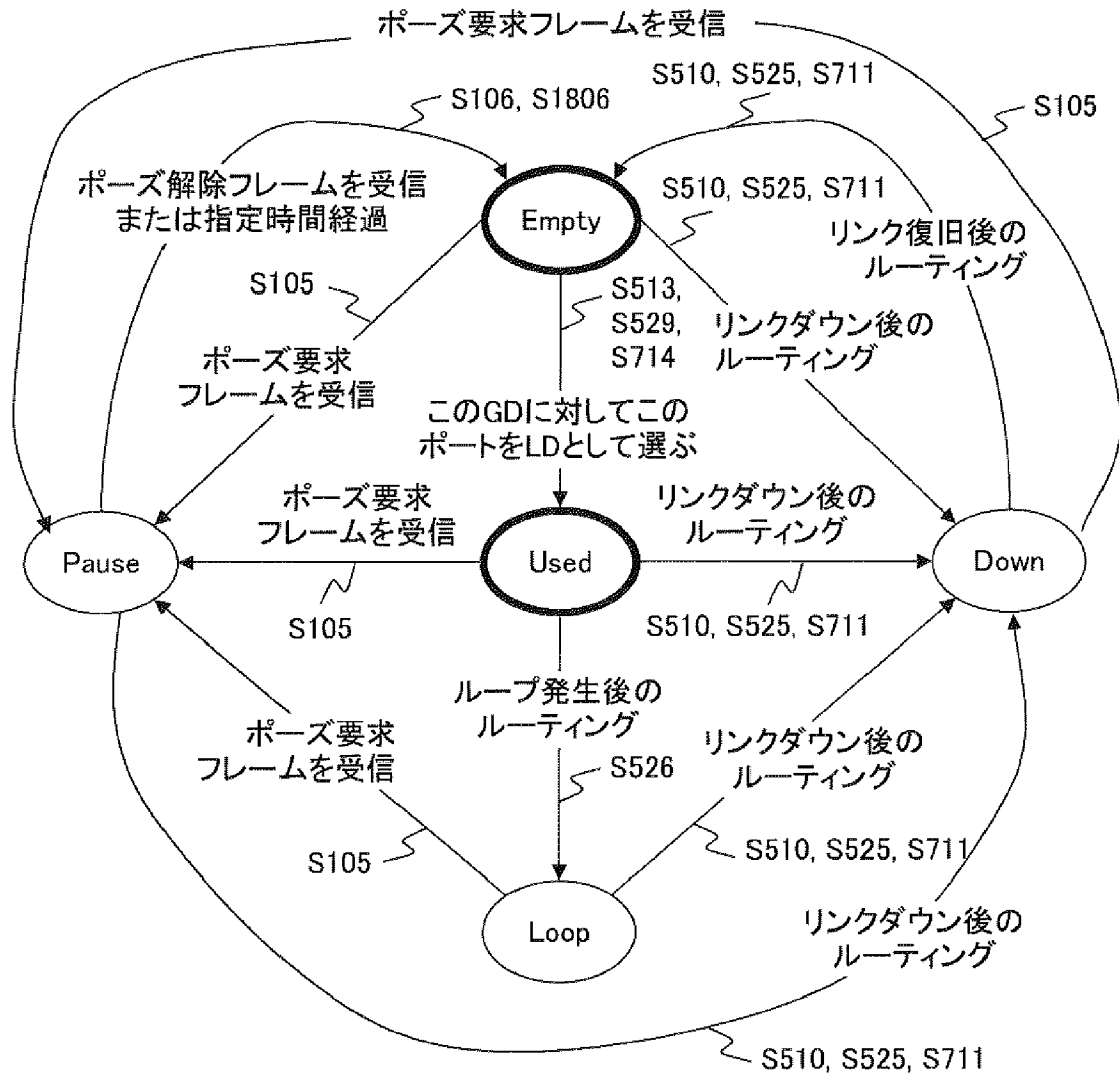
123

ポートID	リンク状態
PID ₁	L ₁
PID ₂	L ₂
⋮	⋮
PID _x	L _x

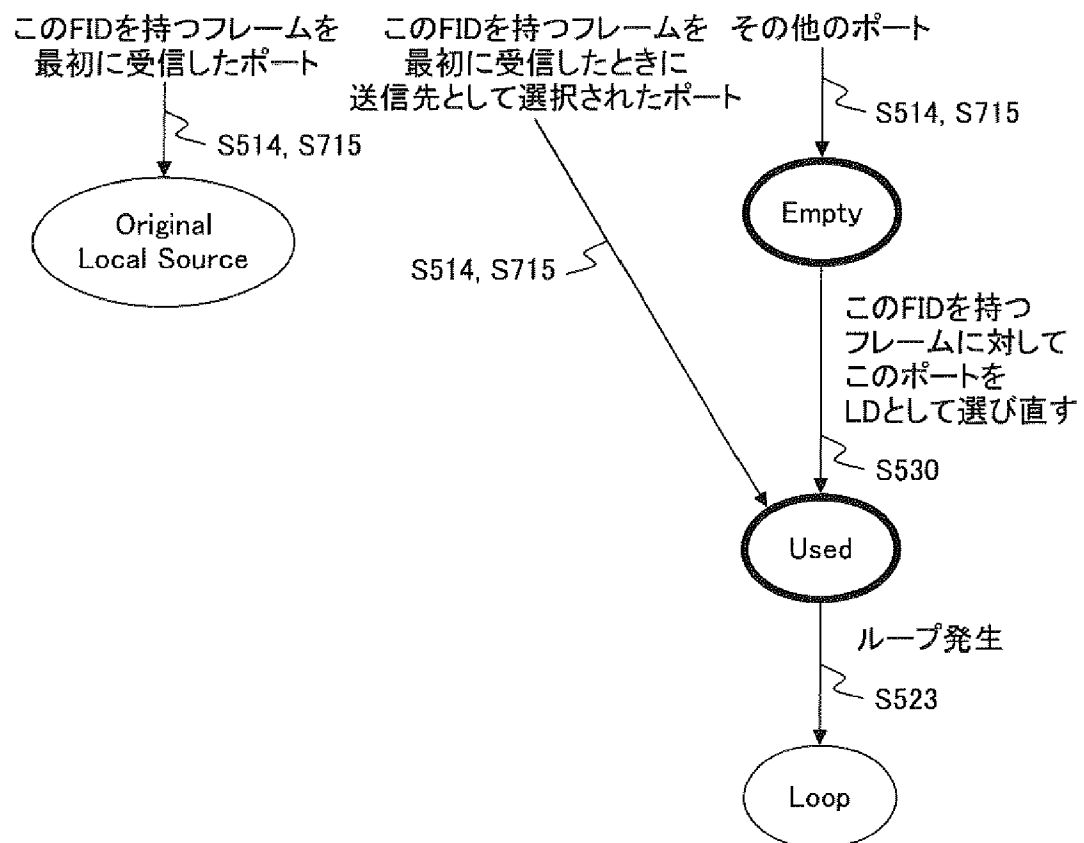
124

MACアドレス	ノードID
MAC ₁	NID ₁
MAC ₂	NID ₂
⋮	⋮
MAC _b	NID _b

[図8]



[図9]



[図10]

125

ポーズ状態	カウンタ	ポーズ開始時刻
SS	SCount	StartTime

126

GD	バッファ カウンタ
GD ₁	BC ₁
GD ₂	BC ₂
⋮	⋮
GD _N	BC _N

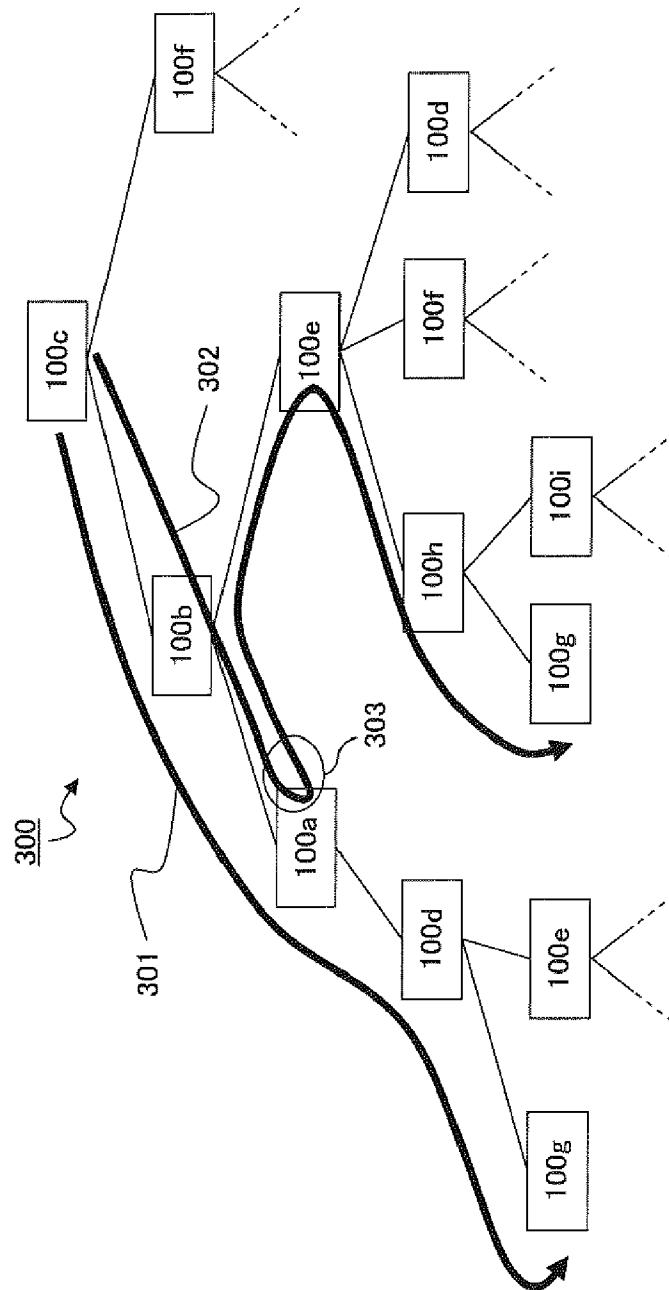
126a

GD	バッファ カウンタ1	バッファ カウンタ2	...	バッファ カウンタM
GD ₁	BC ₁₁	BC ₂₁	...	BC _{M1}
GD ₂	BC ₁₂	BC ₂₂	...	BC _{M2}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
GD _N	BC _{1N}	BC _{2N}	...	BC _{MN}

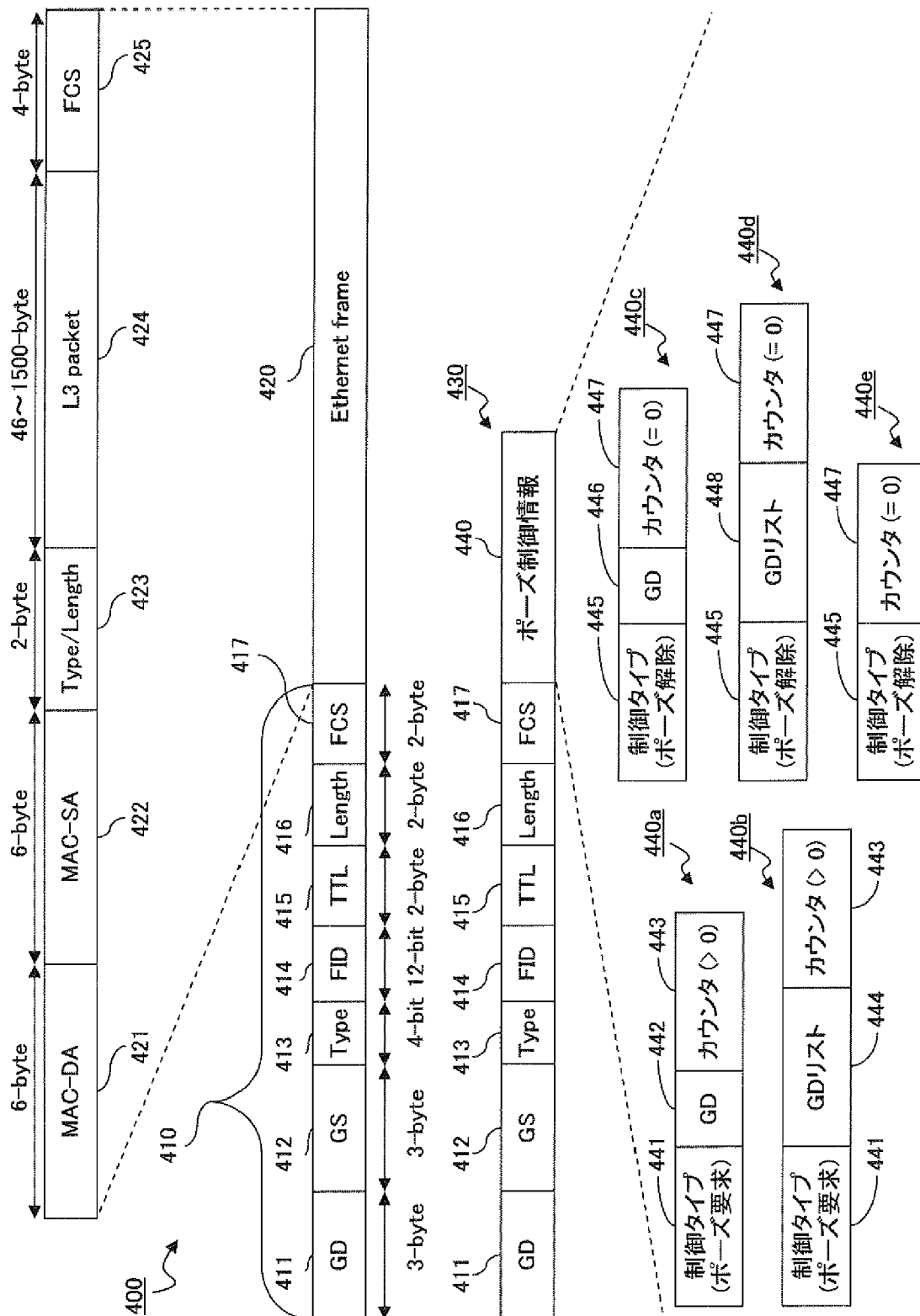
127

GD	ポーズ要求フレーム 送信時刻
GD ₁	PT ₁
GD ₂	PT ₂
⋮	⋮
GD _p	PT _p

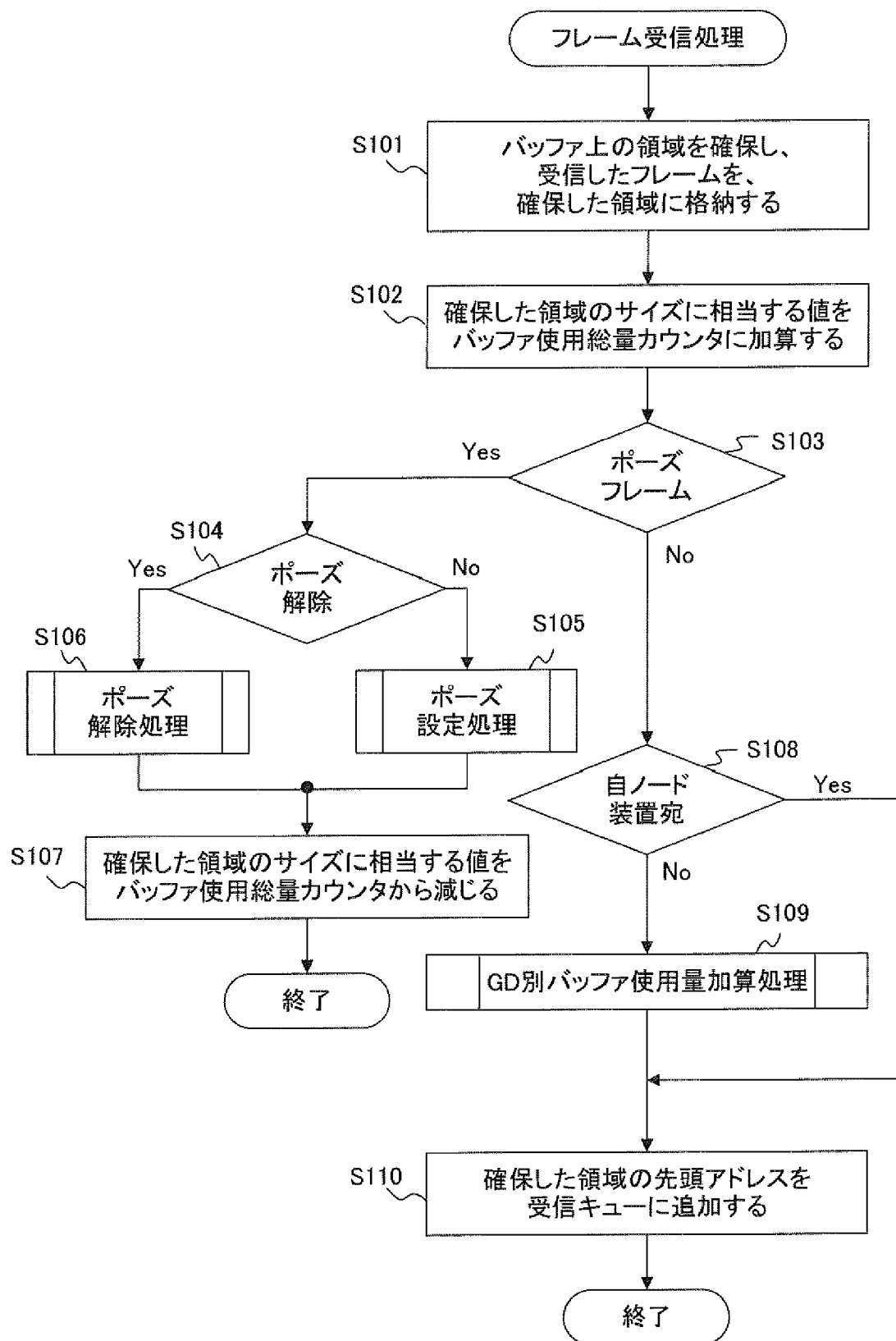
[図12]



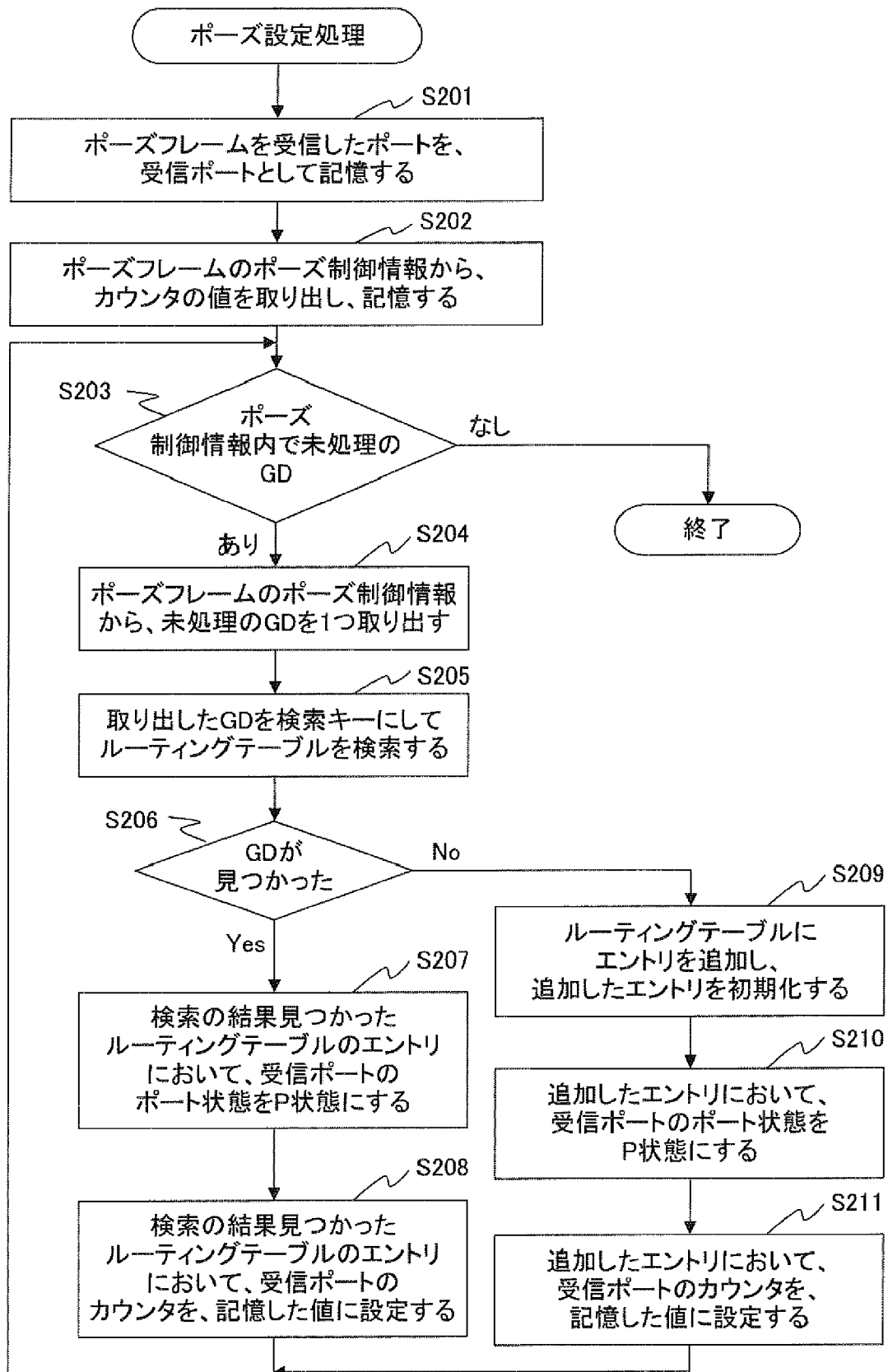
[図13]



[図14]



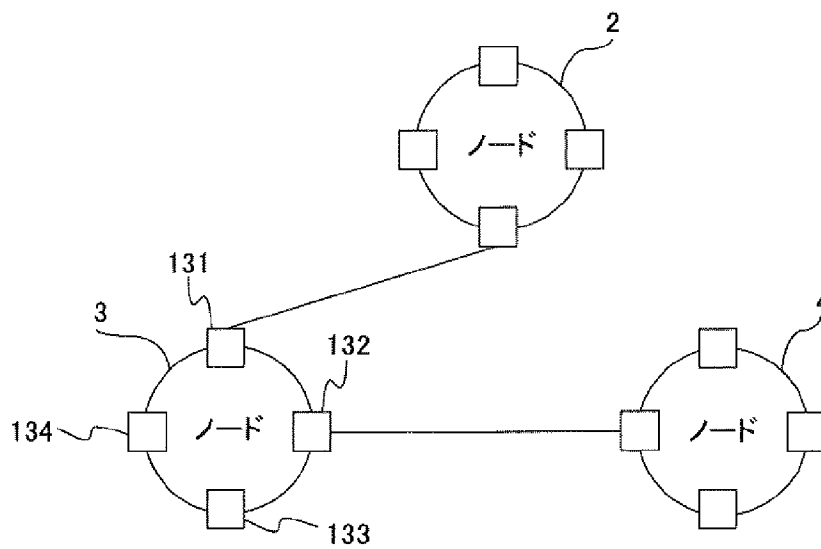
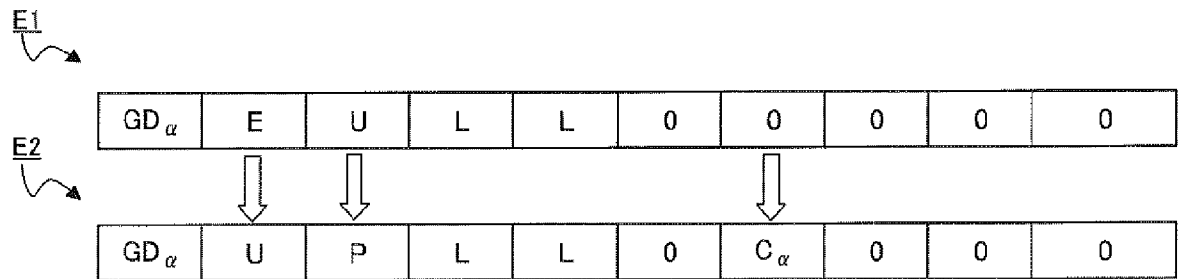
[図15]



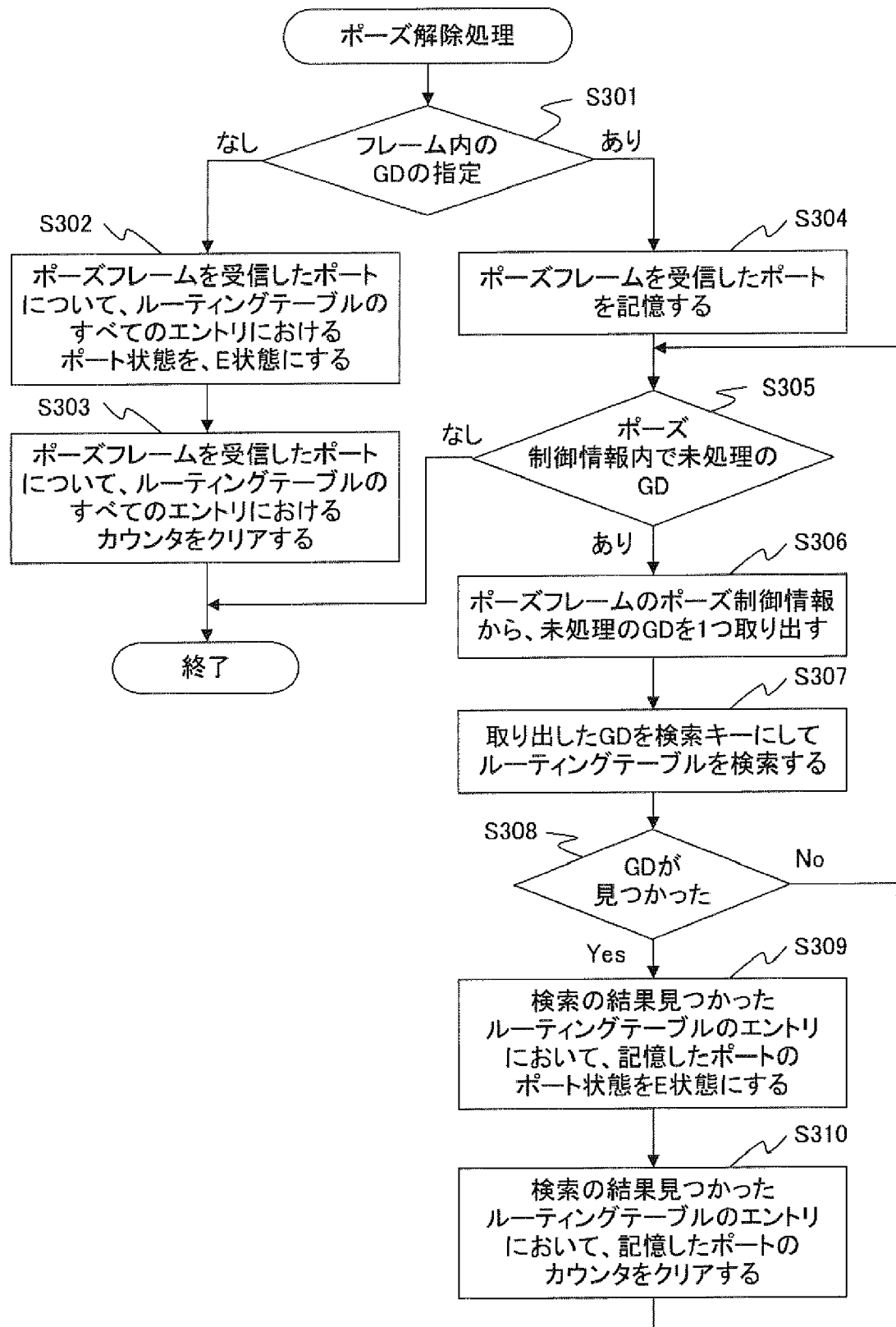
[図16]

121a

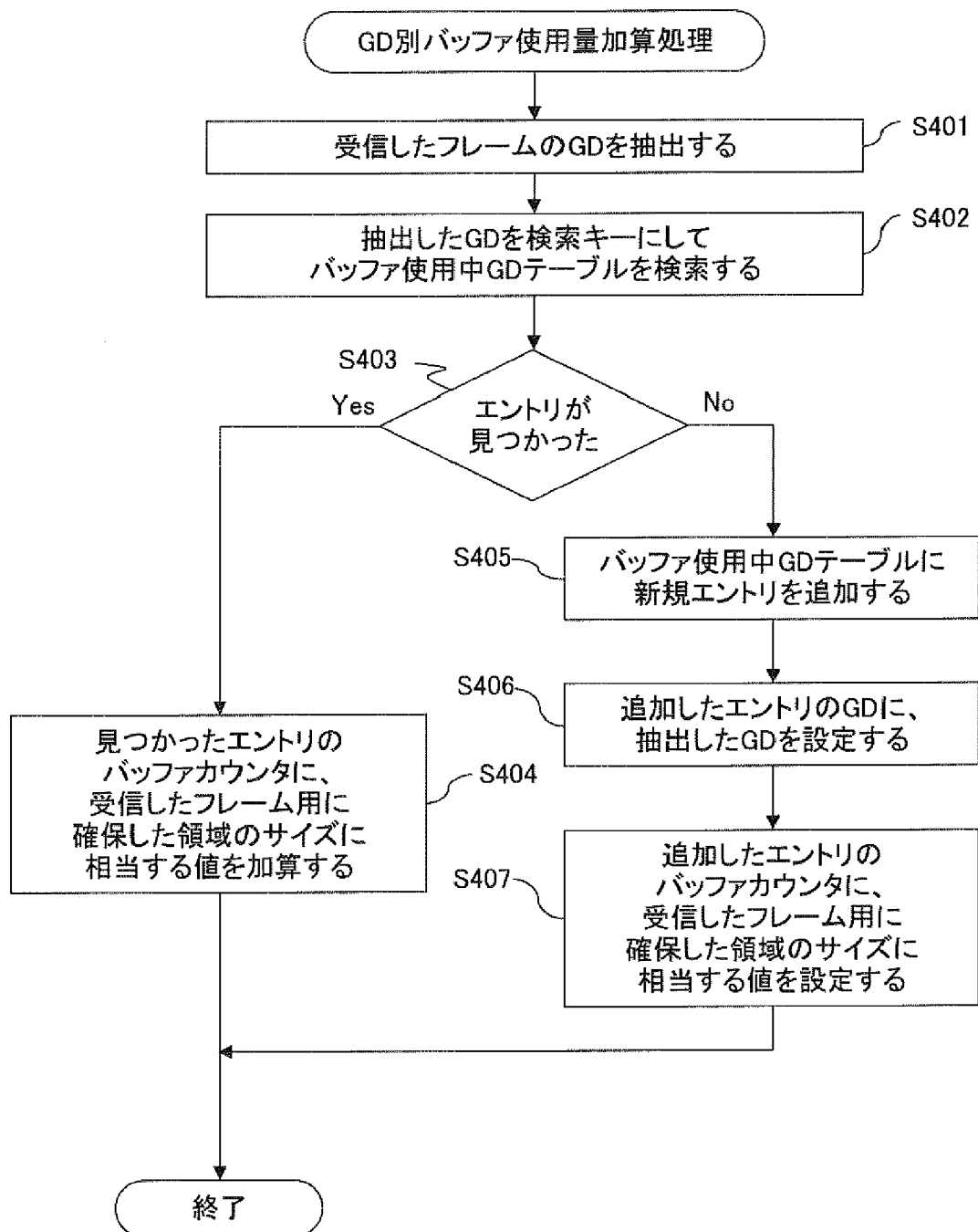
宛先	ポート状態				カウンタ				ポーズGD
GD ₁	RP ₁₁	RP ₂₁	RP ₃₁	RP ₄₁	CT ₁₁	CT ₂₁	CT ₃₁	CT ₄₁	PGD ₁
GD ₂	RP ₁₂	RP ₂₂	RP ₃₂	RP ₄₂	CT ₁₂	CT ₂₂	CT ₃₂	CT ₄₂	PGD ₂
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
GD _α	RP _{1α}	RP _{2α}	RP _{3α}	RP _{4α}	CT _{1α}	CT _{2α}	CT _{3α}	CT _{4α}	PGD _α
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮



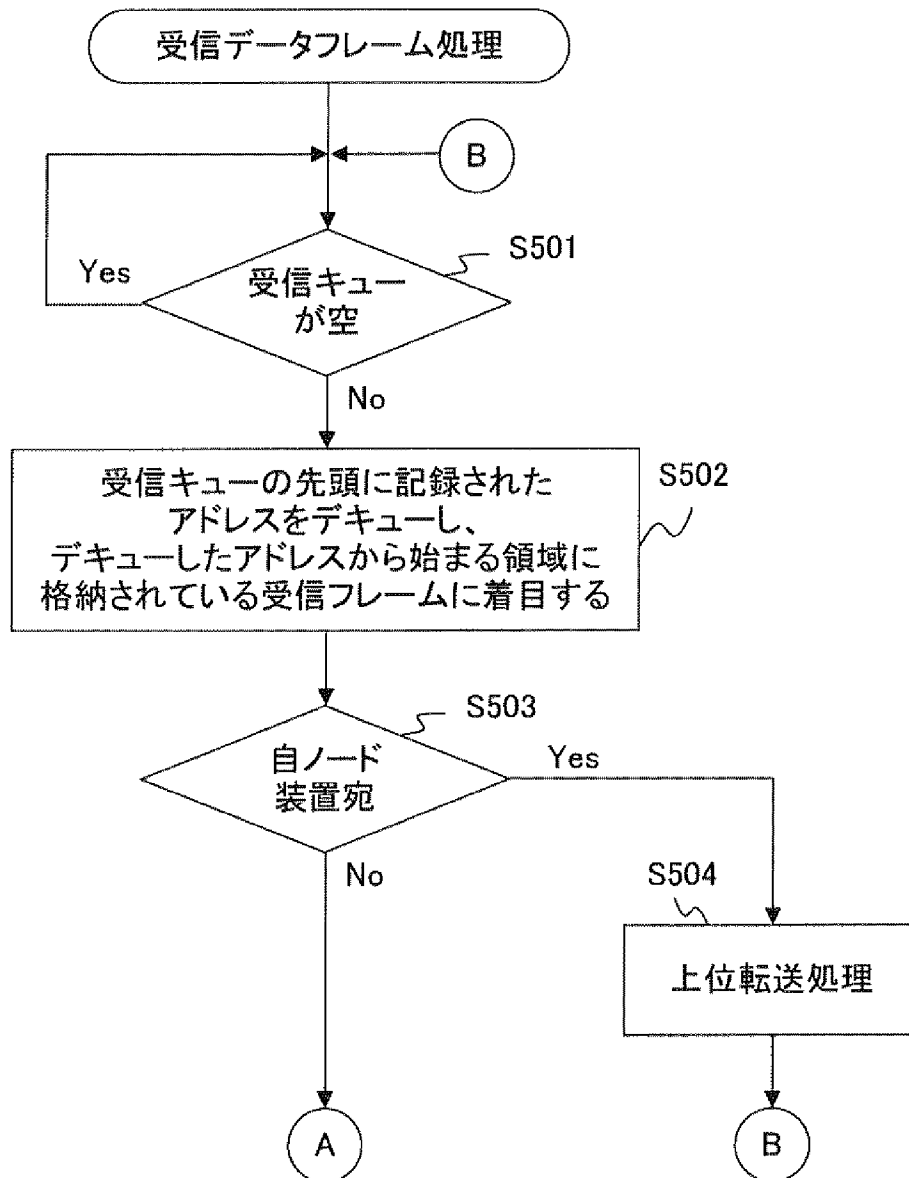
[図17]



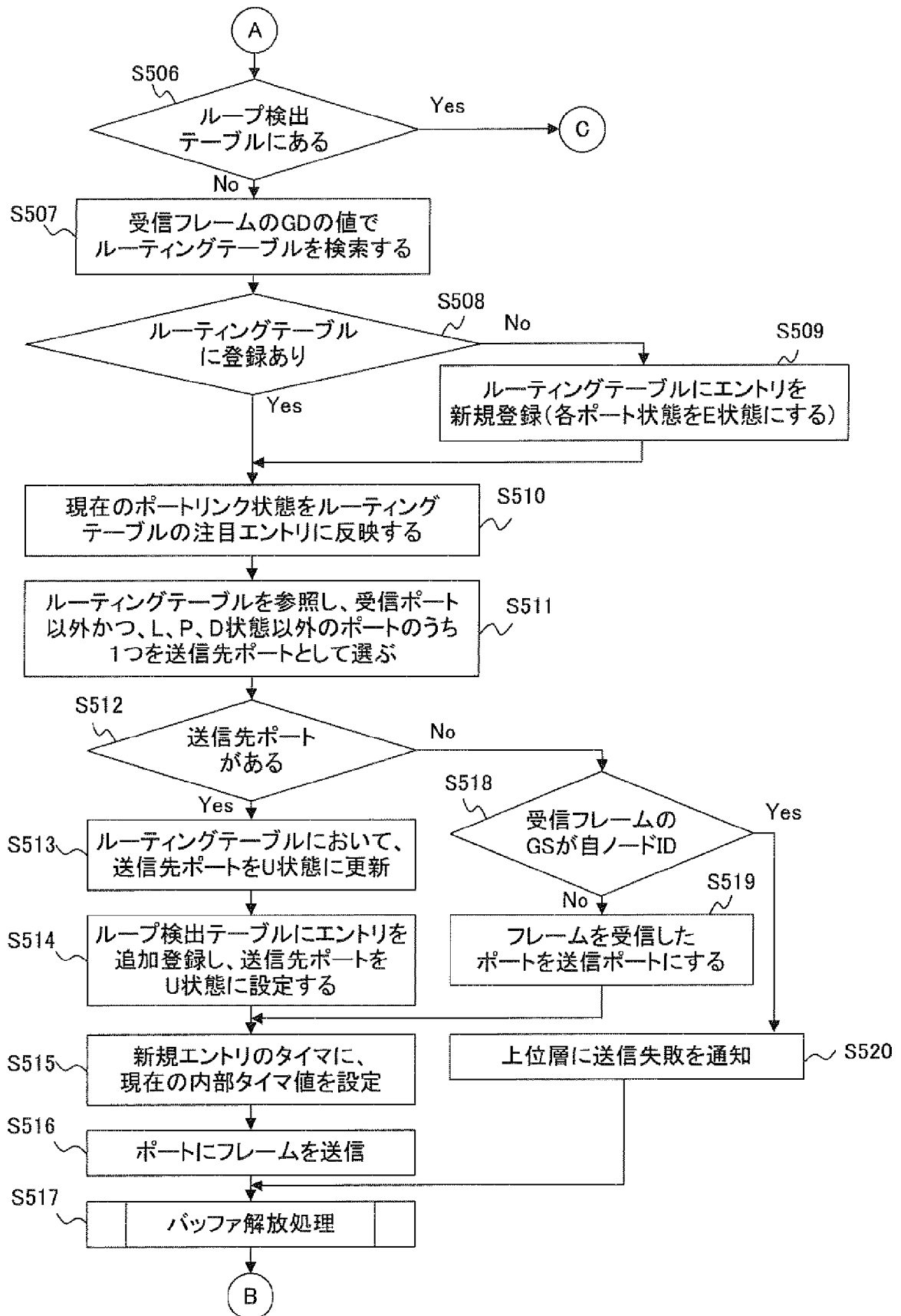
[図18]



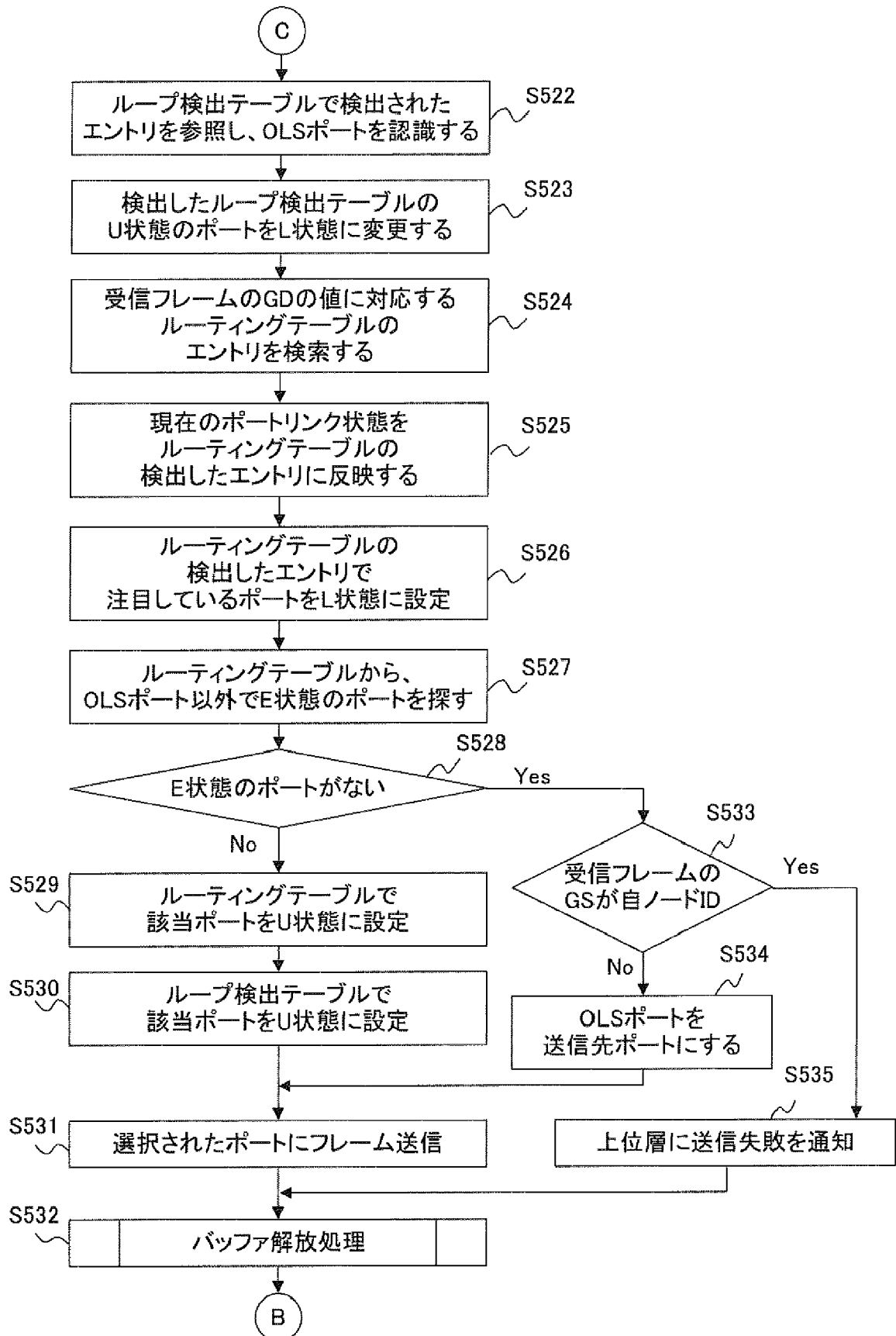
[図19]



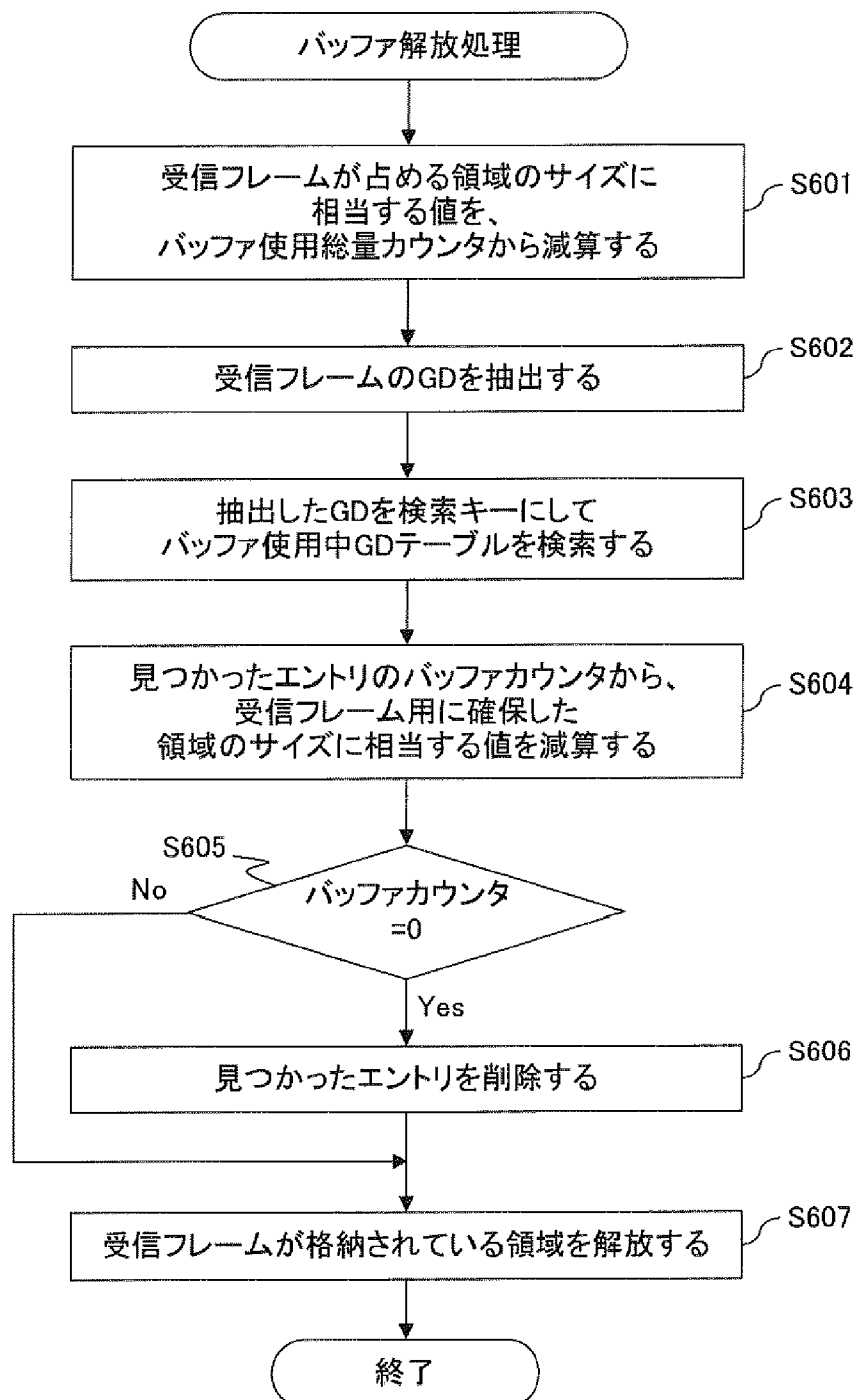
[図20]



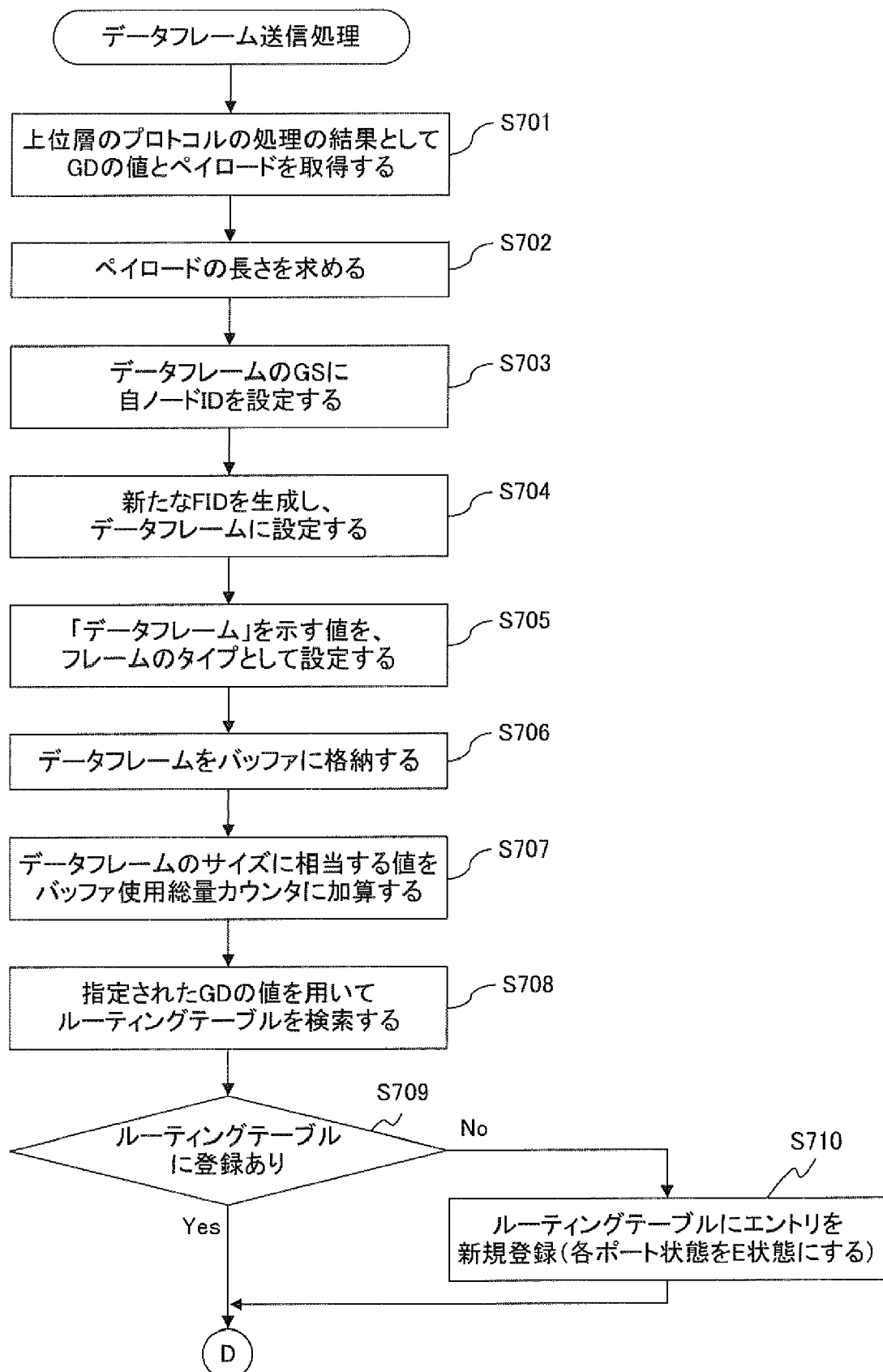
[図21]



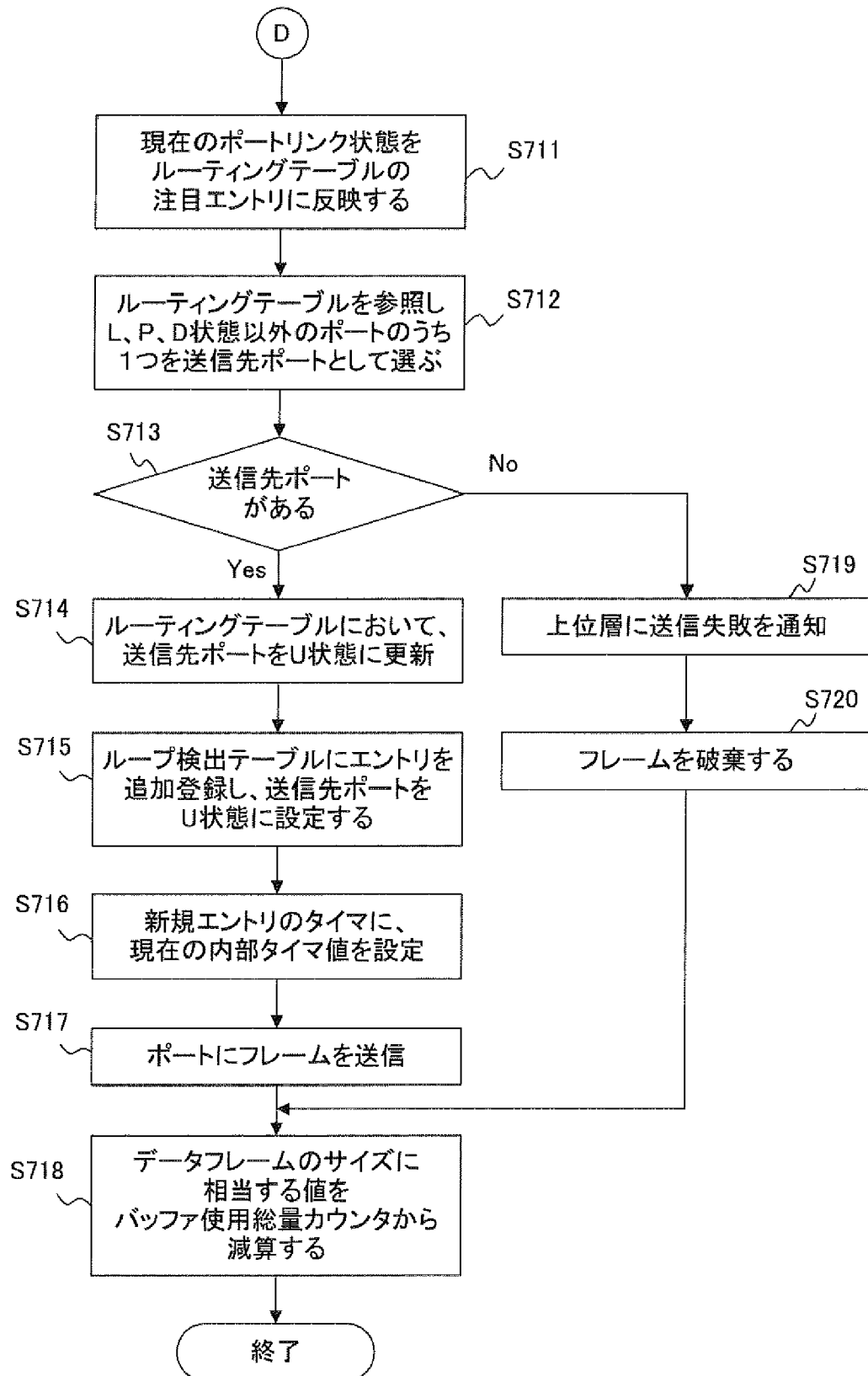
[図22]



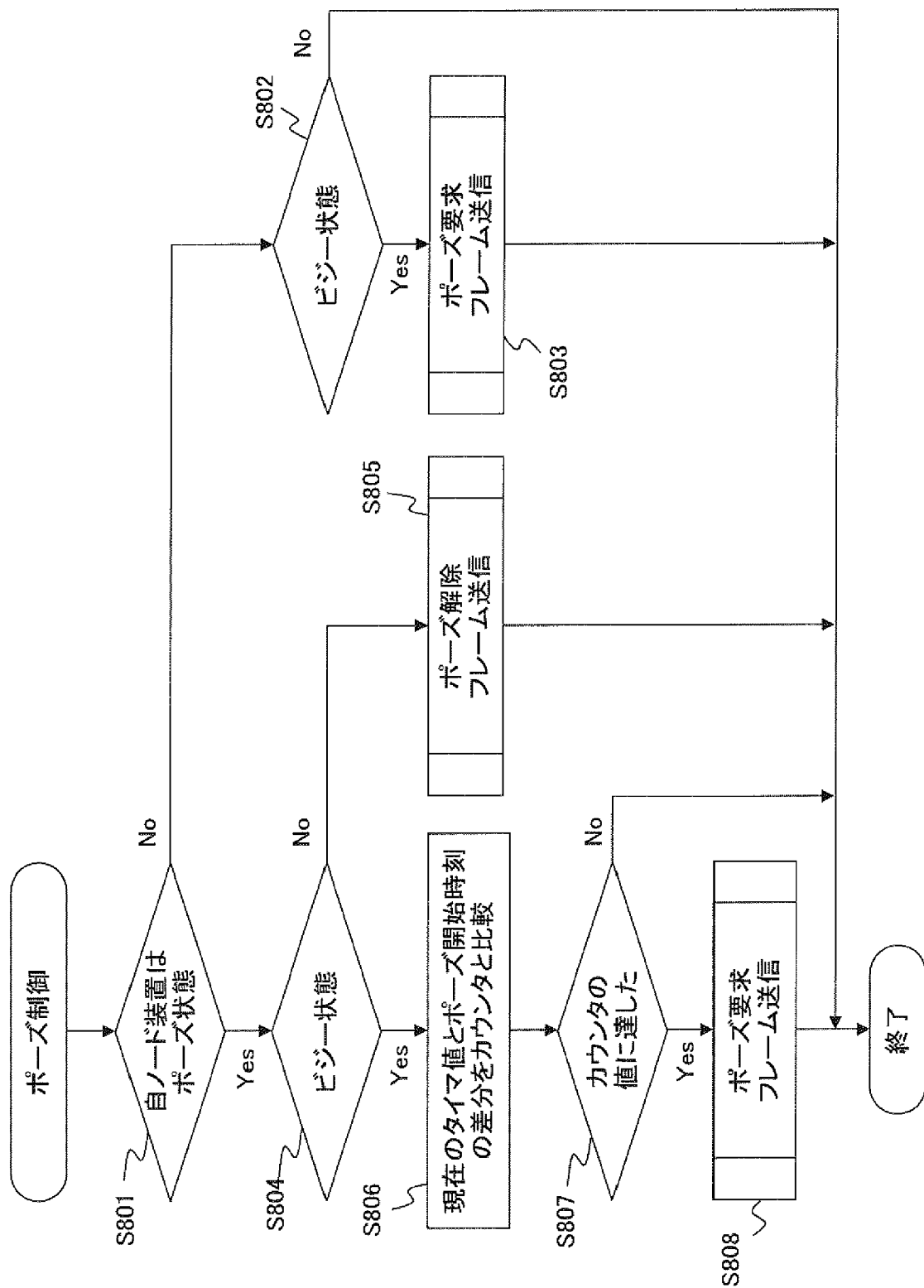
[図23]



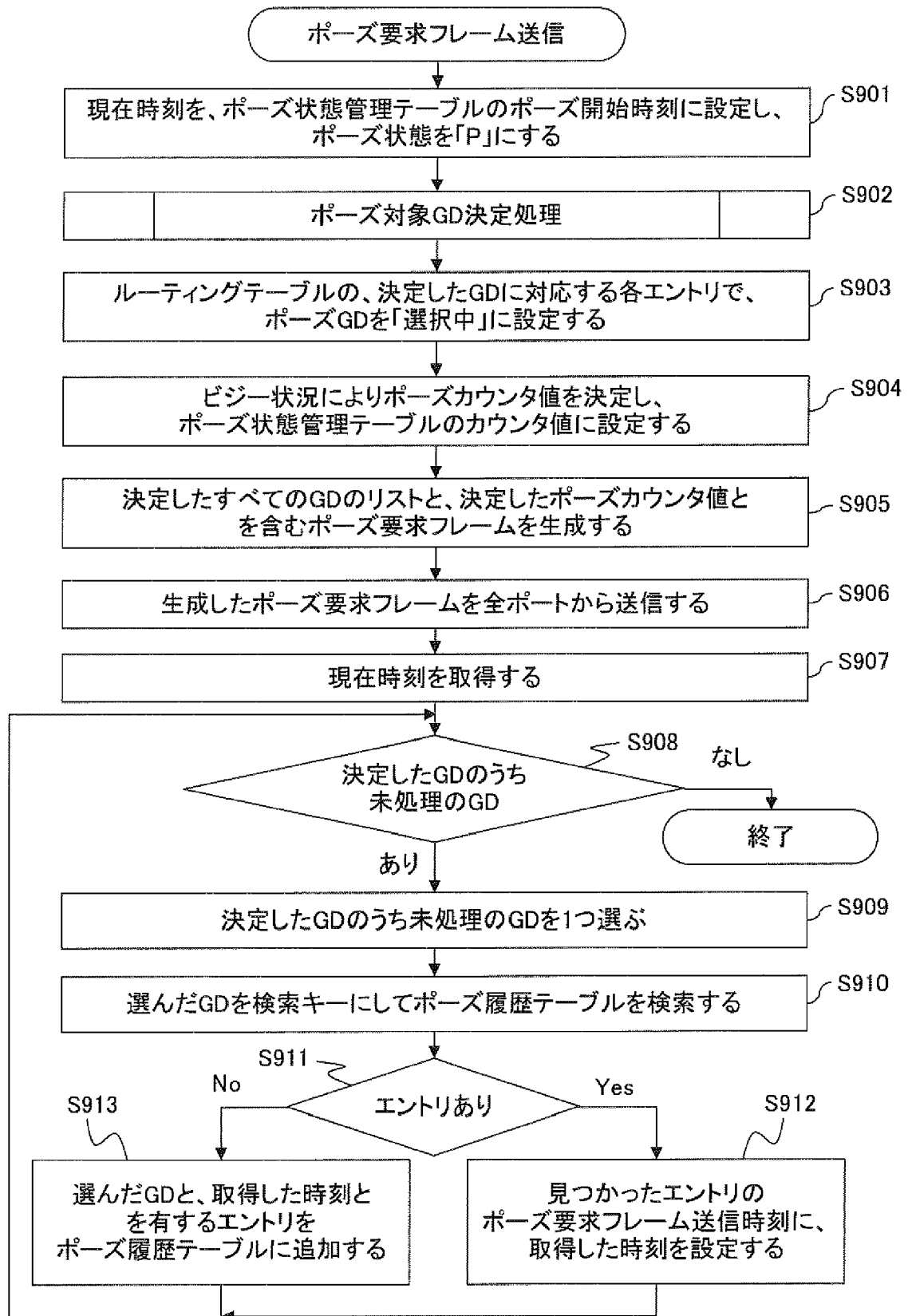
[図24]



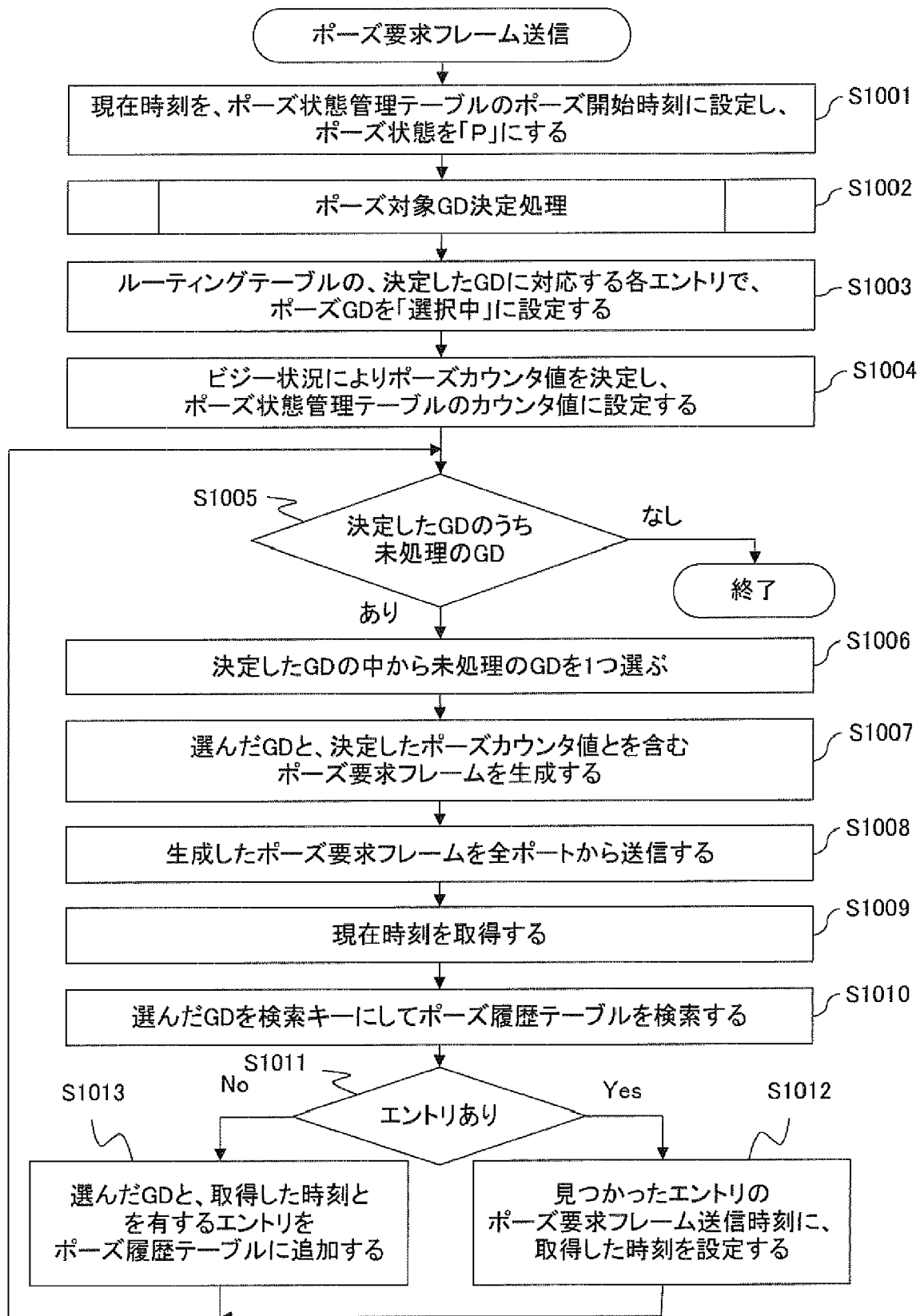
[図25]



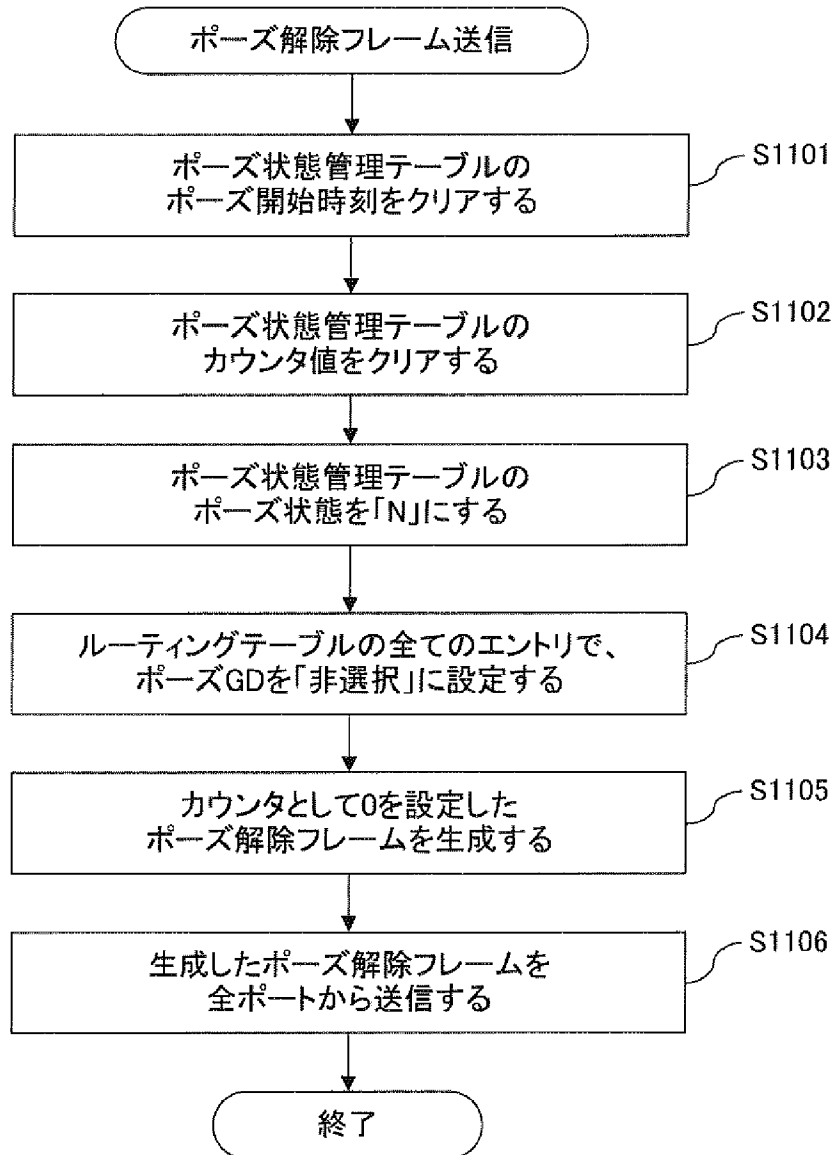
[図26]



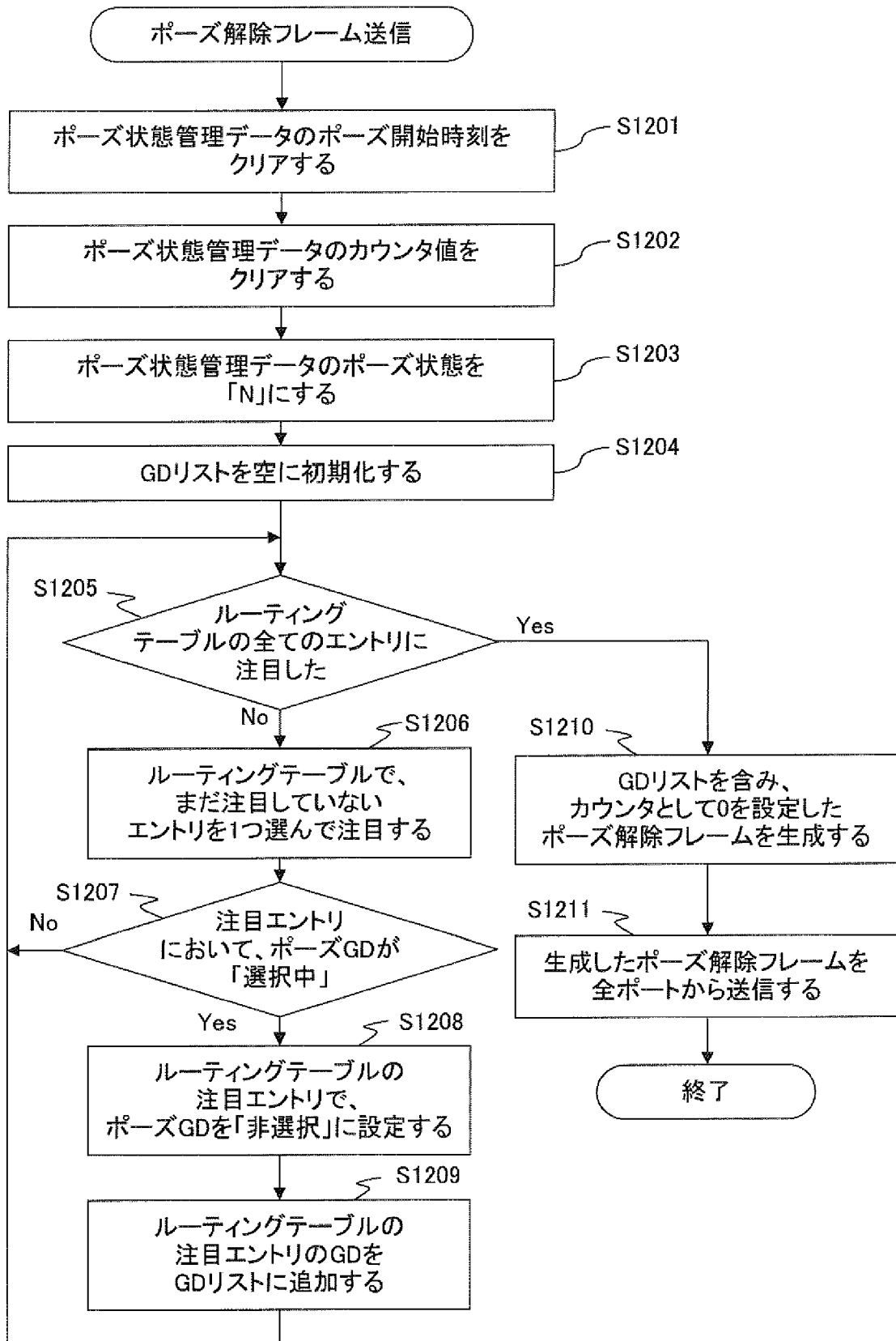
[図27]



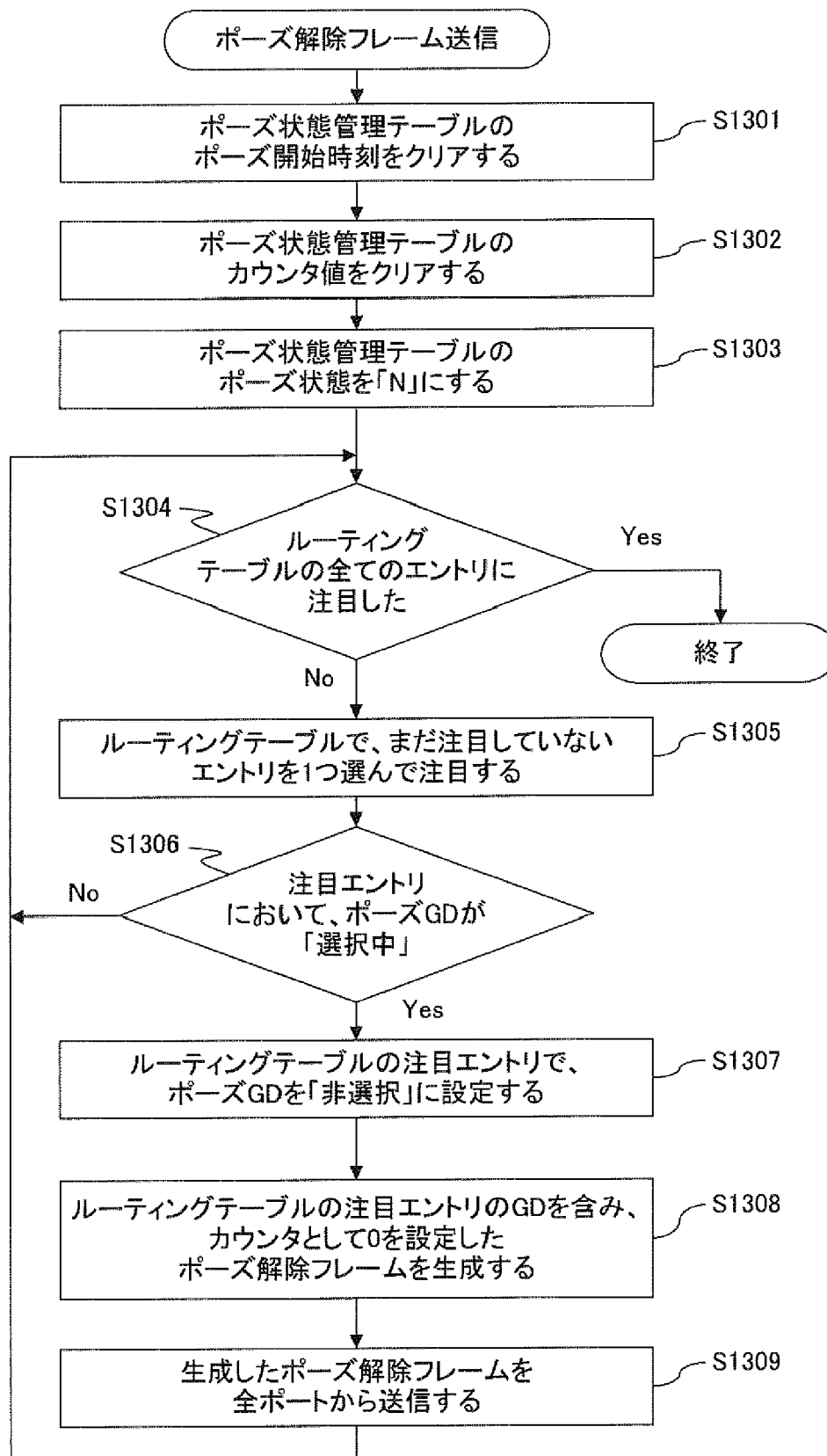
[図28]



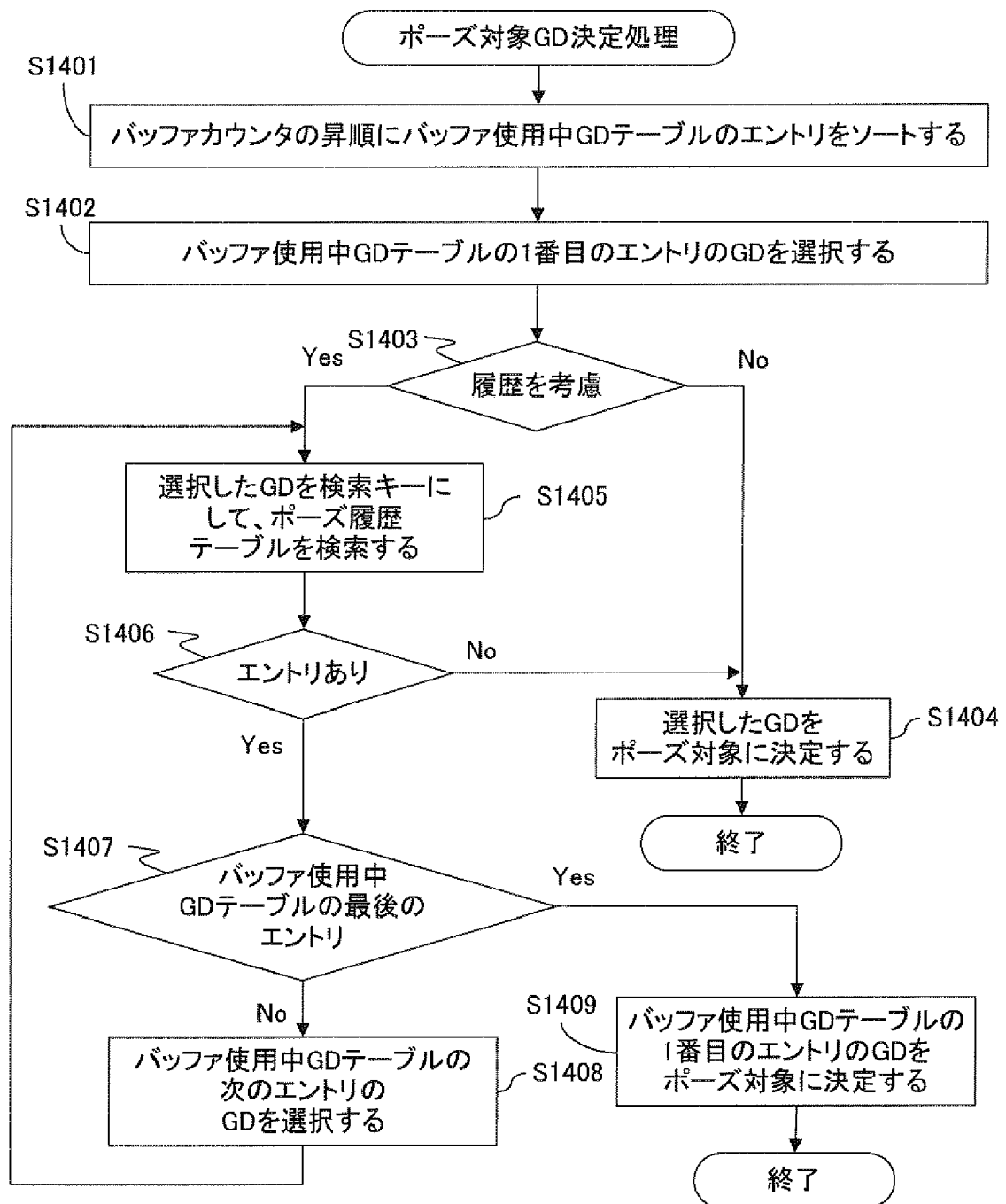
[図29]



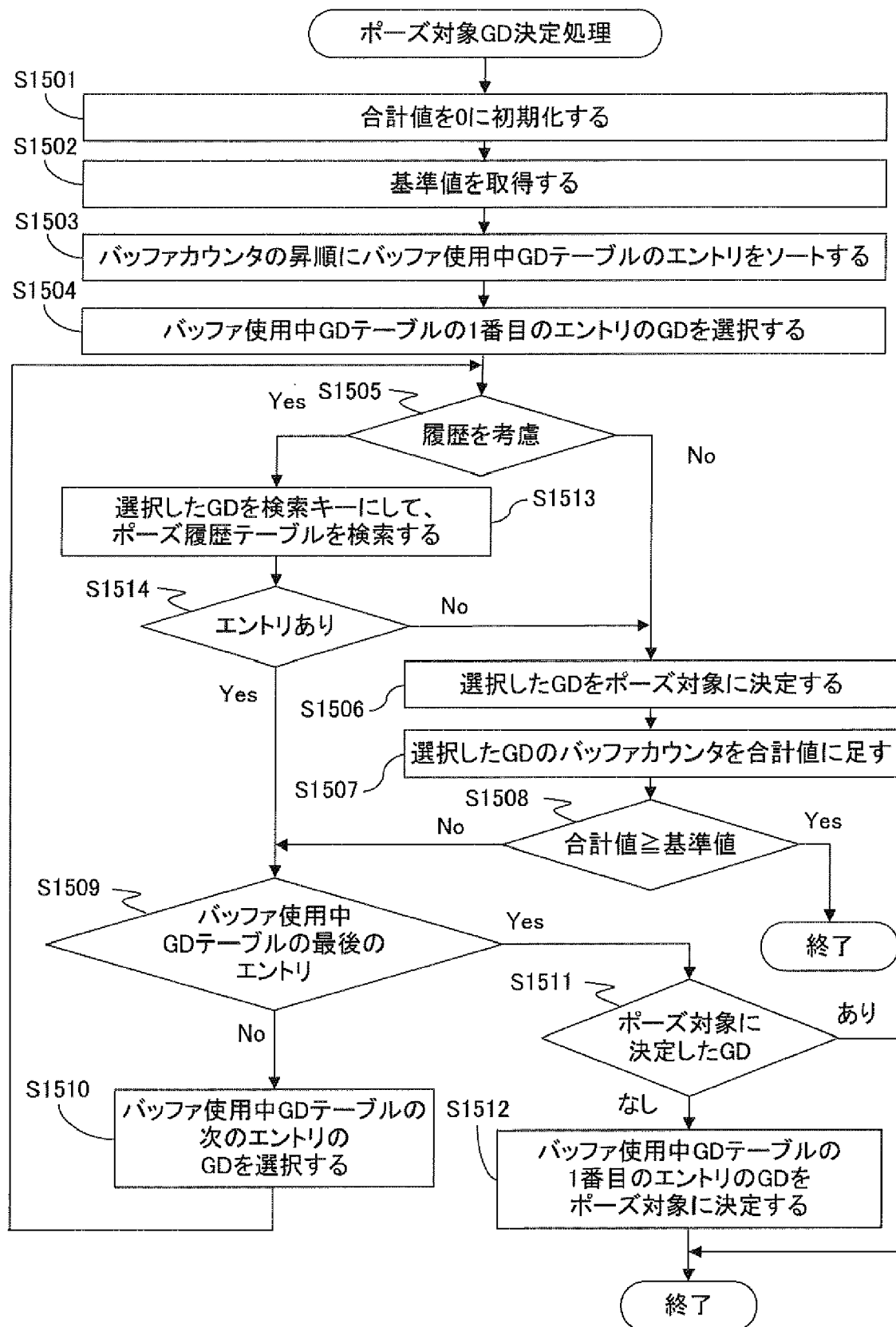
[図30]



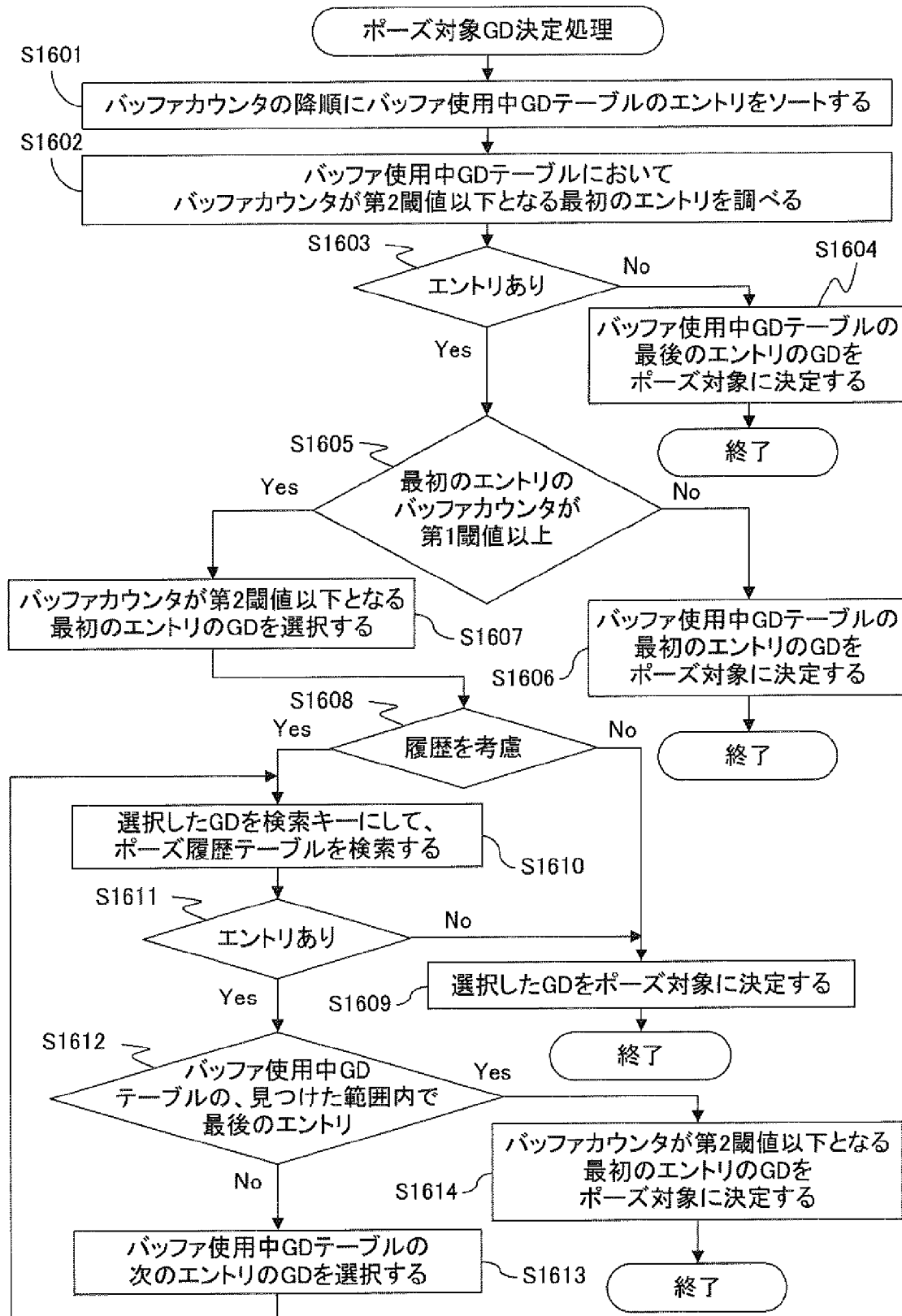
[図31]



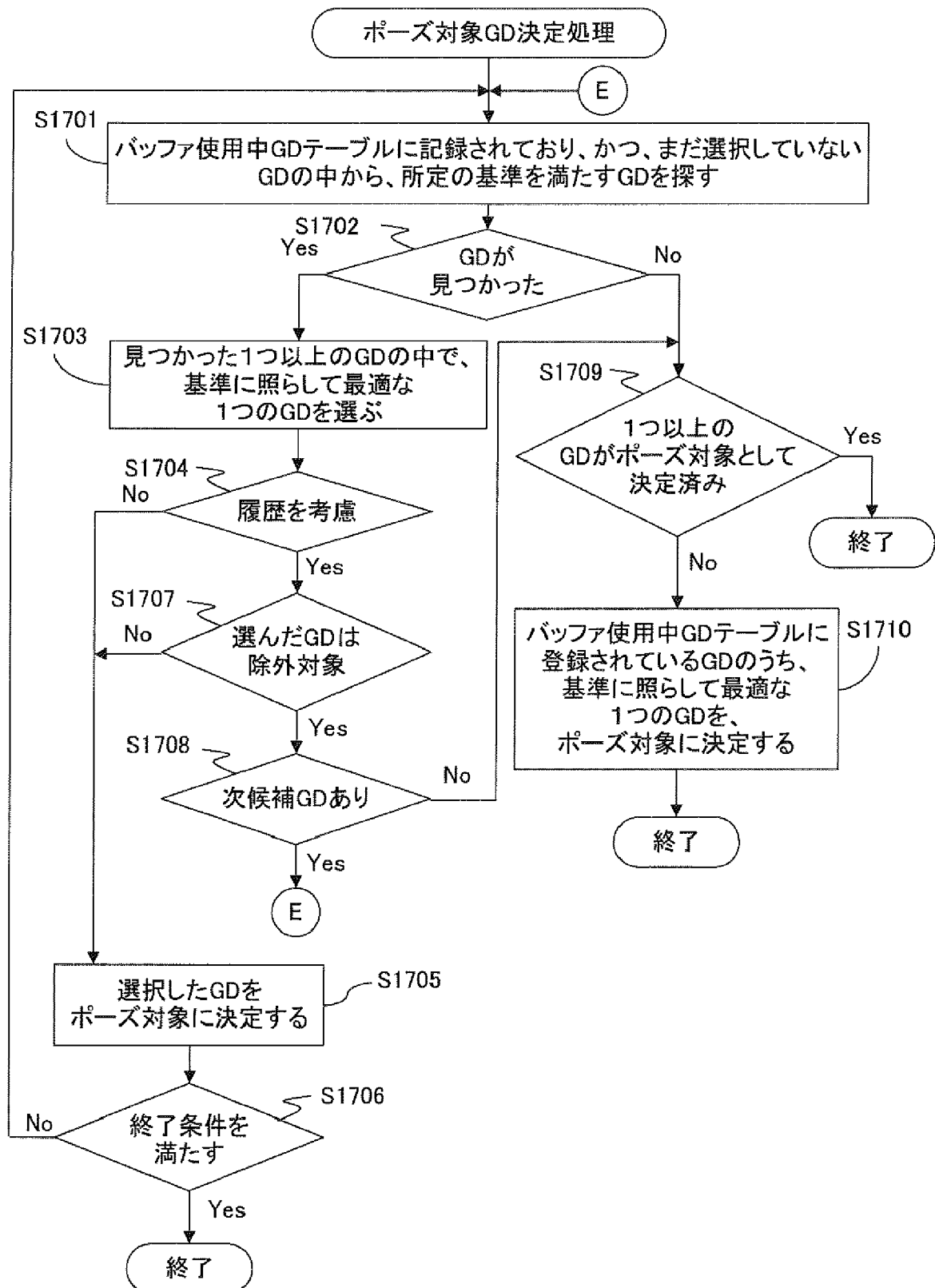
[図32]



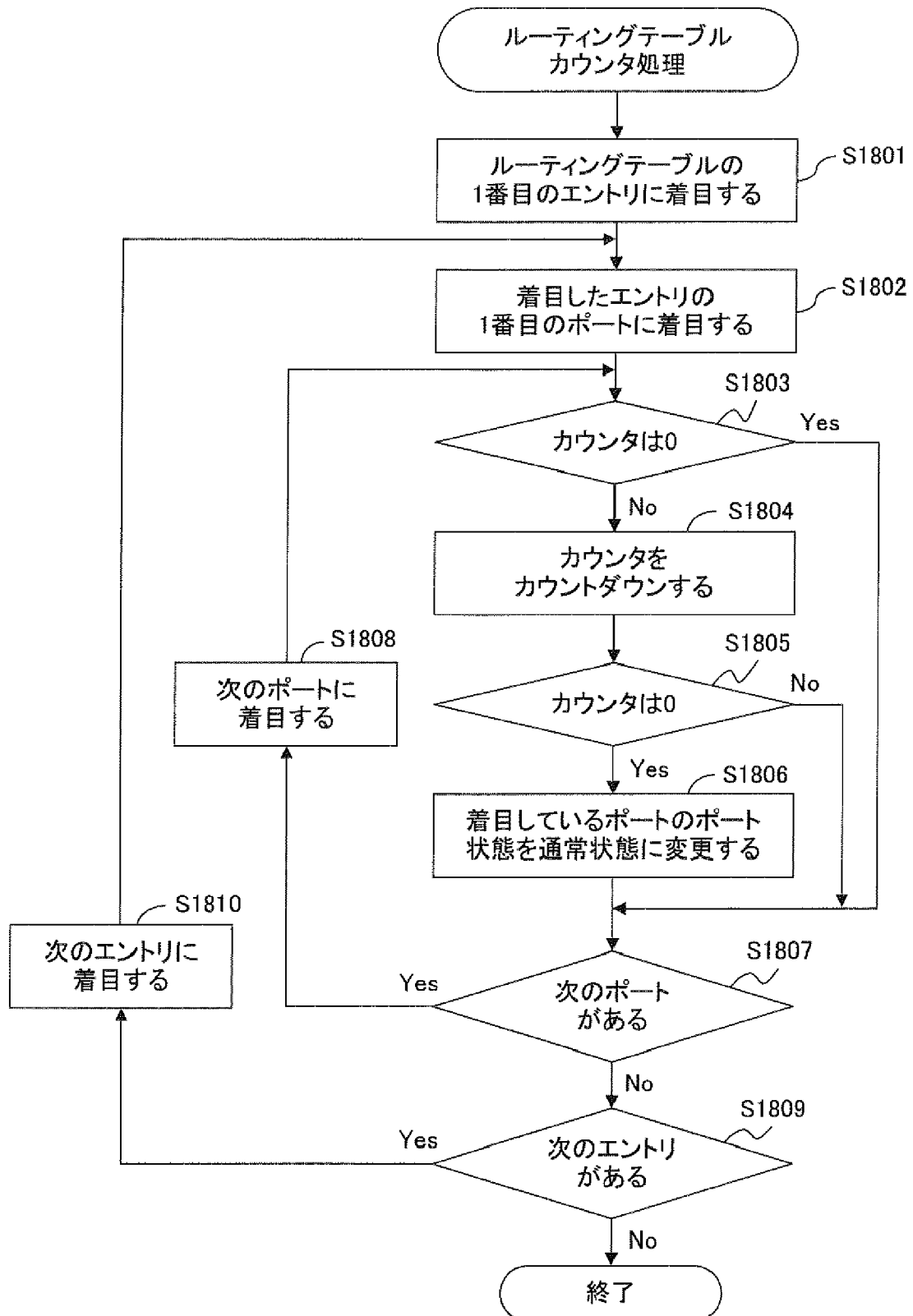
[図33]



[図34]



[図35]

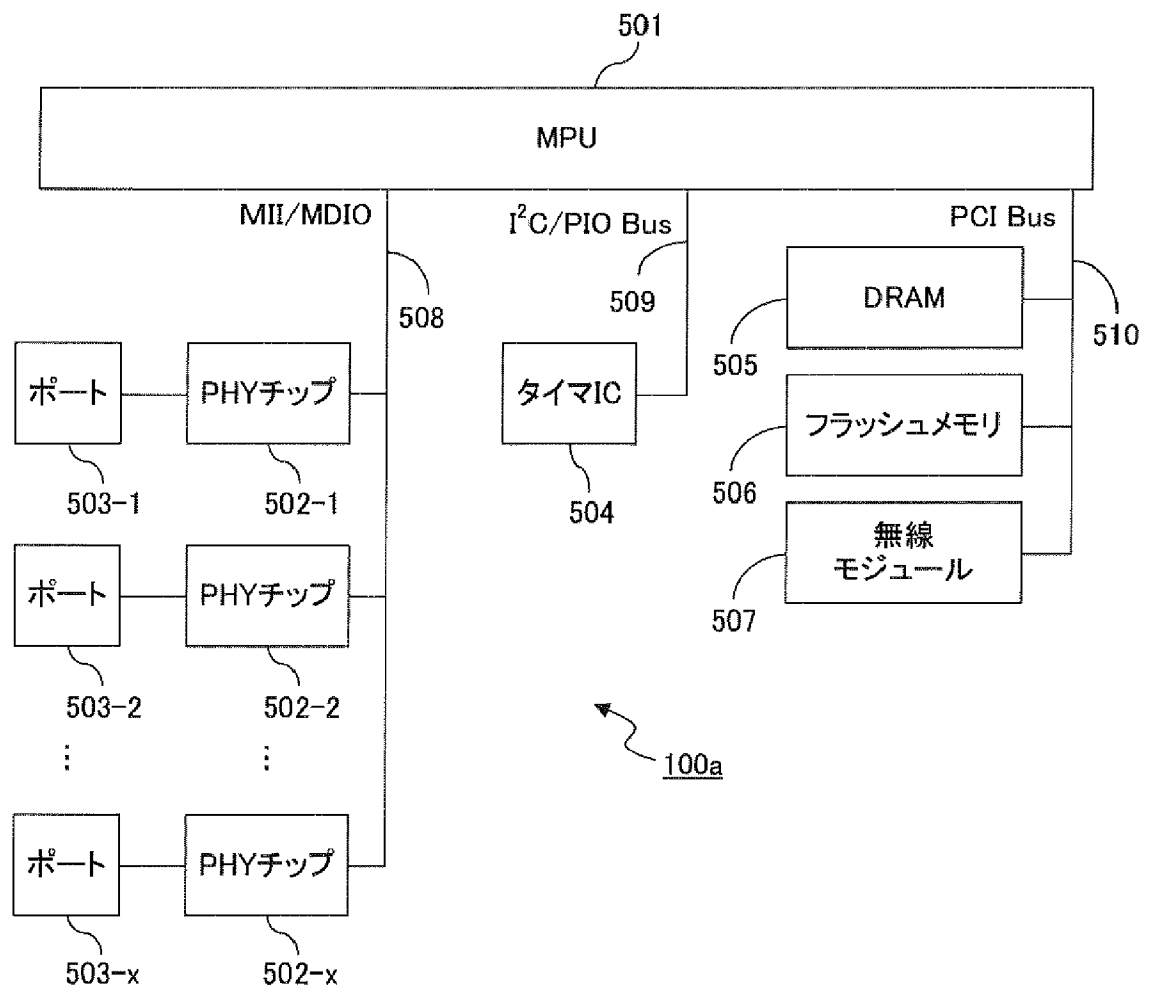


[図36]

宛先	ポーズ GD	最終更新 時刻	LD	重み	ポーズ 要求受付 フラグ	カウンタ
X	PGD _X	TW _{X,A}	A	W _{X,A}	PR _{X,A}	CT _{X,A}
		TW _{X,B}	B	W _{X,B}	PR _{X,B}	CT _{X,B}
		TW _{X,C}	C	W _{X,C}	PR _{X,C}	CT _{X,C}
Y	PGD _Y	TW _{Y,A}	A	W _{Y,A}	PR _{Y,A}	CT _{Y,A}
		TW _{Y,B}	B	W _{Y,B}	PR _{Y,B}	CT _{Y,B}
		TW _{Y,C}	C	W _{Y,C}	PR _{Y,C}	CT _{Y,C}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

121b

[図37]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/002402

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L12/46(2006.01) i, H04L12/56(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)

H04L12/46, H04L12/56

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.
A	JP 2006-311191 A (Fujitsu Ltd.), 09 November 2006 (09.11.2006), entire text (Family: none)	1-10
A	JP 2007-174152 A (Fujitsu Access Ltd.), 05 July 2007 (05.07.2007), entire text (Family: none)	1-10
A	JP 2005-252766 A (Fujitsu Ltd.), 15 September 2005 (15.09.2005), entire text (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

06 May, 2010 (06.05.10)

Date of mailing of the international search report

18 May, 2010 (18.05.10)

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. H04L12/46(2006.01)i, H04L12/56(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. H04L12/46, H04L12/56			
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	
A	JP 2006-311191 A（富士通株式会社）2006.11.09, 全文（ファミリーなし）	1-10	
A	JP 2007-174152 A（富士通アクセス株式会社）2007.07.05, 全文（ファミリーなし）	1-10	
A	JP 2005-252766 A（富士通株式会社）2005.09.15, 全文（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 0 6 . 0 5 . 2 0 1 0		国際調査報告の発送日 1 8 . 0 5 . 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） 福岡 裕貴 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 9 6	5 X 3 9 8 8 3 5 9 6