

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年9月25日(25.09.2014)



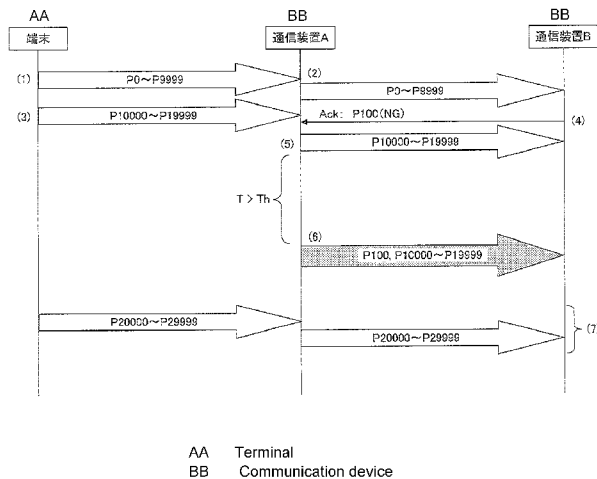
(10) 国際公開番号
WO 2014/14774 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 12/70 (2013.01) H04L 1/16 (2006.01)
H04L 1/08 (2006.01) H04L 12/66 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/057920
- (22) 国際出願日: 2013年3月20日(20.03.2013)
- (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: 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: 佐沢真一 (SAZAWA, Shinichi); 〒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). 佐藤裕一 (SATO, Yuichi); 〒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). 亀山裕亮 (KAMEYAMA, Hiroaki); 〒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).
- (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3F 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, BN, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATION METHOD, COMMUNICATION DEVICE, AND COMMUNICATION PROGRAM

(54) 発明の名称: 通信方法、通信装置、および、通信プログラム



(57) Abstract: In the present invention, a network includes first through third communication devices. The second communication device specifies, from packets received from the first communication device, a transfer packet which is a packet to be transferred to the third communication device, and measures an interval at which transfer packets are received from the first communication device. The second communication device transfers the transfer packet to the third communication device. The second communication device receives notification information for notifying about a transfer packet reception state from the third communication device, and uses the notification information to select, from among packets transferred to the third communication device, a packet of concern, i.e., a packet for which the second communication device has not received notification from the third communication device about successful reception. When the interval at which transfer packets are received from the first communication device exceeds a threshold, the second communication device retransmits the packet of concern in an error-correctable format to the third communication device.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2014/14774 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

ネットワークは第 1～第 3 の通信装置を含む。第 2 の通信装置は、第 1 の通信装置から受信したパケットから、第 3 の通信装置に転送するパケットである転送パケットを特定し、転送パケットを第 1 の通信装置から受信する間隔を計測する。第 2 の通信装置は、転送パケットを第 3 の通信装置に転送する。第 2 の通信装置は、転送パケットの受信状況を通知する通知情報を、第 3 の通信装置から受信し、通知情報を用いて、第 3 の通信装置へ転送したパケットのうちで第 3 の通信装置から受信の成功が通知されていないパケットである対象パケットを選択する。第 2 の通信装置は、第 1 の通信装置から転送パケットを受信する間隔が閾値を超えると、対象パケットを、誤り補正が可能な形式で第 3 の通信装置に再送信する。

明 細 書

発明の名称：通信方法、通信装置、および、通信プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、複数の通信装置の間で行われる通信に関する。

背景技術

[0002] クラウドコンピューティングの普及により、通信の高速化が求められているが、データの送受信を行う通信装置同士の距離は、事業のグローバル化などにより長くなってきている。Transmission Control Protocol (TCP) など、通信中に消失したパケットを再送する方式を用いて通信が行われる場合、送信側の通信装置は、受信側の通信装置からの確認応答パケットを用いて、次に送信するデータの大きさや再送を行うかを決定する。送信側の通信装置と受信側の通信装置との間の経路の往復遅延時間 (Round Trip Time、RTT) は、送信側の通信装置と受信側の通信装置の間の距離が長いほど長くなる。このため、TCPを用いた通信では、送信側の通信装置と受信側の通信装置の間の距離が長くなると、通信速度が遅くなってしまふ。一方、誤り訂正を用いる通信方式では、送信側の通信装置は、送信するデータを含むパケットの他に冗長パケットを送信する。パケットロスが発生したときに、受信側の通信装置は、消失したパケットに含まれているデータを、冗長パケットを用いて復元する。このため、誤り訂正を用いる通信では、再送による遅延を防止できるが、冗長パケットを送信するために、スループットが低下するという問題がある。

[0003] 関連する技術として、冗長パケットを用いたときの通信で発生するジッタと、消失したパケットを再送する方式を用いたときの通信で発生するジッタを計測し、ジッタが小さいほうの通信方式を用いてデータを送信する通信装置が考案されている (例えば、特許文献1)。さらに、誤り訂正メカニズムを、状態パラメータやコネクションパラメータを用いて決定する方法も提案されている (例えば、特許文献2)。ここで、状態パラメータは、帯域幅や

許容される遅延時間など、データが使用されるアプリケーションに応じて要求される品質情報である。また、コネクションパラメータは、通信コネクションに関する情報である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2007/061087号

特許文献2：特表2002-507369号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 通信中に消失したパケットを再送する方式では、送信側の通信装置と受信側の通信装置の距離が長くなると、往復遅延時間が長くなることにより通信速度が落ちるという問題がある。一方、誤り訂正に使用される冗長パケットを送信する方式では、再送処理による通信速度の低下は防止できるが、冗長パケットを送信することにより、スループットが低下するという問題がある。

[0006] 使用可能な通信方式のうちでジッタが小さい方式を採用して通信を行う通信装置では、各パケットの送信にかかる時間の変動を小さくすることはできるが、通信の高速化をすることはできない。また、誤り訂正メカニズムを、状態パラメータなどを用いて決定する方法では、アプリケーションから要求される品質情報を用いて通信方式を決定することになる。このため、品質情報が分からないと適切に通信方式を選択できないという問題がある。従って、品質情報を用いて通信方式を決定する方法は、不特定のアプリケーションで用いられるデータの転送を行う通信装置には適用できない。

[0007] 本発明は、1つの側面では、スループットの低下を防ぎつつ遅延を抑制する方法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

[0008] 実施形態にかかる通信方法が用いられるネットワークは、第1の通信装置

、第2の通信装置、および、第3の通信装置を含む。前記第2の通信装置は、前記第1の通信装置から受信したパケットから、前記第3の通信装置に転送するパケットである転送パケットを特定する。前記第2の通信装置は、前記転送パケットを前記第1の通信装置から受信する間隔を計測する。前記第2の通信装置は、前記転送パケットを前記第3の通信装置に転送する。前記第2の通信装置は、前記転送パケットの受信状況を通知する通知情報を、前記第3の通信装置から受信する。前記第2の通信装置は、前記通知情報を用いて、前記第3の通信装置へ転送したパケットのうちで前記第3の通信装置から受信の成功が通知されていないパケットである対象パケットを選択する。前記第2の通信装置は、前記第1の通信装置から前記転送パケットを受信する間隔が閾値を超えると、前記対象パケットを、誤り補正が可能な形式で前記第3の通信装置に再送信する。

発明の効果

[0009] スループットの低下を防ぎつつ、遅延を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施形態にかかる通信方法の例を示す図である。

[図2]ネットワークの例を示す図である。

[図3]通信装置の構成の例を示す図である。

[図4]通信装置のハードウェア構成の例を示す図である。

[図5]通信方法の例を示すシーケンス図である。

[図6]送信テーブルの例を示す図である。

[図7]パケットのフォーマットの例を示す図である。

[図8]TCPヘッダとUDPヘッダのフォーマットの例を示す図である。

[図9]通信装置間でのパケットの送受信の例を示す図である。

[図10]制御応答パケットに含まれる情報の例を示す図である。

[図11]送信テーブルの更新例を示す図である。

[図12]送信データの種類によるパケットの送信パターンの例を示す図である。

。

[図13]通信装置の処理の例を示す図である。

[図14]通信装置の処理の例を説明するフローチャートである。

[図15]パケットの受信のタイミング例を説明する図である。

[図16]送信テーブルの変形例を示す図である。

[図17]ネットワークの例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 図1は、実施形態にかかる通信方法の例を示す。図1の例では、端末は通信装置Bに向けてパケットを送信するものとする。通信装置Aは、端末から受信したパケットを、通信装置Bに転送する。図1中の太い矢印は、複数のパケットを示す。図1において、「P」の文字と数字の組合せは、端末から送信されたパケットを示し、Pに続く数字は、パケットのシーケンス番号を示すものとする。白抜き矢印は、受信側が受信に失敗したパケットが送信側から再送される通信方式での通信を示す。以下、受信側が受信に失敗したパケットが送信側から再送される通信方式のことを、「再送ベース」の通信方式と記載することがある。一方、点描を含む矢印は、誤り訂正に使用される冗長パケットを送信する方式で行われる通信を示すものとする。以下の説明では、誤り訂正に使用される冗長パケットを送信する方式のことを、「誤り訂正ベース」の通信方式と記載することがある。

[0012] (1) 端末は、再送ベースの通信方式で、通信装置Bに向けて、P0～P9999のパケットを送信する。ここでは、通信装置Aは端末から送信されたパケットを全て受信できたものとする。

[0013] (2) 通信装置Aは、端末から受信したパケットを、再送ベースの方式で通信装置Bに転送する。このとき、通信装置Bは通信装置Aから送信されたパケットのうち、P100のパケットの受信に失敗したとする。

[0014] (3) 端末は、再送ベースの通信方式で、通信装置Bに向けて、P10000～P19999のパケットを送信する。

[0015] (4) 通信装置Bは、所定の時間間隔で、通信装置Aに、パケットの受信状況を通知するための制御応答パケット(Ack)を送信する。制御応答パ

ケットには、制御応答パケットが生成される時点での受信状況が記録されている。図1の例では、通信装置Bは、P100の受信に失敗したことを通知する制御応答パケットを、通信装置Aに送信する。通信装置Aは、P0~P99とP101~P9999の通信装置Bへの送信に成功し、P100の通信装置Bへの送信に失敗したことを認識する。

[0016] (5) 通信装置Aは、通信装置Bから制御応答パケットが送信されてから制御応答パケットの処理を終了するまでの間に、端末から受信したパケットP10000~P19999を、再送ベースの方式で通信装置Bに転送する。

[0017] (6) 端末から通信装置Bあてのパケットの送信が中断されたとする。端末から通信装置B宛てのパケットの送信が中断されている期間、通信装置Aは、端末からパケットを受信しないので、通信装置Aから通信装置Bへの新たなパケットの転送も中断されている。端末からパケットを受信しない期間が所定の閾値 T_h を超えると、通信装置Aは、通信装置Bへの新たなパケットの転送処理が中断している期間が閾値 T_h を超えたと判定する。ここで、閾値 T_h は、往復遅延時間(RTT)よりも短い時間に設定されるものとする。新たなパケットの転送処理が中断している期間が閾値 T_h を超えると、通信装置Aは、転送の成功が確認できていないパケットを、誤り訂正ベースの送信方法を用いて、通信装置Bに再送する。この時点では、通信装置Aは、通信装置Bから新たに制御応答パケットを受信していないため、P10000~P19999については送信が成功しているかを知らない。さらに、通信装置Aは、手順(4)でP100のパケットの転送に失敗したことを認識している。そこで、通信装置Aは、通信装置Bに、P100とP10000~P19999のパケットを、誤り訂正ベースで再送する。

[0018] 通信装置Bは、通信装置Aから再送されたパケットにより、P100とP10000~P19999を受信できる。手順(6)では、通信装置Aから誤り訂正ベースでパケットが送信されているので、通信装置Bは、受信に失敗したパケットについては、冗長パケットなどを用いて復元することができ

る。

[0019] (7) 端末は、新たにパケットP20000~P29999を通信装置Aに送信したとする。すると、通信装置Aは、通信装置Bに、再送ベースの通信方法により、P20000~P29999を転送する。

[0020] このように、通信装置Aは、新たな転送対象のパケットを受信しない期間が閾値を超えると、パケットの転送に使用できる帯域の空きが増えたと判定する。そこで、新たなパケットの転送を行う合間に、転送の成功が確認できていないパケットを、誤り訂正ベースの通信方法で、再度、転送する。このため、制御応答パケットを待っているパケットについては、制御応答パケットの到着を待たずに再送処理が行われる。従って、制御応答パケットを待っているパケットであり、かつ、1度目の送信に失敗しているパケットについては、往復遅延時間(RTT)が経過する前に再送が行われることになる。従って、実施形態にかかる通信方法を用いると、RTTが長くなっても、遅延を抑えることができる。

[0021] なお、以下の説明では、通信装置Aと通信装置Bの間での往復遅延時間は、通信にかかる時間の計測に用いられるパケット(計測パケット)の送信時刻から計測パケットの応答パケットの受信時刻までの時間であるものとする。例えば、通信装置Aが第1の計測パケットを通信装置Bに送信した時刻から、第1の計測パケットの応答として通信装置Bから送信された第2の計測パケットを通信装置Aが受信する時刻までが、通信装置Aと通信装置Bの間のRTTである。

[0022] ところで、実施形態にかかる通信装置は、新たなパケットの転送を行う合間に行う再送では冗長パケットを送信するが、再送ベースで通信している間は冗長パケットを送信しない。このため、実施形態にかかる通信方法では、冗長パケットの送信によるスループットの低下を小さく抑えることができる。

[0023] なお、図1の例では、理解し易くするために、端末から通信装置B宛てのパケットが送信されているケースを例として説明したが、端末からのパケッ

トは、通信装置Bを介して他の装置に転送されても良いものとする。

[0024] <ネットワークの例と装置構成>

図2は、実施形態にかかる通信装置10が用いられるネットワークの例を示す。図2は、Wide Area Network (WAN) 2をはさんで、端末1とデータセンタ3中のサーバ4が通信する場合のネットワークの例を示す。データセンタ3には、通信装置10bとサーバ4が含まれているものとする。また、端末1は、通信装置10aを介してWAN2にアクセスするものとする。ここで、通信装置10aおよび通信装置10bは、WAN高速化装置として動作することができるものとする。なお、端末1の数とデータセンタ3に含まれているサーバ4の数は任意である。

[0025] 図3は、通信装置10の構成の例を示す。通信装置10は、送信部11、受信部12、送受信部13、転送処理部14、再送処理部15、パケット処理部16、受信パケット管理部17、帯域算出部18、切り替え部20を備える。切り替え部20は、計測部21、選択部22、閾値計算部23を有する。

[0026] 送信部11は、通信装置10がWAN2に含まれている装置や、他の通信装置10にパケットを送信するときに使用される。送信部11は、転送処理部14、再送処理部15、受信パケット管理部17などから入力されたパケットを、宛先に向けて送信する。受信部12は、WAN2に含まれている装置や、他の通信装置10からパケットを受信する。受信部12は、受信したパケットを、パケット処理部16に出力する。送受信部13は、通信装置10が端末1やサーバ4との間でパケットを送受信するときに使用される。送受信部13は、端末1から受信したパケットを、選択部22に出力する。

[0027] 転送処理部14は、選択部22から入力されたパケットを、再送ベースの通信方法を用いてWAN2に送信するためのパケットに変換して、送信部11に出力する。再送処理部15は、選択部22から入力されたパケットを、誤り訂正ベースの通信方法を用いてWAN2に送信するためのパケットに変換して、送信部11に出力する。パケットのフォーマットについては後述す

る。

- [0028] パケット処理部 16、受信パケット管理部 17、帯域算出部 18は、通信装置 10が、WAN 2を介して接続されている他の通信装置 10からパケットを受信している場合に処理を行う。パケット処理部 16は、他の通信装置 10から受信したパケットを、端末 1やサーバ 4に送信可能な形式に変換する。パケット処理部 16は、処理済みのパケットを送受信部 13に出力する。すると、送受信部 13は、端末 1またはサーバ 4に宛てたパケットを端末 1またはサーバ 4に送信する。
- [0029] 受信パケット管理部 17は、パケット処理部 16での受信状況をモニタする。例えば、受信パケット管理部 17は、現在受信しているパケットのシーケンス IDの最大値と受信できたパケットのシーケンス IDを特定する。シーケンス IDについては後述する。受信パケット管理部 17は、特定した情報を用いて、送信側の通信装置 10に宛てた制御応答パケットを生成する。受信パケット管理部 17は、制御応答パケットを送信部 11に出力する。
- [0030] 帯域算出部 18は、通信装置 10が、WAN 2を介して接続されている他の通信装置 10からパケットを受信している場合、パケットの受信に使用している帯域幅を算出する。帯域算出部 18は、得られた帯域幅を受信パケット管理部 17に通知する。
- [0031] 計測部 21は、通信装置 10が端末 1からパケットを受信していない期間の長さを計測する。計測部 21は、通信装置 10が端末 1からパケットを受信すると、計測値を 0にリセットする。
- [0032] 選択部 22は、送受信部 13から入力されたパケットを、転送処理部 14に出力する。さらに、選択部 22は、通信装置 10が他の通信装置 10に転送したパケットと、送信先の通信装置 10から制御応答 (Ack)を受信したパケットを特定することにより、パケットの送信状況をモニタする。選択部 22は、通信装置 10が端末 1からパケットを受信していない期間 Tが閾値 T_h を越えると、送信済みのパケットのうちで Ackを受信していないパケットを選択する。言い換えると、選択部 22は、誤り訂正ベースの再送処

理の対象とするパケットを選択する。選択部 22 は、選択したパケットを、再送処理部 15 に出力する。閾値計算部 23 は、選択部 22 が判定に使用する閾値 T_h を計算し、得られた閾値を選択部 22 に出力する。さらに、選択部 22 は、送信部 11 からパケットが送信された最新の時刻をモニタする。

[0033] 図 4 は、通信装置 10 のハードウェア構成の例を示す。通信装置 10 は、プロセッサ 31、メモリ 32、バス 35、外部記憶装置 36、ネットワーク接続装置 39 を備える。さらにオプションとして、通信装置 10 は、入力装置 33、出力装置 34、媒体駆動装置 37 を備えても良い。通信装置 10 は、例えば、コンピュータなどで実現されることがある。

[0034] プロセッサ 31 は、Central Processing Unit (CPU) を含む任意の処理回路とすることができる。プロセッサ 31 は、転送処理部 14、再送処理部 15、パケット処理部 16、受信パケット管理部 17、帯域算出部 18、切り替え部 20 として動作する。なお、プロセッサ 31 は、例えば、外部記憶装置 36 に記憶されたプログラムを実行することができる。メモリ 32 は、プロセッサ 31 の動作により得られたデータや、プロセッサ 31 の処理に用いられるデータも、適宜、記憶する。ネットワーク接続装置 39 は、他の装置との通信に使用され、送信部 11、受信部 12、送受信部 13 として動作する。

[0035] 入力装置 33 は、例えば、ボタン、キーボードやマウスとして実現され、出力装置 34 は、ディスプレイなどとして実現される。バス 35 は、プロセッサ 31、メモリ 32、入力装置 33、出力装置 34、外部記憶装置 36、媒体駆動装置 37、ネットワーク接続装置 39 の間を相互にデータの受け渡しが行えるように接続する。外部記憶装置 36 は、プログラムやデータなどを格納し、格納している情報を、適宜、プロセッサ 31 などに提供する。媒体駆動装置 37 は、メモリ 32 や外部記憶装置 36 のデータを可搬記憶媒体 38 に出力することができ、また、可搬記憶媒体 38 からプログラムやデータ等を読み出すことができる。ここで、可搬記憶媒体 38 は、フロッピーディスク、Magneto-Optical (MO) ディスク、Compact Disc Recordable (C

D-R) やDigital Versatile Disk Recordable (DVD-R) を含む、持ち運びが可能な任意の記憶媒体とすることができる。

[0036] <第1の実施形態>

以下、図2に示すネットワークにおいて、端末1とサーバ4の間で通信が行われるケースでの通信装置10の処理を説明する。図5は、通信方法の例を示すシーケンス図であり、図5の(A)～(E)に分けて、通信装置10aおよび通信装置10bで行われる処理を説明する。以下の例では、通信装置10aは端末1との間でTCPパケットを送受信し、通信装置10bはサーバ4との間でTCPパケットを送受信する。また、通信装置10aが通信装置10bに向けてデータを送信する場合を例とする。さらに、第1の実施形態では、理解し易くするために、通信装置10aと通信装置10bは、WAN2に設置されている専用線を用いて通信しているものとする。さらに、通信装置10aと通信装置10bのいずれの動作であるかを分り易くするために、通信装置10中の部分の番号の後ろに、その処理を行っている通信装置10の番号に含まれているアルファベットを記載するものとする。例えば、計測部21aは通信装置10aに含まれている計測部21であり、受信パケット管理部17bは、通信装置10bに含まれている受信パケット管理部17である。

[0037] (A) 端末1から受信したパケットの転送処理

まず、端末1がサーバ4宛のデータを通信装置10aに送信する。端末1と通信装置10aの間の通信では、図5の(a1)に示すように、TCPプロトコルを用いて行われ、適宜、確認応答や再送処理が行われる。通信装置10aは、端末1との通信を開始するとき、TCP通信を行っている端末1を一意に認識するための識別番号(TCPアプリケーション識別子)を、端末1との間の通信で使用されるコネクションに対して割り振る。

[0038] ここで、パケットP0～P19999が連続的に通信装置10aに送信されたとする。通信装置10aの計測部21aは、通信装置10aが端末1からパケットを受信するごとにパケットを受信していない期間の長さを0にリ

セットする。送信側の通信装置 10 a の選択部 22 a は、送受信部 13 a からパケット P0 を取得し、送信テーブルを作成する（図 5 の（a2）、（a3））。

[0039] 図 6（a）は、送信テーブルの例を示す。送信テーブルは、端末 1 から受信したパケットを保持する。送受信部 13 a は、パケット P0 を選択部 22 a に出力する。このとき、選択部 22 a は、パケット P0 が端末 1 からサーバ 4 に転送する対象のパケットであるため、パケット P0 に送信中であることを示すフラグを付加する。以下、送信中であることを示すフラグを「送信中フラグ」と記載することがある。さらに、選択部 22 a は、端末 1 から受信した各パケットに対し、TCP アプリケーション識別子ごとに、同じコネクションを介して受信したパケットの順序を示す識別子として、シーケンス ID を割り当てる。選択部 22 a は、TCP アプリケーション識別子で識別されるコネクションを介して最初に受信したパケットのシーケンス ID を 0 とし、受信したパケットの順序になるように、シーケンス ID を割り当てるものとする。以下の説明では、分かりやすくするために、端末 1 から送信された最初のパケットのシーケンス番号が 0 であるケースを例として説明する。従って、以下の例では、パケットの TCP ヘッダ中のシーケンス番号と、パケットに割り当てられたシーケンス ID は同じ値である。選択部 22 a は、パケット P0 に割り当てたシーケンス ID をキーとしたハッシュテーブルを生成して、パケット P0 を記憶する。さらに、選択部 22 a は、送受信部 13 a から入力されたパケット P0 を、TCP アプリケーション識別子およびシーケンス ID に対応付けて、転送処理部 14 a に出力する。

[0040] P1～P9999 のパケットを受信したときも、P0 のときと同様に処理する。このため、選択部 22 a は、パケット P0～P9999 を処理することにより、図 6（a）に示す情報を格納したハッシュテーブルを備えることになる。さらに、選択部 22 a は、パケット P0～P9999 を、転送処理部 14 a に出力する。転送処理部 14 a は、選択部 22 a から入力されたパケットを転送パケットに変換する（図 5 の（a4））。

[0041] 図7は、パケットのフォーマットの例を示す図である。図7は、通信装置10aと通信装置10bの間で送受信されるパケットの例を示している。以下、通信装置10aと通信装置10bの間でデータの送受信に使用されるパケットのことを「転送パケット」と記載することがある。図7(a)は、データの転送に使用されるパケットのフォーマットの例である。データの転送に使用される転送パケットは、Internet Protocol (IP) ヘッダ、User Datagram Protocol (UDP) ヘッダ、プロトコルID情報、データヘッダ、データを含む。IPヘッダとUDPヘッダのフォーマットは、それぞれのプロトコルで規定された通りである。プロトコルIDは、転送パケットが、データの転送と、データの再送のいずれに使われているかを判定するための情報を格納する。データヘッダは図7(c)に示すように、TCPアプリケーション識別子、シーケンスID、パケットIDを含む。データは、転送パケットにより送信されるデータである。

[0042] 図7(d)は、選択部22aから転送処理部14aに入力されるパケットの例を示す図である。選択部22aから転送処理部14aに入力されるパケットは、IPヘッダ、TCPヘッダ、および、データを含む。転送処理部14aは、選択部22aから入力されたパケットのIPヘッダは変更しない。

[0043] TCPヘッダに含まれている情報要素の例を図8(a)に示す。TCPヘッダは、送信元ポート番号、宛先ポート番号、シーケンス番号、確認応答番号、データオフセット、リザーブ領域、制御ビット、ウィンドウサイズ、チェックサム、緊急ポインタ、オプションを含む。一方、UDPヘッダは、図8(b)に示すように、送信元ポート番号、宛先ポート番号、セグメントサイズ、チェックサムを含む。

[0044] そこで、転送処理部14aは、パケットP0が選択部22aから入力されると、パケットP0のTCPヘッダから、送信元ポート番号、宛先ポート番号、シーケンス番号を取得する。転送処理部14aは、取得した送信元ポート番号と宛先ポート番号を、転送パケットのUDPヘッダの送信元ポート番号と宛先ポート番号に設定する。転送処理部14aは、選択部22aから通

知されたTCPアプリケーションの識別子とシーケンスIDをデータヘッダに含める。転送処理部14は、端末1から受信したパケットのTCPヘッダに含まれていたシーケンス番号を、パケットIDとしてデータヘッダに記録する。

[0045] さらに、転送処理部14aは、プロトコルIDを、データの転送を表す値に設定する。転送処理部14aは、パケットP0のデータを転送パケットのデータとし、セグメントサイズ、チェックサムを設定する。以上の処理により、転送処理部14aは、パケットP0を、パケットP0によって送信されたデータを含む転送パケットに変換する。転送処理部14aは、生成した転送パケットを送信部11aに出力する(図5の(a5))。

[0046] 図9は、通信装置10aと通信装置10bの間でのパケットの送受信の例を示す。送信部11aは、転送処理部14aから入力された転送パケットを通信装置10bに送信する(図5の(a6))。選択部22aは、送信部11aが転送パケットを送信した時刻を最終送信時刻として記憶する。図9の転送パケット(U0)は、パケットP0から変換された転送パケットを表す。その他に通信装置10aが通信装置10bに転送するパケットについても、パケットP0と同様に転送処理部14aでの変換処理と送信部11aからの送信処理が行われる。図9で通信装置10aから通信装置10bに送信されている各パケットは、Uの後に続く数字と同じ値のシーケンスIDが付けられた転送パケットであるものとする。なお、選択部22aは、通信装置10aから転送パケットが送信されるたびに、最終送信時刻を新たな送信時刻に更新する。

[0047] (B) 通信装置10bで行われる受信処理とサーバ4への転送処理
通信装置10bは、通信装置10aから転送パケットを受信する(図5の(b1))。通信装置10bの受信部12bは、受信したパケットを、パケット処理部16bに出力する(図5の(b2))。パケット処理部16bは、入力された転送パケット中のデータヘッダからシーケンスIDとTCPアプリケーション識別子を抽出し、得られた値を受信パケット管理部17bに

出力する。受信パケット管理部 17 b は、パケット処理部 16 b から入力された値を、通信装置 10 a から受信できたパケットのシーケンス ID として、TCP アプリケーション識別子に対応付けて記憶する。転送パケット U0 からは、シーケンス ID = 0 が得られるので、受信パケット管理部 17 b は、シーケンス ID = 0 のパケットの受信に成功したと認識する。

[0048] 次に、パケット処理部 16 b は、転送パケットの UDP ヘッダ中の情報とデータヘッダ中のパケット ID を含む TCP ヘッダを生成する。ここで、パケット処理部 16 b は、パケット ID を、TCP ヘッダ中のシーケンス番号とする。さらに、パケット処理部 16 b は、UDP ヘッダの送信元ポート番号と宛先ポート番号を、TCP ヘッダの送信元ポート番号と宛先ポート番号に設定する。パケット処理部 16 b は、転送パケットから UDP ヘッダ、プロトコル ID、データヘッダを除去し、これらの情報の代わりに生成した TCP ヘッダを含めることにより、端末 1 から送信された情報を含む TCP パケットを生成する (図 5 の (b4))。例えば、転送パケット U0 からは、パケット P0 で送信された情報を含む TCP パケットが生成される。パケット処理部 16 b は、生成したパケットを送受信部 13 b に出力する。送受信部 13 b は、パケット処理部 16 b から入力されたパケットを、サーバ 4 に送信する (図 5 の (b5))。

[0049] 通信装置 10 b は、他に受信した転送パケットも同様に処理する。このため、通信装置 10 b が通信装置 10 a から受信できた転送パケットに含まれている情報は、サーバ 4 に送信される。さらに、帯域算出部 18 b は、パケットの受信に使用した帯域幅を計算する。受信パケット管理部 17 b は、通信装置 10 b が通信装置 10 a から受信することができたパケットに含まれているシーケンス ID を記憶している。例えば、通信装置 10 b は、受信したパケットのシーケンス ID を記録するテーブル (受信テーブル) を保持することができる (図 5 の (b3))。ここでは、通信装置 10 b は、シーケンス ID が 0 ~ 8019、8024 ~ 8699、8701 ~ 9009、9022 ~ 9999 のパケットの受信に成功したとする。受信パケット管理部 1

7 b は、受信に成功したパケットのシーケンス ID を記憶する。

[0050] (C) 通信装置 10 b からの制御応答パケットの送信

通信装置 10 b は、予め決められた周期ごとに、通信装置 10 a に制御応答パケット (Ack) を送信することにより、受信状況を通知する。制御情報の通知に使用されるパケットのフォーマットを、図 7 (b) に示す。制御情報の通知に使用されるパケットは、IP ヘッダ、UDP ヘッダ、プロトコル ID 情報、データヘッダ、制御情報を含む。制御応答パケットの場合、プロトコル ID 情報は Ack に設定され、制御情報には、受信に成功したパケットを特定する情報が記録される。

[0051] 図 10 は、制御応答パケットの制御情報に含まれる情報の例を示す図である。制御応答パケット中の制御情報には、制御情報識別子、受信サイズ、最大受信サイズ、受信帯域、応答要求情報、再送開始 ID、再送開始シーケンス長が含まれる。制御情報識別子は、受信状況を報告する対象となっているパケットに含まれていた TCP アプリケーション識別子である。受信サイズは、TCP アプリケーション識別子が等しいパケットのうち、連続的に受信に成功したパケットの末端まで得られるデータの総量をバイト単位で示した値である。受信サイズを 1 つの転送パケット中のペイロードの大きさを割ると、連続的に受信できているシーケンス ID の最大値が得られる。なお、転送パケット中のペイロードの大きさは、予め、通信装置 10 a と通信装置 10 b に設定されているものとする。最大受信サイズは、受信に成功しているパケットに付されているシーケンス ID の最大値と、転送パケットのペイロードのバイト数の積である。受信帯域は、通信装置 10 b が通信装置 10 a からの転送パケットの受信に使用した帯域幅である。通信装置 10 b の受信帯域は、帯域算出部 18 b が算出する。

[0052] 再送開始 ID と再送開始シーケンス長は、組合せで使用される。再送開始 ID は、通信装置 10 b が受信に失敗したパケットをシーケンス ID が連番になっているグループごとに分けたときに、各グループの中の最小のシーケンス ID となる値である。再送開始シーケンス長は、再送開始 ID を最小値

とするグループに属する受信に失敗したパケットの数である。応答要求情報は、パケットに対するAckを要求するかを示す値である。再送ベースの送信方法の場合、応答要求情報は、Ackを要求することを示す値に設定される。一方、誤り訂正ベースの再送や、Ackを通知するための制御パケットなどでは、応答要求情報は、Ackを要求しないことを示す値に設定される。

[0053] 図10は、通信装置10bが生成する制御応答パケットでの制御情報の例である。通信装置10bは、シーケンスIDが0~8019、8024~8699、8701~9009、9022~9999のパケットの受信に成功している。このため、通信装置10bの受信パケット管理部17bは、8020~8023、8700、9010~9021のシーケンスIDが割り当てられたパケットの再送を通信装置10aに要求するための制御応答パケットを生成する。受信パケット管理部17bは、受信サイズを $8019 \times U$ 、最大受信サイズを $10000 \times U$ に設定する。ここで、Uは、転送パケットのペイロード長である。さらに、受信パケット管理部17bは、再送開始IDとして、8020、8700、9010を指定する。さらに、受信パケット管理部17bは、再送開始ID=8020に対応する再送開始シーケンス長を4に指定することにより、8020~8023のシーケンスIDが割り当てられたパケットの再送を要求する。同様に、受信パケット管理部17bは、再送開始ID=8700に対応する再送開始シーケンス長を1、再送開始ID=9010に対応する再送開始シーケンス長を11に指定する。さらに、受信パケット管理部17bは、帯域算出部18bで得られた受信帯域を制御応答パケットに含める(図5の(c1))。

[0054] 受信パケット管理部17bは、宛先を通信装置10a、送信元を通信装置10bに指定したIPヘッダを、制御応答パケットに付加する。さらに、受信パケット管理部17bは、UDPヘッダ、データヘッダなども適宜設定し、プロトコルIDに制御応答パケットであることを示す情報を含める。受信パケット管理部17bは、生成した制御応答パケットを、送信部11bに出

力する。送信部 11b は、入力された制御応答パケットを、通信装置 10a に送信する（図 5 の（c2））。

[0055] (D) 制御応答パケットを用いた送信履歴管理

通信装置 10a は、シーケンス ID = 9999 のパケットの送信後で、通信装置 10b から制御応答パケットを受信する前に、シーケンス ID が 10000 ~ 19999 のパケットを通信装置 10b に送信していたとする。すると、通信装置 10b からの制御応答パケットを受信する前に選択部 22a は、送信中のパケットの情報として、図 6（b）に示す情報を保持している。

[0056] その後、通信装置 10a の受信部 12a は、図 10 を参照しながら説明した情報を含む制御応答パケットを受信する。受信部 12a は、制御応答パケットをパケット処理部 16a に出力する（図 5 の（d1））。パケット処理部 16a は、プロトコル ID の値が制御応答パケットであることを示す情報である場合、入力されたパケットを選択部 22a に出力する。選択部 22a は、制御応答パケットが入力されると、通信装置 10b での受信状況に応じて、送信中のパケットの情報を更新する。

[0057] 図 11 は、送信テーブルの更新例を示す。選択部 22a は、制御応答パケットから送信に成功したことが確認できたパケットの情報を削除する。例えば、図 10 に示す情報を含む制御応答パケットを受信すると、選択部 22a は、シーケンス ID が 0 ~ 8019、8024 ~ 8699、8701 ~ 9009、9022 ~ 9999 のパケットの送信に成功したと判定する。一方、選択部 22a は、8020 ~ 8023、8700、9010 ~ 9021 のシーケンス ID が割り当てられたパケットの送信に失敗したと判定する。さらに、シーケンス ID が 10000 ~ 19999 のパケットについては、制御応答パケットを受信していないので、送信の成功状況が分らないと判定する。そこで、送信に成功したと判定したパケットの情報を削除することにより、送信中のパケットの情報を、図 6（b）に示す情報から、図 11 に示す情報に更新する（図 5 の（d2））。

- [0058] (E) 新たなパケットの転送の中断中に行われる誤り訂正ベースの再送
- 図12は、送信データの種類によるパケットの送信パターンの例を示す。ファイル転送が行われる場合、端末1からのデータの送信は連続的に行われる。このため、図12(a)に示すように、通信装置10aが端末1からのパケットを受信しない時間間隔は、比較的短い。言い換えると、通信装置10aは、端末1から連続的にパケットを受信する。一方、送信データが動画などである場合、図12(b)に示すように、動画フレームレートに応じて、パケットが端末1から送信されない期間が発生する。このため、端末1から動画が転送されている場合、通信装置10aが端末1からパケットを受信しない期間は、ファイル転送が行われている場合に比べて長い。
- [0059] 通信装置10aが、端末1からパケットを受信しない場合、通信装置10aは新たなパケットを通信装置10bに転送しないので、通信装置10aと通信装置10bの通信回線に空き容量が発生する可能性がある。そこで、通信装置10aは、新たなパケットの転送を行わないことによって発生した空き容量で、送信の成功が確認できていないパケットを誤り訂正ベースで再送する。以下、誤り訂正ベースの再送を行うかを判定する方法から、再送処理までを詳しく説明する。
- [0060] 通信装置10aの閾値計算部23aは、誤り訂正ベースの再送を行うかを判定するために使用する閾値を計算する。選択部22aは、再送の対象となるパケットを選択して、選択したパケットのデータ量を閾値計算部23aに通知する。ここで、選択部22aは、送信に失敗したことを通知されているパケットに加えて、制御応答パケットによって受信状況が通知されていないパケットも、再送対象とする。従って、図11を用いて説明した例では、選択部22aは、シーケンスIDが8020~8023、8700、9010~9021、10000~19999のパケットを再送対象とする。
- [0061] 閾値計算部23aは、受信の確認が取れていないデータを誤り訂正ベースで再送する際に送信する冗長分の情報量を、未使用の帯域幅で送信できる時間を閾値として求め、得られた値を選択部22aに通知する。閾値計算部2

3 aは、次式により閾値 T_h を計算する。なお、ここでは、閾値 T_h が往復遅延時間 (RTT) よりも小さい値である場合について説明する。

$$T_h = X \times A / (B - B_{used})$$

ここで、 X は再送しようとするデータの総量をバイト単位で示す値である。 A は、誤り訂正ベースの再送を行うために送信する冗長分のパケットに含まれるデータ量が再送の対象とするデータの総量に対して占める割合である。 A は、再送方式によって任意に設定されるが、例えば、0.1~0.2程度の値に設定することができる。 B は、通信装置 10 a と通信装置 10 b の間を結ぶ回線の帯域幅である。なお、閾値計算部 23 a は、予め、 A の値と帯域幅 (B) を記憶しているか、メモリ 32 a から読み出すものとする。 B_{used} は、通信装置 10 a と通信装置 10 b の間の通信に使用されている帯域幅であり、制御応答パケットによって、通信装置 10 b から通知された値を用いる。従って、 $(B - B_{used})$ は、通信装置 10 a と通信装置 10 b の間の通信に使用されていない空き帯域の帯域幅である。

[0062] 選択部 22 a は、計測部 21 a から、通信装置 10 a が端末 1 からパケットを受信していない期間の値を取得して、閾値 T_h と比較する。ここで、通信装置 10 a が端末 1 からパケットを受信していない期間が閾値 T_h を超えたとする。すると、選択部 22 a は、誤り訂正ベースの再送処理が可能であると判定する (図 5 の (e1))。

[0063] 選択部 22 a は、再送処理の対象とするパケットを、再送処理部 15 a に出力する。再送処理部 15 a は、選択部 22 a から入力されたパケットに含まれているデータを誤り訂正が可能になるように、冗長化する。例えば、再送処理部 15 a は、選択部 22 a から入力されたパケットのデータを Forward Error Correction (FEC) 符号化により、誤り訂正に用いる冗長パケットを生成する。さらに、再送処理部 15 a は、各パケットと、冗長パケットのそれぞれに、ヘッダ情報を付加する。再送処理部 15 a は、転送処理部 14 a が転送パケットを生成したときと同様の手順でヘッダ情報を付加する。ただし、再送処理部 15 a は、プロトコル ID 情報に、誤り訂正ベースの再送

パケットであることを示す情報を記録する。再送処理部 15 a は、生成したパケットを送信部 11 a に出力する（図 5 の（e 2））。送信部 11 a は、再送処理部 15 a から入力されたパケットを、通信装置 10 b に送信する（図 5 の（e 3））。選択部 22 a は、再送処理部 15 a から誤り訂正ベースで送信されたパケットを送信テーブルから削除する。

[0064] 図 13 は、実施形態にかかる通信装置の処理の例を示す。端末 1 から TCP パケットを受信している間、通信装置 10 a は、受信したパケットを UDP パケットに変換して通信装置 10 b に送信する。通信装置 10 a は、通信装置 10 b の受信パケット管理部 17 b で生成された受信テーブルの情報を含む制御応答パケット（Ack）を所定の周期で受信し、制御応答パケットに応じた再送処理を行う。なお、通信装置 10 a は、TCP パケットを端末 1 から受信している間に再送を行う場合は、送信に失敗したパケットを再送ベースで再送する。

[0065] 一方、通信装置 10 a の選択部 22 a は、端末 1 から TCP パケットを受信しない期間が所定の期間を超えると、通信装置 10 a と通信装置 10 b の間に新たなパケットが転送されていないことにより、回線が空いたと判定する。このため、選択部 22 a は、受信の確認が取れていないパケットを選択して、再送処理部 15 a に出力する。再送処理部 15 a は、FEC 符号化を用いて、選択部 22 a から入力されたパケットを誤り訂正が可能な形式にし、再送処理を行う。端末 1 からの TCP パケットの送信が再開すると、通信装置 10 a は、再度、冗長化パケットを用いない通信方法でパケットを転送する。

[0066] 図 14 は、通信装置の処理の例を説明するフローチャートである。図 14 の処理例では、TCP パケットを転送パケットに変換して転送する処理にかかる時間が、パケットによって変動しないとする。このため、計測部 21 は、最後に送信部 11 からの送信が行われた時刻（最終送信時刻）と現在時刻との差を、通信装置 10 が端末 1 からパケットを受信していない期間の近似値として扱っている。また、計測部 21 は、閾値 T_h よりも十分に短い値に

設定したタイマを保持していて、タイマがタイムアップするたびに、選択部 22 に誤り訂正ベースの再送を行うかの判定を要求するものとする。

[0067] 切り替え部 20 やパケット処理部 16 として動作しているプロセッサ 31 は、割り込みの要求があるまで待機する（ステップ S1）。プロセッサ 31 は、割り込みがあると、割り込みで要求されている内容を判定する（ステップ S2）。割り込みが TCP パケットの受信を示している場合、端末 1 からの受信パケットが選択部 22 a に入力されている（ステップ S3）。そこで、選択部 22 は TCP パケットを転送処理部 14 に出力し、転送処理部 14 は、TCP パケットを転送パケットに変換する（ステップ S4）。転送処理部 14 は、送信部 11 を介して、転送パケットを、再送ベースの転送方法で、受信側の通信装置 10 に転送する（ステップ S5）。選択部 22 は、最終送信時刻を現在時刻に更新する（ステップ S6）。

[0068] ステップ S2 において、割り込みが UDP パケットの受信を示している場合、受信側の通信装置 10 からの制御応答パケットが選択部 22 に入力されている（ステップ S7）。選択部 22 は制御応答パケットを用いて、送信テーブルを更新する（ステップ S8）。選択部 22 は、さらに、Ack を未受信であるため再送の対象とするパケットの量と、空き帯域の推定値を更新する（ステップ S9）。閾値計算部 23 は、空き帯域の値を利用して閾値 T_h を算出する（ステップ S10）。

[0069] ステップ S2 において、計測部 21 が保持するタイマのタイムアップによる割り込みであると判定された場合、計測部 21 が選択部 22 に、誤り訂正ベースの再送処理を行うかの判定を要求している（ステップ S11）。そこで、選択部 22 は、現在時刻を取得する（ステップ S12）。選択部 22 は、最終送信時刻に閾値を加えることによって得られる時刻と現在時刻を比較する（ステップ S13）。最終送信時刻に閾値を加えることによって得られる時刻が現在時刻よりも後の時刻である場合、最後にパケットを受信側の通信装置 10 に転送してから経過した時間は、閾値よりも短い。この場合、選択部 22 は、まだ誤り訂正ベースの再送をすることができる程度に、受信側

の通信装置 10 との間の帯域が空いていないと判定し、ステップ S 1 に戻る（ステップ S 1 3 で N o）。最終送信時刻に閾値を加えることによって得られる時刻が現在時刻以降の時刻である場合、最後にパケットを受信側の通信装置 10 に転送してから経過した時間は、閾値以上である。この場合、選択部 2 2 は、誤り訂正ベースの再送をすることができる程度に、受信側の通信装置 10 との間の帯域が空いていると判定し、誤り訂正ベースの再送を再送処理部 1 5 に要求する（ステップ S 1 3 で Y e s）。再送処理部 1 5 は、選択部 2 2 の要求に応じて、誤り訂正ベースの再送処理を行う。また、選択部 2 2 は最終送信時刻を現在時刻に更新する（ステップ S 1 4）。

[0070] 図 1 5 は、パケットの受信のタイミング例を説明する図である。通信装置 1 0 a が転送パケット $U_0 \sim U_n$ を、再送ベースの送信方法で通信装置 1 0 b に送信したとする。さらに、通信装置 1 0 b がパケット U_{x-1} を受信したときに生成された制御応答パケットが、通信装置 1 0 b から通信装置 1 0 a に送信されたとする。ここで、パケット $U_0 \sim U_{x-1}$ までは全て通信装置 1 0 b で受信できたとする。通信装置 1 0 a の選択部 2 2 a は、 $U_x \sim U_n$ は A c k 待ちであると判定し、 $U_x \sim U_n$ を送信テーブルに残す。

[0071] 一方、通信装置 1 0 b は、 $U_x \sim U_{n-1}$ を受信できなかったが、パケット U_n を受信したとする。すると、通信装置 1 0 b は、パケット U_n は受信できたが $U_x \sim U_{n-1}$ の受信に失敗したことを通知するための制御応答パケットを生成し、通信装置 1 0 a に向けて送信する。

[0072] ここで、パケット U_n が通信装置 1 0 b に到達するまでの間に、通信装置 1 0 a が端末 1 からパケットを受信しない期間が閾値 T_h を超えていたとする。すると、選択部 2 2 a は再送処理部 1 5 a に、誤り訂正ベースでの $U_x \sim U_n$ の再送を要求する。このため、通信装置 1 0 a は、 $U_x \sim U_n$ についての制御応答パケットを受信する前に、 $U_x \sim U_n$ を誤り訂正ベースで通信装置 1 0 b に再送する。従って、通信装置 1 0 b は、時刻 T_1 に $U_x \sim U_n$ を受信できる。 $U_x \sim U_n$ についての制御応答パケットは、通信装置 1 0 a が $U_x \sim U_n$ を送信した時刻から往復遅延時間（R T T）が経過した時刻に

通信装置 10a に到達する。このため、通信装置 10a は、制御応答パケットの受信待ちの間に、通信装置 10b からの Ack を待っているパケットであり、かつ、1 回目の送信に失敗したパケットを、そのパケットの RTT が経過する前に強制的に再送信していることになる。従って、RTT とは無関係にパケットの強制的な再送信を行うことができるため、通信装置 10a を用いた通信では、RTT の長さが長くなることによる遅延が発生しにくい。

[0073] 例えば、図 15 に示すように、通信装置 10b からの 2 回目の制御応答パケットを待ってから $U_x \sim U_{n-1}$ を再送した場合、通信装置 10b が $U_x \sim U_{n-1}$ を受信する時刻は、時刻 T_2 にまで遅延してしまう。従って、実施形態にかかる通信方法を用いると、通信装置 10a と通信装置 10b の間で発生する通信遅延を、 $T_2 - T_1$ の期間分だけ縮めることができる。さらに、誤り訂正ベースの再送は、通信装置 10a と通信装置 10b の間の回線に所定以上の空きがあることが見込まれる場合に行われる。このため、冗長パケットの送信によるスループットの低下を防ぐことができる。

[0074] 例えば、通信装置 10a と通信装置 10b の間の帯域幅が M (bps)、FEC による冗長度が A 、通信装置 10a と通信装置 10b の間の RTT が r (sec)、パケットロス率が d であるときの送信方法によるスループットとレイテンシを比較する。なお、冗長度 A は 0.1 程度、パケットロス率 d は 0.1 ~ 0.2 程度の値であると仮定する。

[0075] 再送ベースで全てのパケットの転送および再送を行うと、スループットは、 M bps である。しかし、レイテンシの期待値は、 $(r/2) \times (1 - d) + (r/2 + r) \times d$ となる。FEC で全てのパケットの転送を行う場合は、スループットは、 $M / (1 + A)$ bps となるが、レイテンシの期待値は $(r/2)$ である。

[0076] 一方、通信装置 10 を用いて転送処理を行うことにより、再送ベースの転送と誤り訂正ベースの再送を組み合わせると、スループットの期待値は M bps であり、レイテンシの期待値は $(r/2)$ である。従って、通信装置 10 を用いて、再送ベースの転送と誤り訂正ベースの再送

を行うことにより、スループットを低下させることなく、再送による遅延を抑制することができる。

[0077] <第2の実施形態>

第1の実施形態では、閾値 T_h が通信装置10aと通信装置10bの間の往復遅延時間(RTT)よりも短いケースを例として説明したが、閾値 T_h の計算値がRTTを超える場合もある。この場合、通信装置10aは、送信の成功が確認できていないパケットの再送処理を複数回に分けることにより、送信側と受信側の通信装置10の間のRTTが経過する前に、受信側の通信装置10での受信状況を確認できていないパケットを強制的に再送できる。

[0078] 第2の実施形態では、計測部21は、計測パケットを用いて通信装置10aと通信装置10bの間の通信にかかる時間も計測できるものとする。計測部21aは、第1の計測パケットを生成し、送信部11aから通信装置10bに第1の計測パケットが送信された時刻を記憶する。第1の計測パケットは通信装置10bの受信部12bで受信され、計測部21bに出力される。なお、受信部12bは、計測パケットのフォーマットを予め記憶しており、他のパケットと計測パケットを識別できるものとする。計測部21bは、第1の計測パケットに応答する第2の計測パケットを生成し、送信部11bを介して、通信装置10aに送信する。通信装置10aの受信部12aは第2の計測パケットを受信すると、計測部21aに第2の計測パケットを出力する。計測部21aは、第2の計測パケットを受信した時刻を取得し、第1の計測パケットの送信時刻との間の差分を計算する。計測部21aは、得られた差分を、RTTとして閾値計算部23aに出力する。

[0079] 閾値計算部23aは、閾値 T_h とRTTの値を比較する。閾値 T_h がRTT以上の場合、閾値計算部23aは、閾値 T_h の代わりに閾値 T_{hk} を算出する。閾値 T_{hk} が算出される場合、誤り訂正ベースの再送処理を行うかの判定の際に、閾値 T_h の代わりに閾値 T_{hk} が使用される。閾値 T_{hk} は、以下の式から算出される。

$$Thk = Y \times A / (B - B_{used}) = X \times A / K (B - B_{used}) = Th / K$$
ここで、 $Y = X / K$ である。Yは、1回の誤り訂正ベースの再送処理で送信しようとするデータのバイト数である。Kは誤り訂正ベースで行う再送処理の回数である。また、Xは再送しようとするデータの総量のバイト数であり、Aは誤り訂正ベースの再送を行うために送信する冗長分のパケットに含まれるデータ量が再送するデータの量に対して占める割合である。(B - B_{used})は、通信装置10aと通信装置10bの間の通信に使用されていない空き帯域の帯域幅である。

[0080] 閾値計算部23aは、再送処理の回数を、閾値Thの値に応じて決定することができる。例えば、閾値計算部23aは、閾値Thが長いほどKの値を大きくすることができ、閾値Thの長さに応じて、任意の2以上の整数をKに設定することができる。このように、誤り訂正ベースの再送処理を複数回に分けることにより、再送処理の際に送信される冗長分のデータ量が多くなっても、通信装置10は、RTTの経過前にAckを受信していないパケットを強制的に再送信できる。このため、送信側の通信装置10と受信側の通信装置10の距離が長くなることにより、RTTが長くなっても、通信の遅延を抑えることができる。

[0081] さらに、第2の実施形態では、1度の再送処理の際に送信されるデータ量が少なくなるので、1度の再送処理に用いられる冗長パケットの量も抑えることができる。このため、誤り訂正ベースの再送により予測以上にスループットが低下する事態を避けやすくなる。

[0082] <その他>

なお、実施形態は上記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。

[0083] 上記の実施形態では、図を見やすくするために、TCPヘッダのシーケンス番号とデータヘッダのシーケンスIDが同じ値である場合を例として説明したが、両者は異なってもよい。TCPヘッダはTCPを用いた通信を行う装置間で決められたシーケンス番号であるが、シーケンスIDは、コネ

クションごとに0からカウントアップされる。従って、例えば、端末1から通信装置10aに送信されるパケットのシーケンス番号が100から開始したとすると、シーケンス番号100のTCPパケットに含まれるデータは、シーケンスID=0の転送パケットに含まれることになる。

[0084] 上記の実施形態では、送信テーブルがハッシュテーブルである場合を例として説明したが、シーケンスIDに対応付けて、各パケットの送信状況とAckの受信状況を記録するテーブルを送信テーブルとしても良い。送信テーブルの変形例を図16に示す。図16の例では、送信中フラグ=0は送信済みであることを示し、送信中フラグ=1は送信後でAckが取得できていないことを示す。Ack受信状況は、制御応答パケットの受信状況を示す。従って、送信中フラグ=0でAck受信状況=受信となっているパケットは、そのパケットの送信後、そのパケットの送信の成功を示すAckが含まれている制御応答パケットを受信したパケットを表す。送信中フラグ=1でAck受信状況=受信待ちとなっているパケットは、そのパケットの送信後、送信の結果を示すAckが含まれた制御応答パケットを受信していないパケットを表す。さらに、送信中フラグ=1でAck受信状況=受信となっているパケットは、そのパケットの送信後、そのパケットの送信の失敗を示す情報が含まれている制御応答パケットを受信したパケットを表す。従って、図16は、シーケンスID8020~8023、8700、9010~9021のパケットの送信に失敗し、さらに、シーケンスIDが10000~19999のパケットについては、制御応答パケットを受信していない場合の送信テーブルである。

[0085] 図17は、ネットワークの例を示す。通信装置10は、図17に示すように、3台以上の通信装置10が含まれるネットワークで使用されても良い。この場合、選択部22での判定では、閾値Thdが用いられる。閾値Thdは、以下の式で求められる。

$$Thd = X \times A / Z$$

ここで、Zは、帯域幅から通信に使用されている帯域の総和を差し引いた値

を、送信元の通信装置 10 と通信しうる通信装置 10 の数で割った値である。また、 X は再送しようとするデータのバイト数、 A は誤り訂正によって付加される冗長度である。

[0086] 例えば、図 17 の例では、通信装置 10 a ~ 10 c がネットワーク中にあるので、通信装置 10 a に接続されている回線は、通信装置 10 a と通信装置 10 b の間の通信と、通信装置 10 a と通信装置 10 c の間の通信の両方に使用される可能性がある。そこで、通信装置 10 a に接続されている回線の帯域幅から、通信装置 10 a と通信装置 10 b の間の通信で使用されている帯域幅と、通信装置 10 a と通信装置 10 c の通信で使用される帯域幅を差し引いた値を 2 で割った値が、 Z として用いられる。このように選択部 22 が使用する閾値を変更することにより、2 以上の任意の数の通信装置 10 が含まれるネットワークにおいて、再送ベースと誤り訂正ベースの 2 種類の送信方法を組み合わせた通信を行うことができる。

[0087] さらに、RTT の計測方法は、実装に応じて変更されても良い。第 2 の実施形態では、閾値 T_h が RTT 以上の場合に閾値 T_{hk} を用いて再送を行うかを判定し、一度の再送処理では、再送の対象として選択されたパケットの $1/K$ を再送する場合を説明したが、閾値 T_h が RTT より短くても同様の処理を行っても良い。

[0088] また、上記の例では、TCP や UDP が用いられる場合を例として説明したが、実装に応じて、通信に使用するプロトコルを変更しても良い。さらに、誤り訂正ベースの再送の際に、FEC 以外の誤り訂正を用いることもできるものとする。

符号の説明

- [0089]
- 1 端末
 - 2 WAN
 - 3 データセンタ
 - 4 サーバ
 - 10 通信装置

- 1 1 送信部
- 1 2 受信部
- 1 3 送受信部
- 1 4 転送処理部
- 1 5 再送処理部
- 1 6 パケット処理部
- 1 7 受信パケット管理部
- 1 8 帯域算出部
- 2 0 切り替え部
- 2 1 計測部
- 2 2 選択部
- 2 3 閾値計算部
- 3 1 プロセッサ
- 3 2 メモリ
- 3 3 入力装置
- 3 4 出力装置
- 3 5 バス
- 3 6 外部記憶装置
- 3 7 媒体駆動装置
- 3 8 可搬記憶媒体
- 3 9 ネットワーク接続装置

請求の範囲

- [請求項1] 第1の通信装置、第2の通信装置、および、第3の通信装置を含むネットワークにおいて、前記第2の通信装置は、
- 前記第1の通信装置から受信したパケットから、前記第3の通信装置に転送するパケットである転送パケットを特定し、
- 前記転送パケットを前記第1の通信装置から受信する間隔を計測し、
- 前記転送パケットを前記第3の通信装置に転送し、
- 前記転送パケットの受信状況を通知する通知情報を、前記第3の通信装置から受信し、
- 前記通知情報を用いて、前記第3の通信装置へ転送したパケットのうちで前記第3の通信装置から受信の成功が通知されていないパケットである対象パケットを選択し、
- 前記第1の通信装置から前記転送パケットを受信する間隔が閾値を超えると、前記対象パケットを、誤り補正が可能な形式で前記第3の通信装置に再送信することを特徴とする通信方法。
- [請求項2] 前記対象パケットは、前記第3の通信装置から受信状況が通知されていないパケットと、前記第3の通信装置からパケットの受信の失敗を通知されたパケットを含む
- ことを特徴とする請求項1に記載の通信方法。
- [請求項3] 前記第2の通信装置は、前記対象パケットを前記誤り訂正が可能な形式で送信するために用いる冗長分のデータを、前記第2の通信装置と前記第3の通信装置の間の回線中の使用されていない帯域幅を用いて、前記第2の通信装置が前記第3の通信装置に送信するためにかかる時間を、前記閾値として計算する
- ことを特徴とする請求項1または2に記載の通信方法。
- [請求項4] 前記第2の通信装置は、

前記第2の通信装置が第1の packets を前記第3の通信装置に向けて送信した時刻から、前記第1の packets についての応答である第2の packets が前記第2の通信装置に到達するまでの時間である応答時間を求め、

前記閾値が、前記応答時間を越えているかを判定し、

前記閾値が前記応答時間を越えている場合、前記閾値を第1の値で割って得られる商が前記応答時間よりも短くなるように、前記第1の値を求め、

前記対象 packets を前記誤り訂正が可能な形式で送信するために用いる冗長分のデータの量を前記第1の値で割って得られるデータ量である第2の値を求め、

前記第2の値のデータ量を、前記第2の通信装置と前記第3の通信装置の間の回線中の使用されていない帯域幅を用いて、前記第2の通信装置が前記第3の通信装置に送信するためにかかる時間の長さを第3の値とし、

前記第1の通信装置から前記転送 packets を受信する間隔が前記第3の値を超えると、前記対象 packets を前記第1の値と同数のグループに分けて得られる1つのグループに含まれる packets を、誤り補正が可能な形式で前記第3の通信装置に再送信する

ことを特徴とする請求項3に記載の通信方法。

[請求項5]

端末から packets を受信する受信部と、

前記端末の通信先に向けて転送する packets である転送 packets を受信する間隔を計測する計測部と、

前記転送 packets を、前記通信先に向けて転送する転送処理部と、

前記通信先へ転送した packets のうちで前記通信先から受信の成功が通知されていない packets である対象 packets を選択する選択部と

、

前記転送 packets の受信間隔が閾値を超えると、前記対象 packets

を、誤り補正が可能な形式で前記通信先に再送信するための処理を行う再送処理部

を備えることを特徴とする通信装置。

[請求項6] 前記選択部は、前記通信先からの受信状況の通知を受信していないパケットと、前記通信先からパケットの受信の失敗を通知されたパケットを、前記対象パケットとして選択する

ことを特徴とする請求項5に記載の通信装置。

[請求項7] 前記対象パケットを前記誤り訂正が可能な形式で送信するために用いる冗長分のデータを、前記通信装置と前記通信先との間の回線中の使用されていない帯域幅を用いて、前記通信装置が前記通信先に送信するためにかかる時間を、前記閾値として計算する計算部

をさらに備えることを特徴とする請求項5または6に記載の通信装置。

[請求項8] 第1の通信装置、第2の通信装置、および第3の通信装置を含むネットワーク中の前記第2の通信装置に、

前記第1の通信装置から受信したパケットから、前記第3の通信装置に転送するパケットである転送パケットを特定し、

前記転送パケットを前記第1の通信装置から受信する間隔を計測し、

前記転送パケットを前記第3の通信装置に転送し、

前記転送パケットの受信状況を通知する通知情報を、前記第3の通信装置から受信し、

前記通知情報を用いて、前記第3の通信装置へ転送したパケットのうちで前記第3の通信装置から受信の成功が通知されていないパケットである対象パケットを選択し、

前記第1の通信装置から前記転送パケットを受信する間隔が閾値を超えると、前記対象パケットを、誤り補正が可能な形式で前記第3の通信装置に再送信する

処理を行わせることを特徴とする通信プログラム。

[請求項9]

前記対象パケットは、前記第3の通信装置から受信状況が通知されていないパケットと、前記第3の通信装置からパケットの受信の失敗を通知されたパケットを含む

ことを特徴とする請求項8に記載の通信プログラム。

[請求項10]

前記第2の通信装置は、前記対象パケットを前記誤り訂正が可能な形式で送信するために用いる冗長分のデータを、前記第2の通信装置と前記第3の通信装置の間の回線中の使用されていない帯域幅を用いて、前記第2の通信装置が前記第3の通信装置に送信するためにかかる時間を、前記閾値として計算する

ことを特徴とする請求項8または9に記載の通信プログラム。

[請求項11]

前記第2の通信装置に、

前記第2の通信装置が第1のパケットを前記第3の通信装置に向けて送信した時刻から、前記第1のパケットについての応答である第2のパケットが前記第2の通信装置に到達するまでの時間である応答時間を求め、

前記閾値が、前記応答時間を越えているかを判定し、

前記閾値が前記応答時間を越えている場合、前記閾値を第1の値で割って得られる商が前記応答時間よりも短くなるように、前記第1の値を求め、

前記対象パケットを前記誤り訂正が可能な形式で送信するために用いる冗長分のデータの量を前記第1の値で割って得られるデータ量である第2の値を求め、

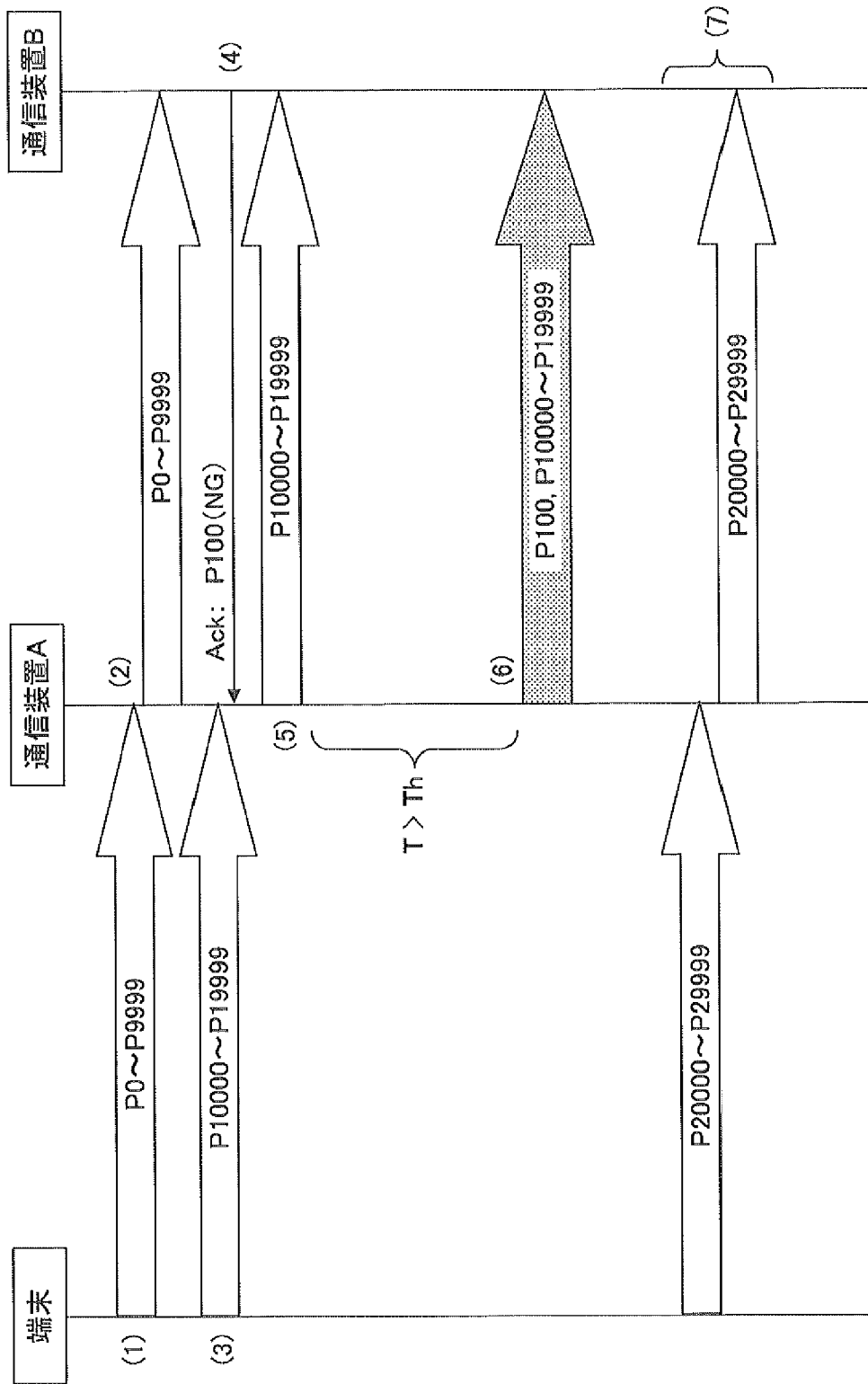
前記第2の値のデータ量を、前記第2の通信装置と前記第3の通信装置の間の回線中の使用されていない帯域幅を用いて、前記第2の通信装置が前記第3の通信装置に送信するためにかかる時間の長さを第3の値とし、

前記第1の通信装置から前記転送パケットを受信する間隔が前記

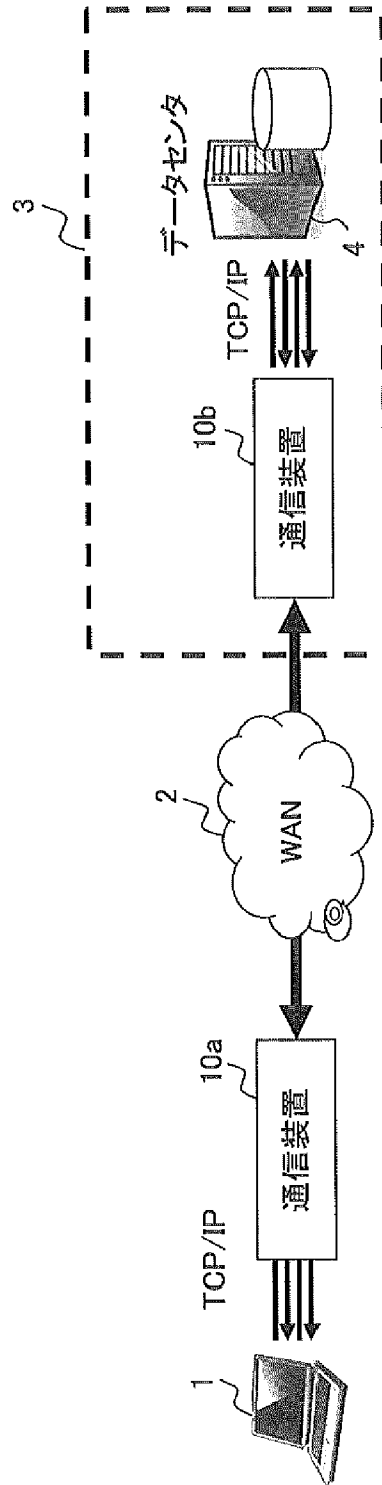
第3の値を超えると、前記対象パケットを前記第1の値と同数のグループに分けて得られる1つのグループに含まれるパケットを、誤り補正が可能な形式で前記第3の通信装置に再送信する

処理をさらに行わせることを特徴とする請求項10に記載の通信プログラム。

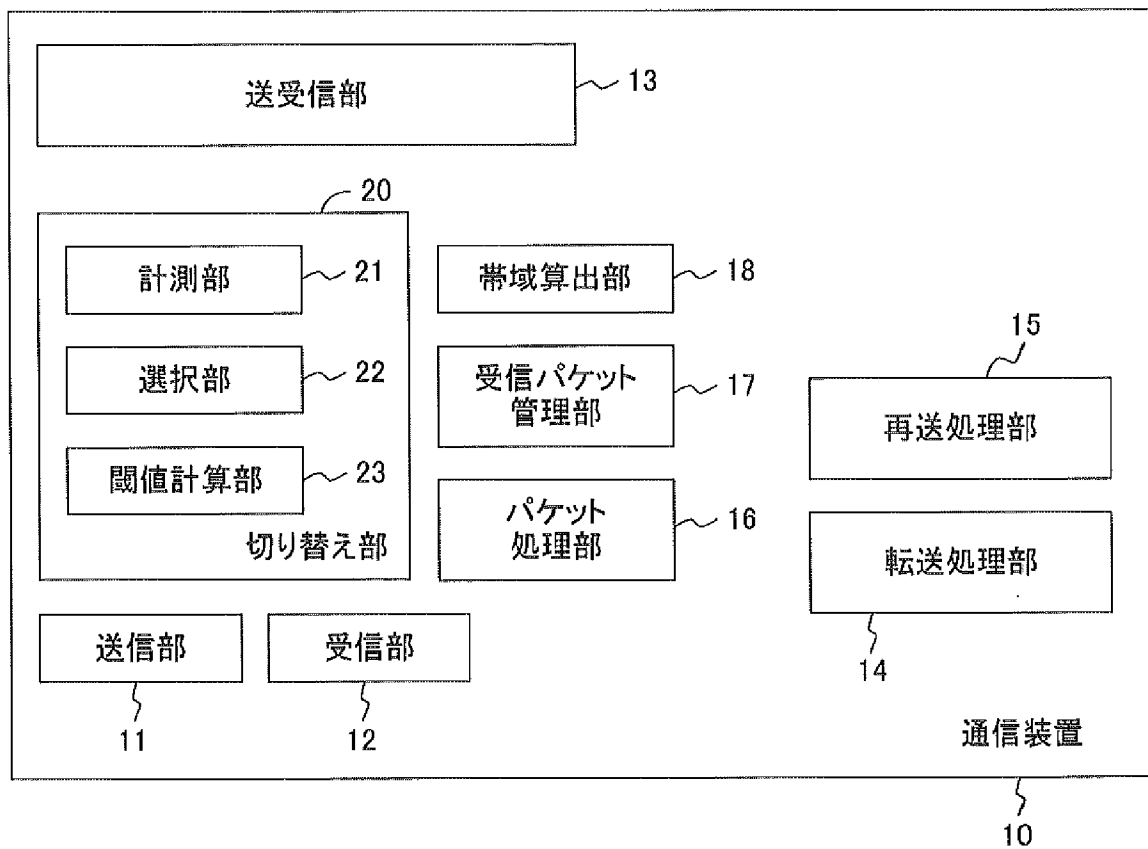
[図1]



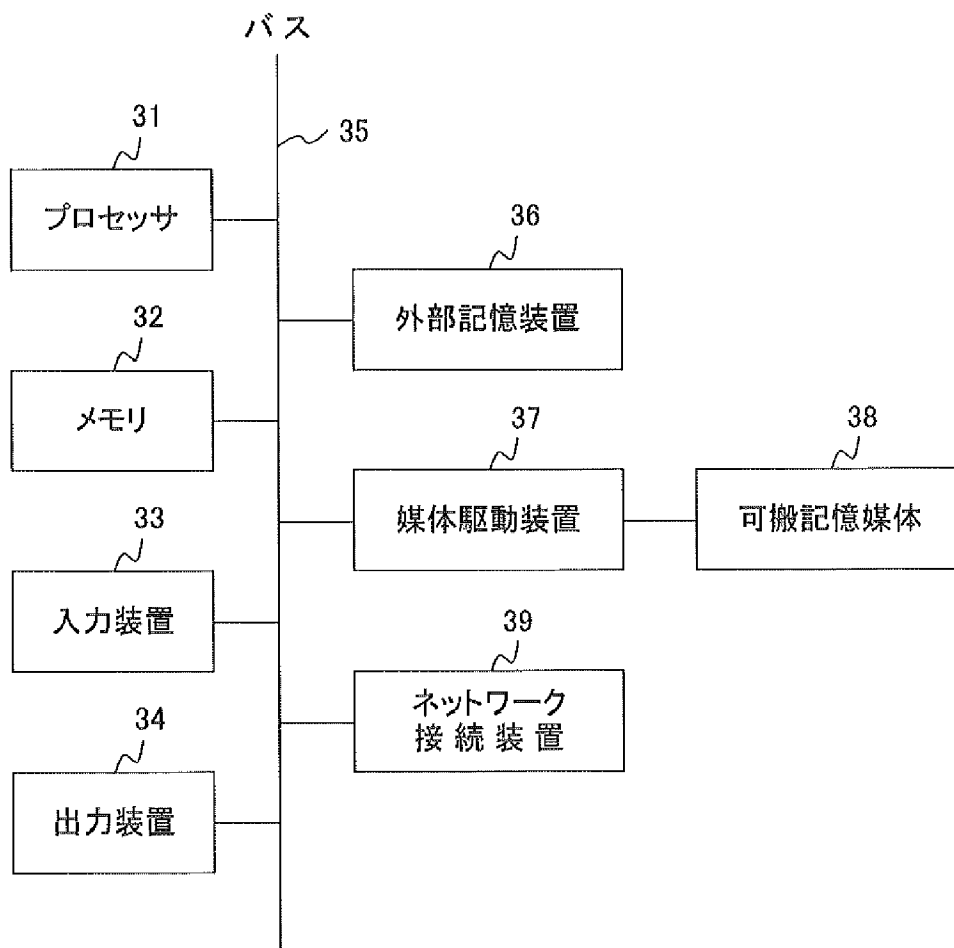
[図2]



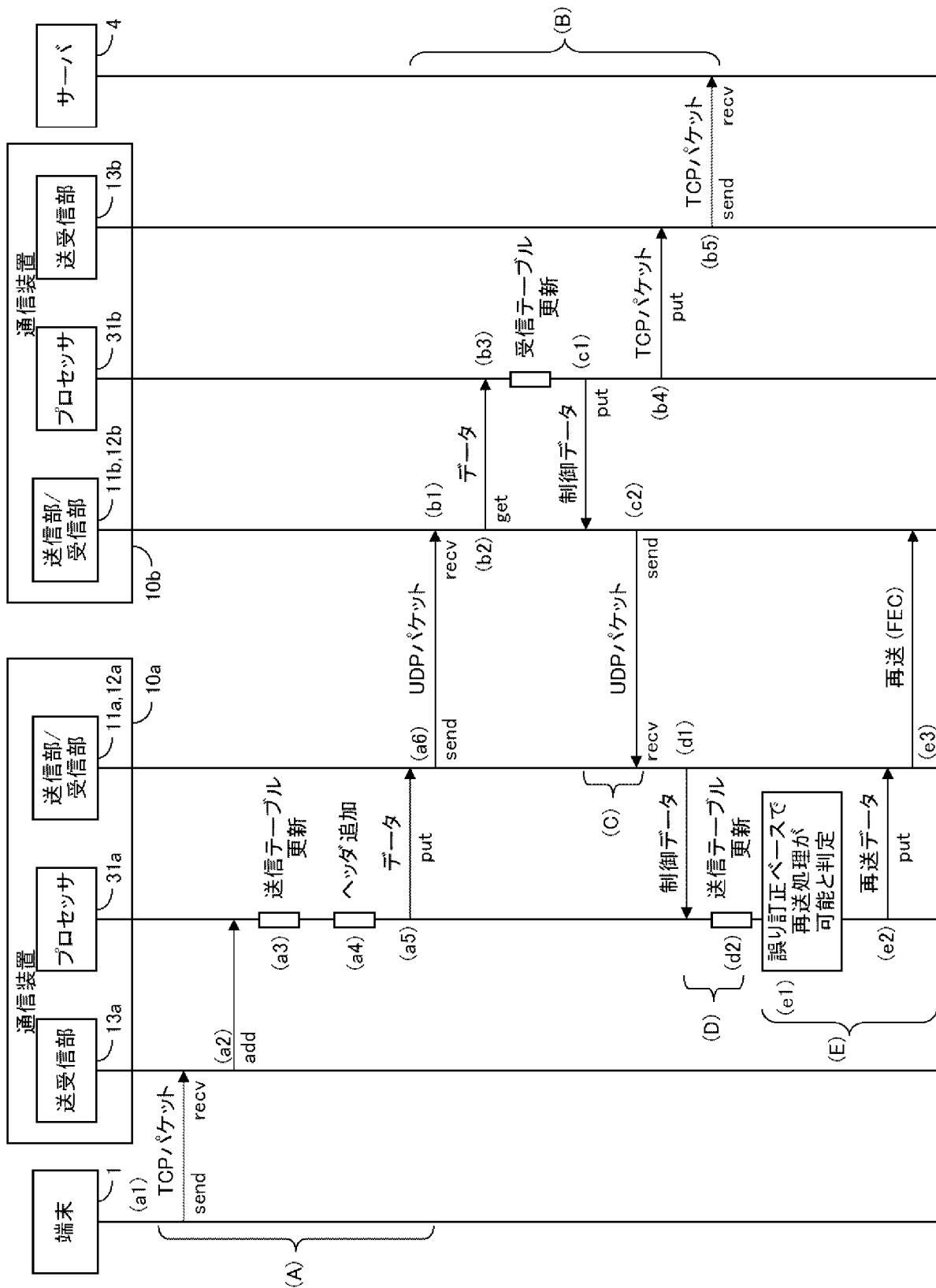
[図3]



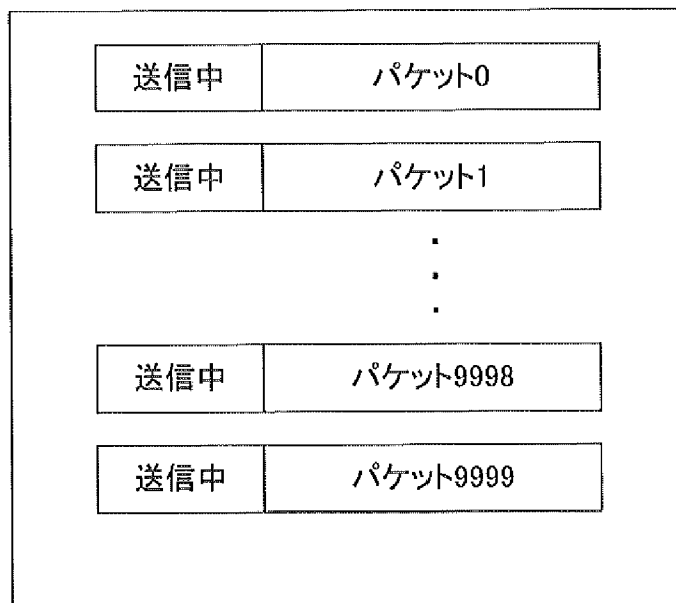
[図4]



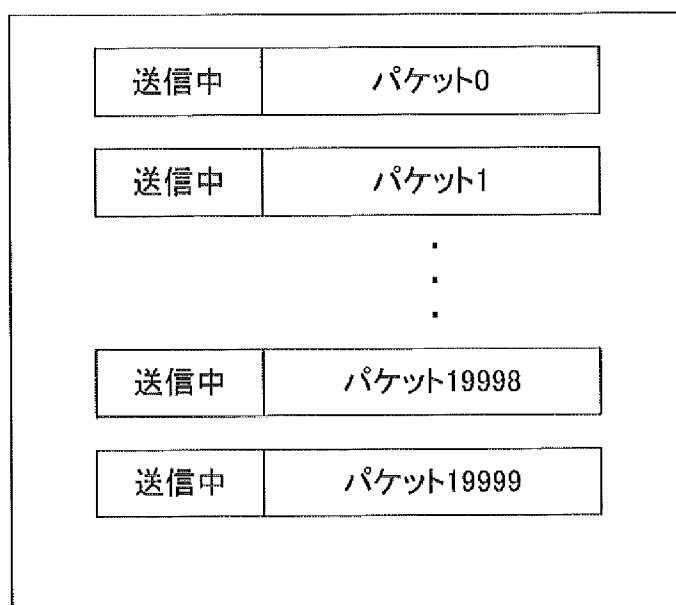
[図5]



[図6]

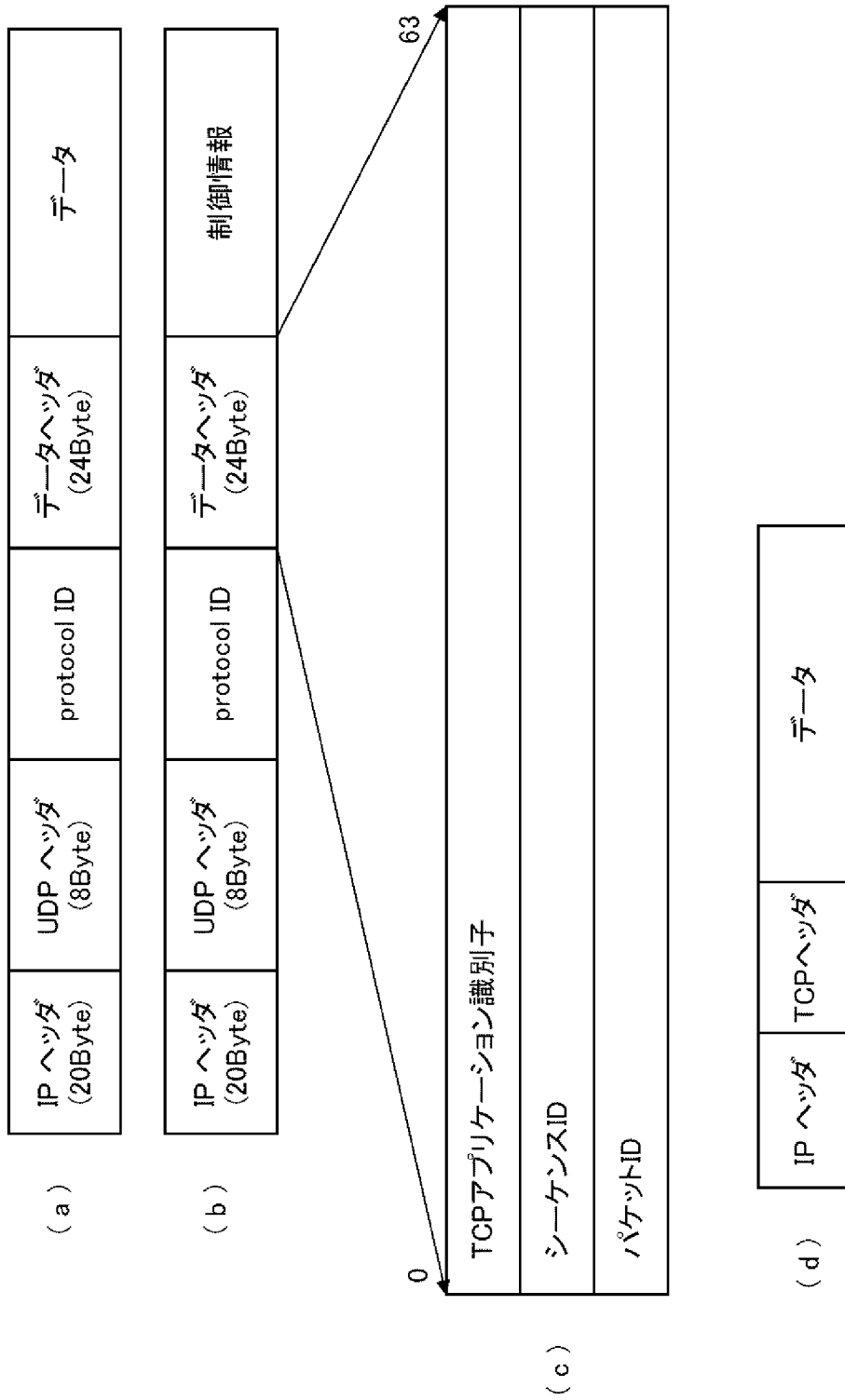


(a)

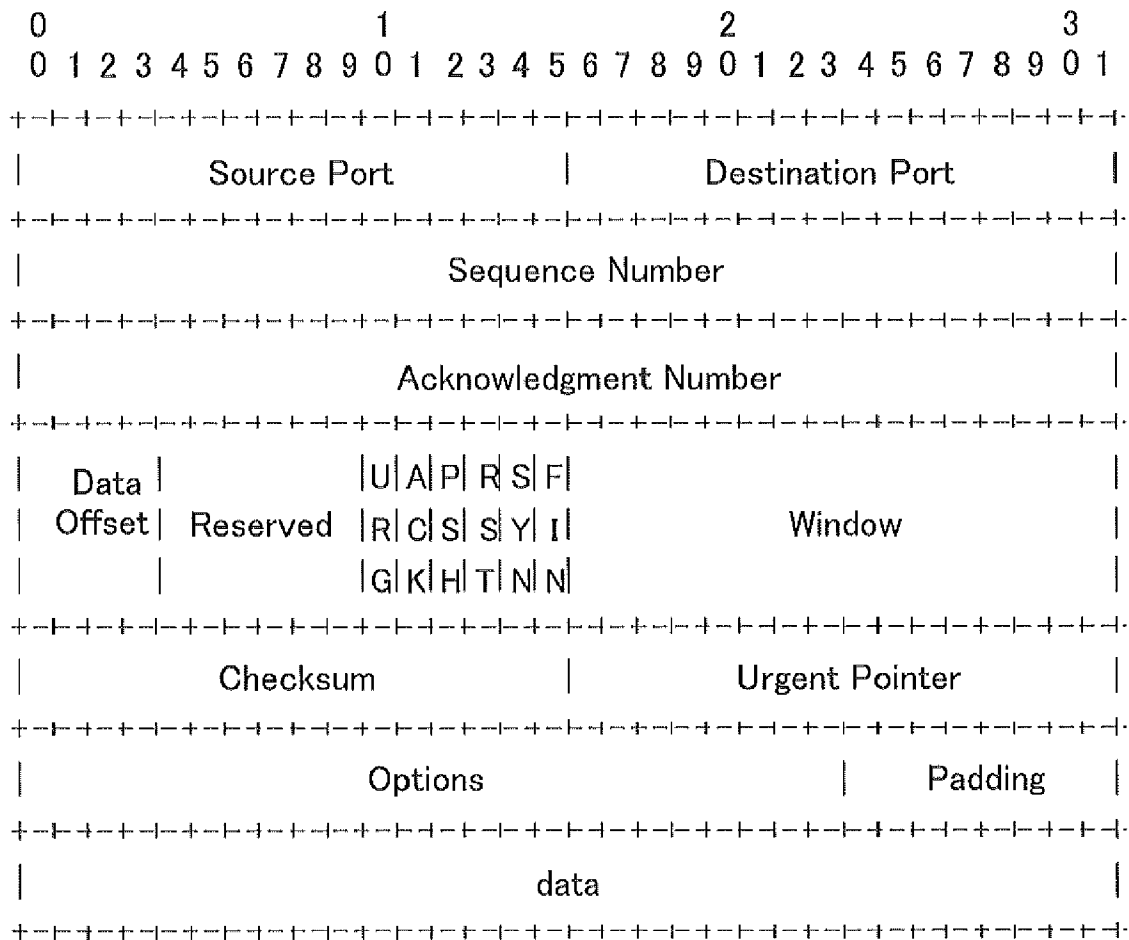


(b)

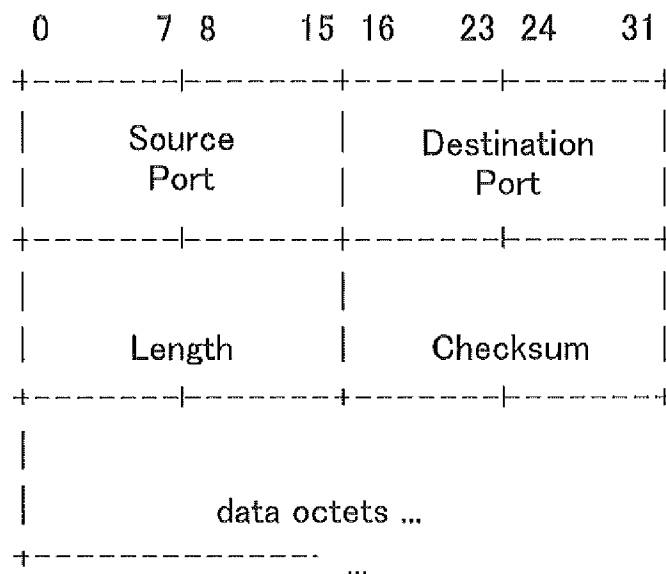
[図7]



[図8]

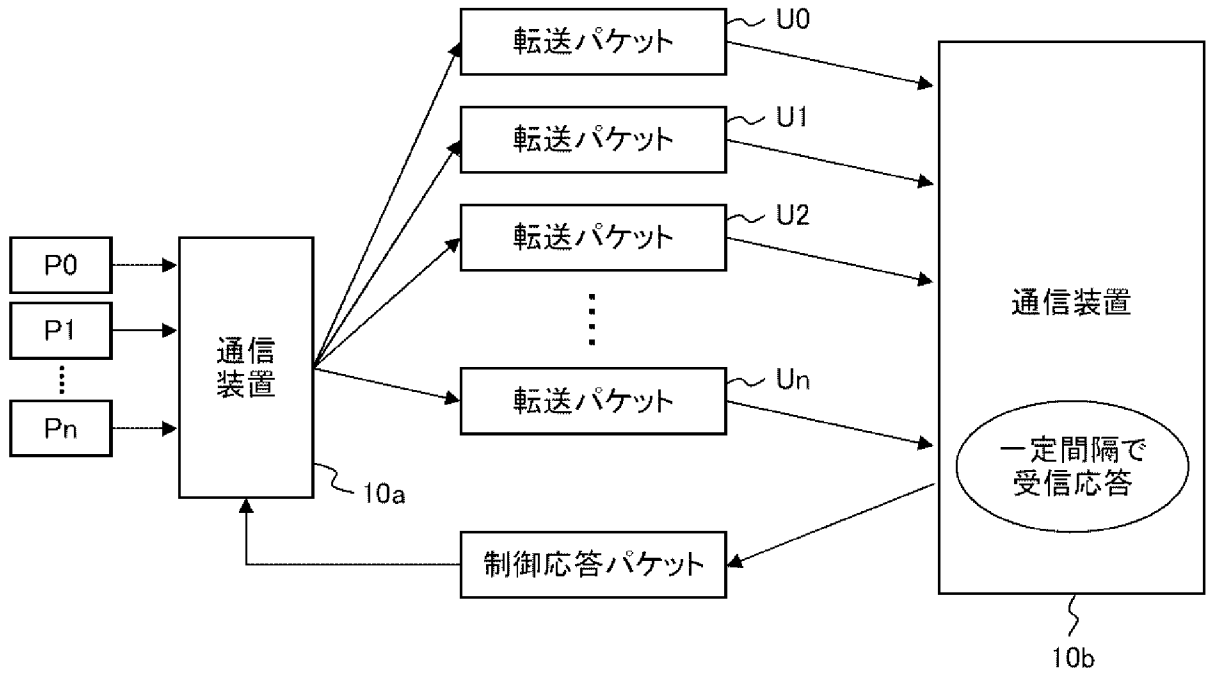


(a)



(b)

[図9]



[図10]

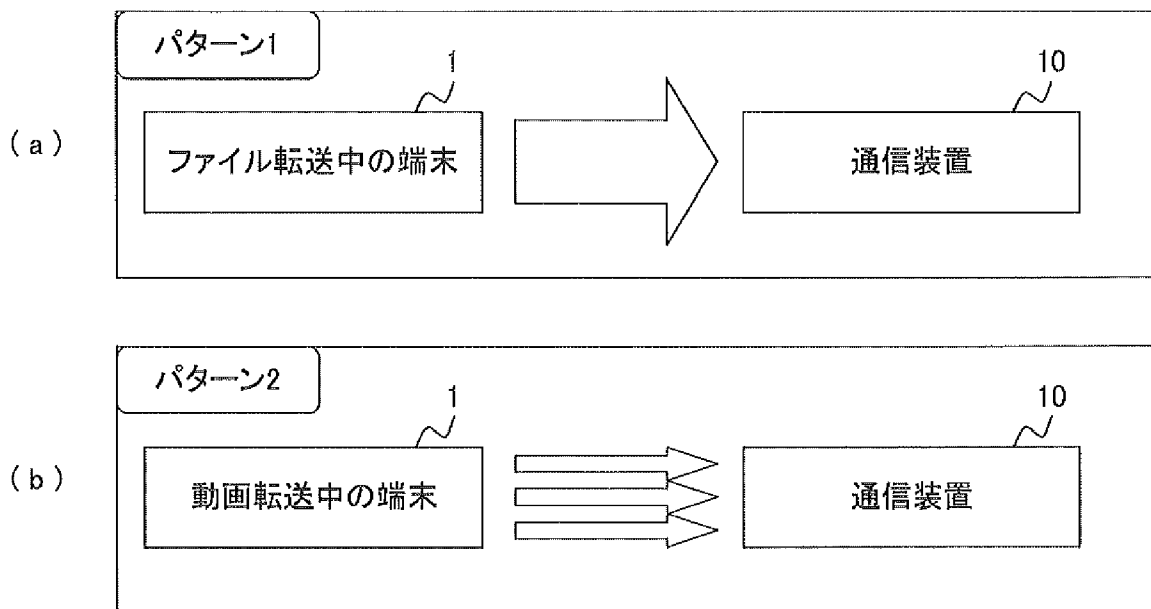
payloadサイズ = U

制御情報識別子
受信サイズ (8019 * U)
最大受信サイズ(10000 * U)
受信帯域
応答要求有無
再送開始ID (8020)
再送開始シーケンス長 (4[=8024-8020])
再送開始ID (8700)
再送開始シーケンス長 (1)
再送開始ID (9010)
再送開始シーケンス長 (11)

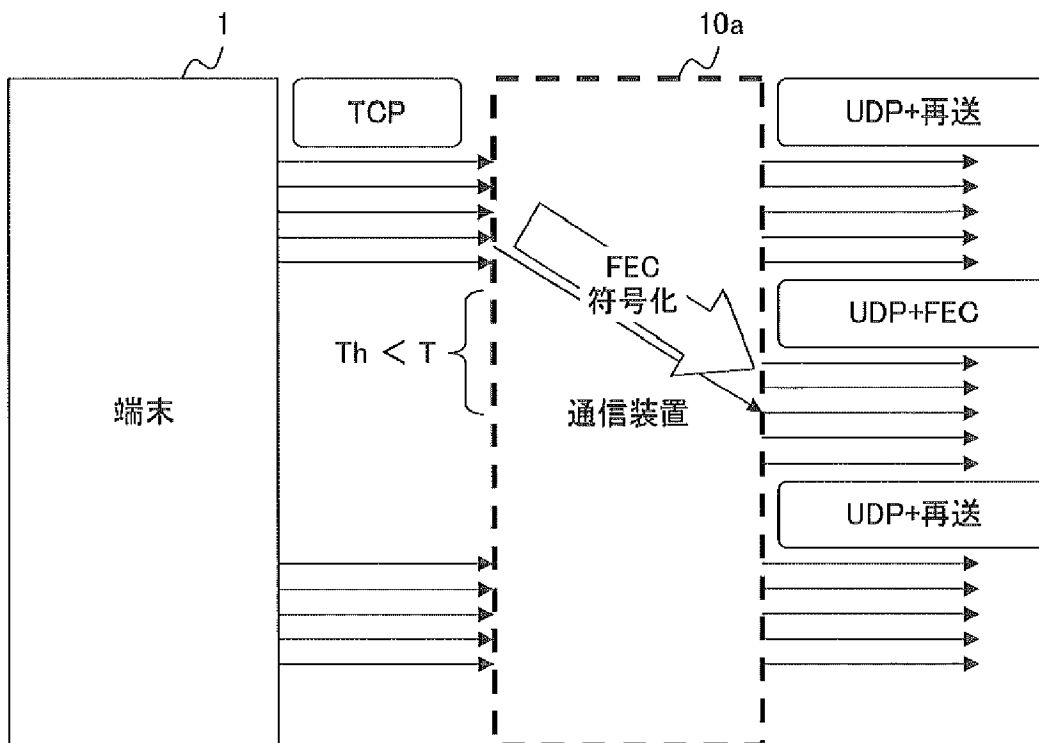
[図11]

送信中	パケット8020
送信中	パケット8021
送信中	パケット8022
送信中	パケット8023
送信中	パケット8700
送信中	パケット9010
送信中	パケット9011
	⋮
送信中	パケット9020
送信中	パケット9021
送信中	パケット10001
送信中	パケット10002
	⋮
送信中	パケット19998
送信中	パケット19999

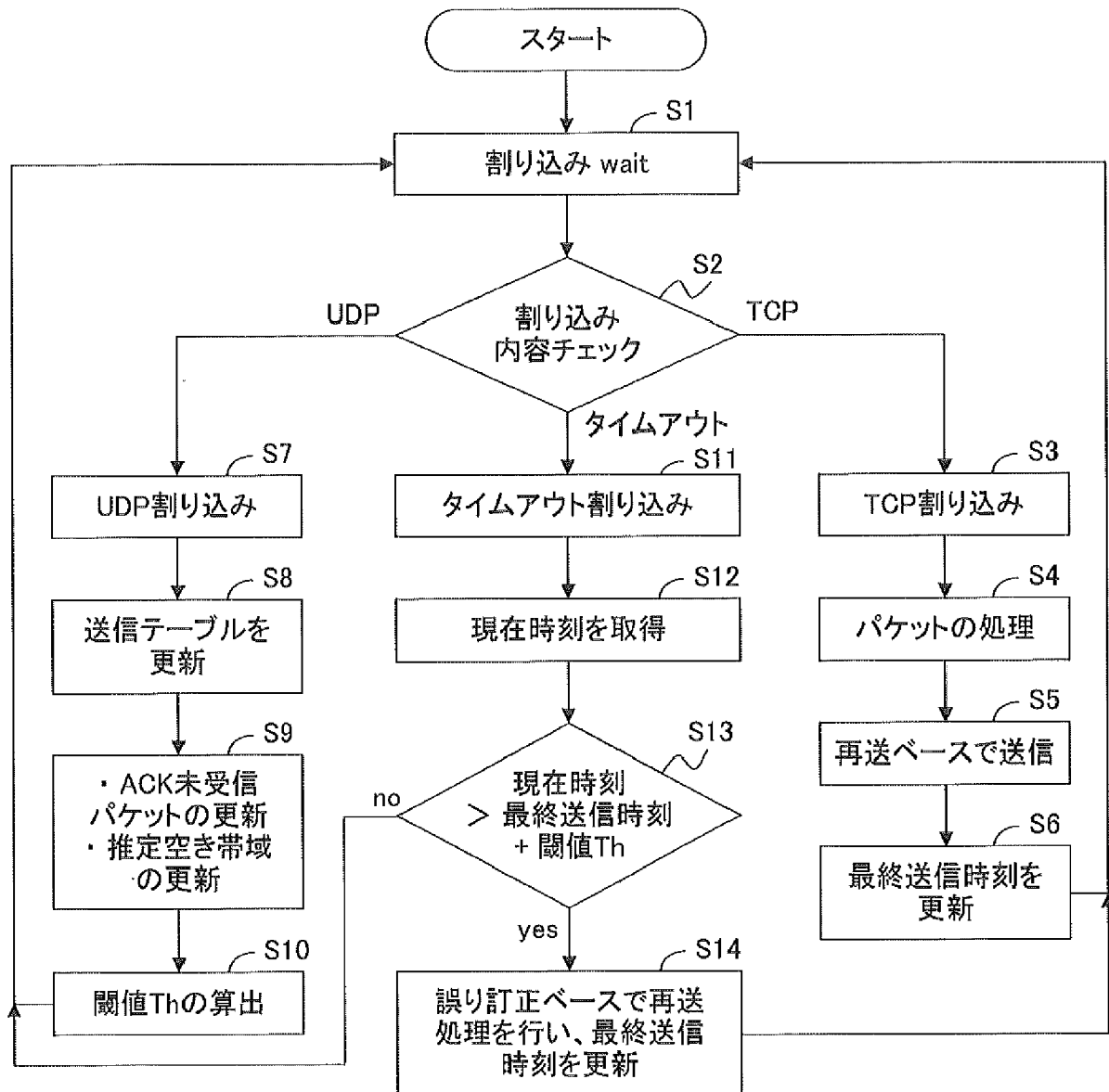
[図12]



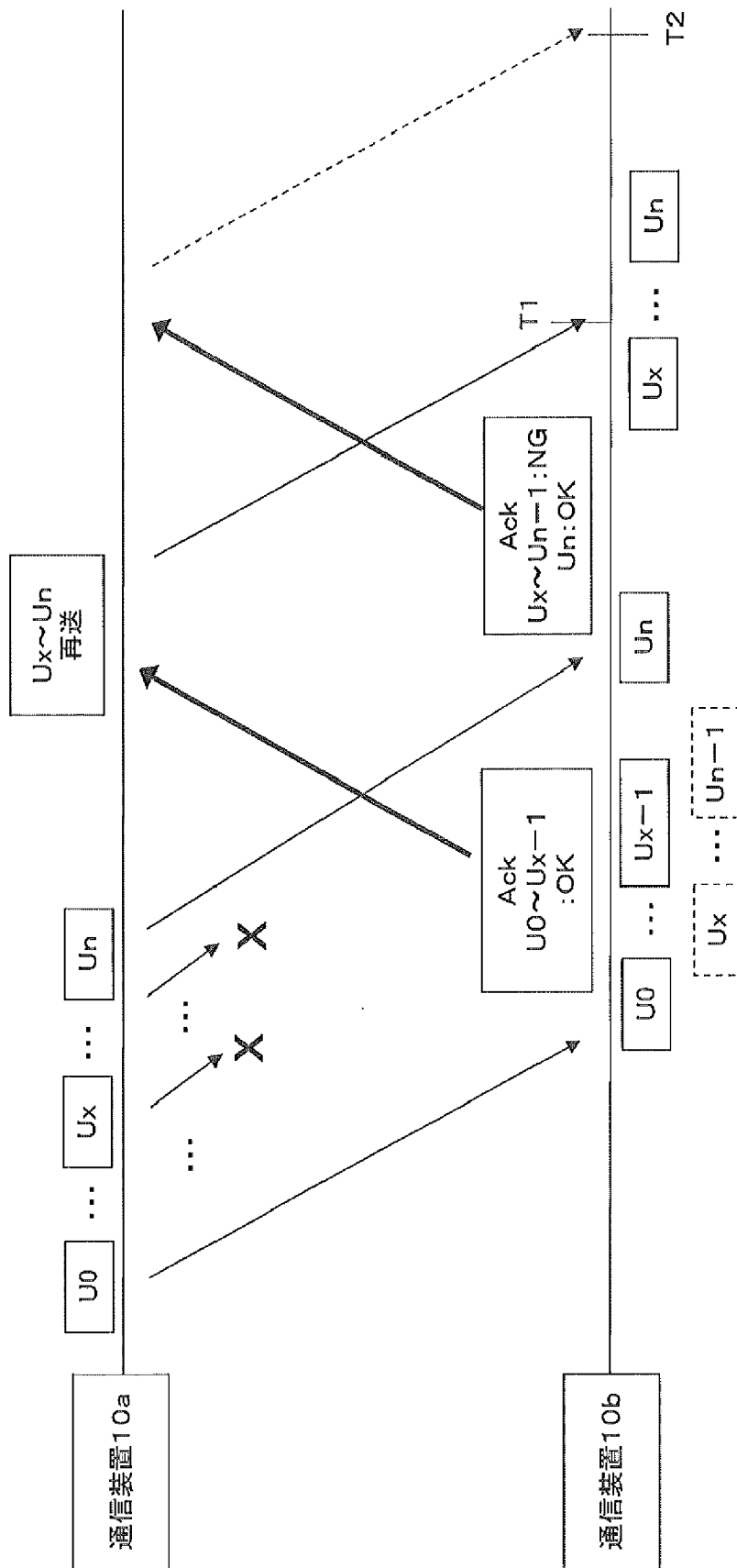
[図13]



[図14]



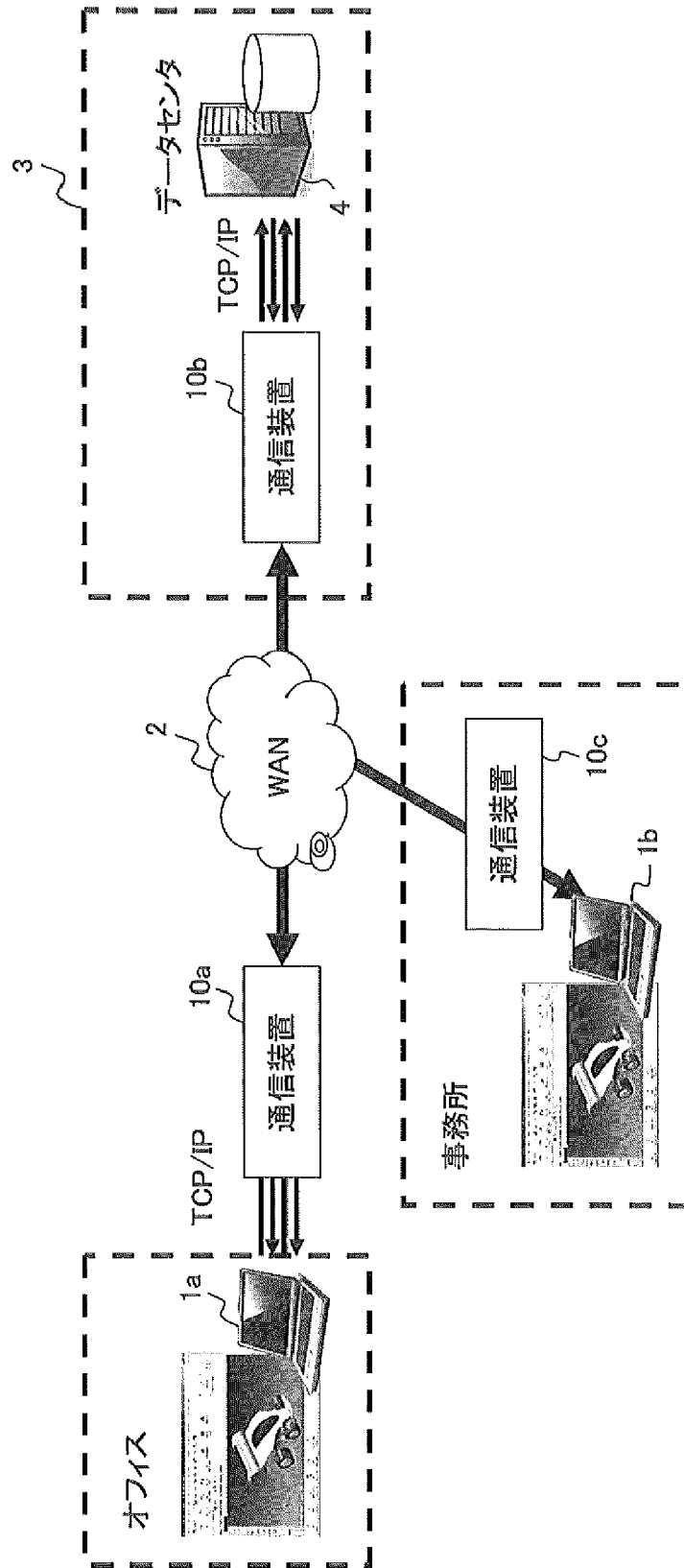
[図15]



[図16]

シーケンスID	送信中フラグ	Ack受信状況
0	0	受信
1	0	受信
2	0	受信
3	0	受信
...
8019	0	受信
8020	1	受信
8021	1	受信
8022	1	受信
8023	1	受信
...
8699	0	受信
8700	1	受信
8711	0	受信
...
9010	1	受信
9011	1	受信
9012	1	受信
...
9021	1	受信
9022	0	受信
...
9999	0	受信
10000	1	受信待ち
...
19999	1	受信待ち

[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/057920

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L12/70(2013.01)i, H04L1/08(2006.01)i, H04L1/16(2006.01)i, H04L12/66(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)

H04L12/70, H04L1/08, H04L1/16, H04L12/66

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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	WO 2007/007383 A1 (Fujitsu Ltd.), 18 January 2007 (18.01.2007), paragraphs [0039], [0041]; fig. 9 & US 2008/0137689 A1 & EP 1903747 A1 & CN 101223759 A	1-11
A	JP 2010-98766 A (Fujitsu Ltd.), 30 April 2010 (30.04.2010), paragraph [0012] (Family: none)	1-11
A	JP 2012-4952 A (Fujitsu Ltd.), 05 January 2012 (05.01.2012), paragraph [0016] & US 2011/0314351 A1	1-11

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
18 April, 2013 (18.04.13)

Date of mailing of the international search report
07 May, 2013 (07.05.13)

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（IPC））
 Int.Cl. H04L12/70(2013.01)i, H04L1/08(2006.01)i, H04L1/16(2006.01)i, H04L12/66(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（IPC））
 Int.Cl. H04L12/70, H04L1/08, H04L1/16, H04L12/66

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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2013年
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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	WO 2007/007383 A1 (富士通株式会社) 2007.01.18, [0039], [0041], 図9 & US 2008/0137689 A1 & EP 1903747 A1 & CN 101223759 A	1-11
A	JP 2010-98766 A (富士通株式会社) 2010.04.30, 【0012】 (ファミ リーなし)	1-11
A	JP 2012-4952 A (富士通株式会社) 2012.01.05, 【0016】 & US 2011/0314351 A1	1-11

☐ 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 18.04.2013	国際調査報告の発送日 07.05.2013
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 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） 速水 雄太 電話番号 03-3581-1101 内線 3596

5 X 3365