

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6280680号
(P6280680)

(45) 発行日 平成30年2月14日 (2018. 2. 14)

(24) 登録日 平成30年1月26日 (2018.1.26)

(51) Int. Cl. F I
 HO 4 L 12/841 (2013.01) HO 4 L 12/841
 HO 4 L 12/807 (2013.01) HO 4 L 12/807

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-57168 (P2014-57168)	(73) 特許権者	000004352
(22) 出願日	平成26年3月19日 (2014. 3. 19)		日本放送協会
(65) 公開番号	特開2015-180008 (P2015-180008A)		東京都渋谷区神南2丁目2番1号
(43) 公開日	平成27年10月8日 (2015. 10. 8)	(74) 代理人	100143568
審査請求日	平成29年1月30日 (2017. 1. 30)		弁理士 英 貢
		(72) 発明者	小山 智史
			東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日 本放送協会放送技術研究所内
		(72) 発明者	青木 勝典
			東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日 本放送協会放送技術研究所内
		審査官	森谷 哲朗

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パケット通信におけるパケット送信装置、通信端末及びスロースタート制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

送達確認に基づく遅延量を用いてパケット送信に関するスロースタート制御を行うパケット送信装置であって、

パケット送信の送達確認に基づく往復遅延時間 (R T T) と、前記往復遅延時間 (R T T) について継続して計測した最小の往復遅延時間 (R T T _{b a s e}) を保持し、予め定めたパケット遅延量に関する計測期間内における当該往復遅延時間 (R T T) について直前の1計測期間内で計測した最小の値を計測期間内最小の往復遅延時間 (R T T _{m i n}) として計測し保持する R T T 算出手段と、

スロースタートフェーズで動作中に、前記計測期間を監視し、前記計測期間を経過する送達確認を得た際に前記最小の往復遅延時間 (R T T _{b a s e}) に所定量を加えた値と前記計測期間内最小の往復遅延時間 (R T T _{m i n}) の比較に基づく第1の輻輳判定を行い、前記第1の輻輳判定によって輻輳と判定した際にスロースタートフェーズから輻輳回避フェーズへ遷移させるように動作するスロースタート制御手段と、
を備えることを特徴とするパケット送信装置。

【請求項2】

前記スロースタート制御手段は、

前記計測期間の期間中に、パケットロスがない旨の判定結果として送達確認を得た際に、前記計測期間内最小の往復遅延時間 (R T T _{m i n}) について前記往復遅延時間 (R T T) を用いて更新するとともに、前記計測期間を経過する送達確認を得た際の第1の

輻輳判定によって輻輳ではないと判定した際に、前記計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) を当該往復遅延時間 (RTT) により更新して、輻輳ウィンドウサイズを拡大しスロースタートフェーズを継続するように動作する手段を更に有することを特徴とする、請求項 1 に記載のパケット送信装置。

【請求項 3】

前記スロースタート制御手段は、

前記計測期間の期間中に、パケットロスがない旨の判定結果として送達確認を得た際に、前記計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) について前記往復遅延時間 (RTT) を用いて更新するとともに、当該送達確認時の前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) 及び前記計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) を基に、前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) に所定量を加えた値と前記計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) の比較に基づく第 2 の輻輳判定を行い、前記第 2 の輻輳判定によって輻輳と判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大せず維持してスロースタートフェーズを継続し、輻輳ではないと判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大して、スロースタートフェーズを継続するように動作する手段を更に有することを特徴とする、請求項 1 に記載のパケット送信装置。

10

【請求項 4】

前記スロースタート制御手段は、

前記計測期間の期間中に、パケットロスがない旨の判定結果として送達確認を得た際に、前記計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) について前記往復遅延時間 (RTT) を用いて更新するとともに、当該送達確認時の前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) 及び前記往復遅延時間 (RTT) を基に、前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) に所定量を加えた値と前記往復遅延時間 (RTT) の比較に基づく第 3 の輻輳判定を行い、前記第 3 の輻輳判定によって輻輳と判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大せず維持してスロースタートフェーズを継続し、輻輳ではないと判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大して、スロースタートフェーズを継続するように動作する手段を更に有することを特徴とする、請求項 1 に記載のパケット送信装置。

20

【請求項 5】

前記スロースタート制御手段は、

前記計測期間を経過する送達確認を得た際の前記第 1 の輻輳判定によって輻輳ではないと判定した際に、再度、当該送達確認時の前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) 及び当該往復遅延時間 (RTT) を基に、前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) に所定量を加えた値と前記往復遅延時間 (RTT) の比較に基づいて輻輳判定を行い、該輻輳判定によって輻輳と判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大せず維持してスロースタートフェーズを継続し、輻輳ではないと判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大して、スロースタートフェーズを継続するように動作する手段を更に有することを特徴とする、請求項 3 又は 4 に記載のパケット送信装置。

30

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のパケット送信装置を備えることを特徴とする通信端末。

40

【請求項 7】

送達確認に基づく遅延量を用いてパケット送信に関するスロースタート制御を行うスロースタート制御方法であって、

パケット送信の送達確認に基づく往復遅延時間 (RTT) と、前記往復遅延時間 (RTT) について継続して計測した最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) を保持し、予め定めたパケット遅延量に関する計測期間内における当該往復遅延時間 (RTT) について直前の 1 計測期間内で計測した最小の値を計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) として計測し保持するステップと、

スロースタートフェーズで動作中に、前記計測期間を監視し、前記計測期間を経過する送達確認を得た際に前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) に所定量を加えた値と前

50

記計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) の比較に基づく第 1 の輻輳判定を行い、前記第 1 の輻輳判定によって輻輳と判定した際にスロースタートフェーズから輻輳回避フェーズへ遷移させるように動作するステップと、

を含むことを特徴とするスロースタート制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パケット通信によってデータを伝送するパケット送信装置、通信端末及びスロースタート制御方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

品質の保証がされていないベストエフォートタイプの IP (Internet Protocol) ネットワークでは、ネットワーク機器内部でのバッファ溢れや、伝送中のビットエラー等によって送信パケットの廃棄が発生する。そのため、確実にデータを伝送するための送達確認を行うプロトコルとして TCP (Transmission Control Protocol) が幅広く利用されている (例えば、非特許文献 1 参照) 。

【0003】

例えば、図 8 に示すように、TCP を利用して相互通信接続を行う通信端末 10, 20 において、通信端末 10 にはパケット送信装置 11 及びパケット受信装置 12 が設けられ、通信端末 20 にはパケット送信装置 22 及びパケット受信装置 21 が設けられる。パケット送信装置 11 及びパケット受信装置 21 とパケット送信装置 22 及びパケット受信装置 12 はそれぞれ同様の機能を有し、代表してパケット送信装置 11 及びパケット受信装置 21 に注目して説明する。パケット送信装置 11 は、データ送信用パケットを所定の通信路を介してパケット受信装置 21 に送信すると、パケット受信装置 21 は、受信した旨の報告として送達確認応答パケットをパケット送信装置 11 に送信する。

20

【0004】

より具体的には、TCP では、パケット受信装置 21 がパケットを受信すると、受信した旨の報告として、次に送信を要求するパケットの番号をパケット送信装置 11 に通知する。そして、パケット送信装置 11 は、パケット受信装置 21 から通知される報告に基づいて、パケットが正常にパケット受信装置 21 に到達したことを確認する。パケット送信装置 11 は、パケット受信装置 21 から通知される報告に基づいて、送達確認応答なしに送出可能なパケットの数を表す輻輳ウィンドウサイズ ($CWND$: Congestion Window Size) を調整する。例えばパケットが正常に受信された場合は $CWND$ を拡大し、パケットロスが検出された場合は $CWND$ を縮小する。

30

【0005】

この $CWND$ を調整する技法は輻輳制御技法と呼ばれ、通信の状態によってその制御技法が切り替えられる。一般的には通信開始時やタイムアウト後に適用される「スロースタートフェーズ」、通信が安定している際に適用される「輻輳回避フェーズ」、ロスパケットを再送するための「ロスリカバリフェーズ」といったフェーズに応じて輻輳制御技法が切り替える。RFC 5681 には一般的な TCP が用いる輻輳制御技法が記載されている (例えば、非特許文献 2 参照) 。RFC 5681 に記載されているスロースタートフェーズの動作では、 $CWND$ がスロースタート閾値 ($ssthresh$) 未満である場合、式 (1) により $CWND$ を拡大する。 $ssthresh$ は、スロースタートフェーズにおける $CWND$ の拡大・縮小を決めるのに用いるスロースタート閾値である。

40

【0006】

$$CWND = \min(N, MSS) \quad (1)$$

【0007】

N は新たに送達確認されたバイト数、 MSS はパケットに含まれるデータの最大バイト数である。 $CWND$ が $ssthresh$ 以上になるか、パケットロスが発生した時点でスロースタートフェーズでの動作を終了する。

50

【 0 0 0 8 】

T C P C U B I C (例えば、非特許文献 3 参照) や C T C P (例えば、非特許文献 4 参照) など様々な T C P が提案されているが、「スロースタートフェーズ」での動作は R F C 5 6 8 1 と同じであり、「輻輳回避フェーズ」に独自の輻輳制御アルゴリズムが組み込まれている。

【 0 0 0 9 】

スロースタートフェーズでの動作として、H y s t a r t が提案されている(例えば、非特許文献 5 参照)。H y s t a r t では、スロースタート終了条件について R F C 5 6 8 1 に加えて 2 つの新しい条件を定義している。1 つは、1 往復遅延時間 (R T T : Round Trip Time) 中に送信するパケット列の送信にかかる時間が閾値を超えた場合に終了する。もう 1 つは、所定の 1 計測期間中に送信するパケット列の先頭の数パケットで計測した最小の R T T である $R T T_{m i n}$ が、それまでに計測した最小の R T T である $R T T_{b a s e}$ よりも閾値以上に大きくなっている場合に終了する。

10

【 0 0 1 0 】

ここに、 $R T T_{b a s e}$ は通信を開始してから現時点までに計測した最小の R T T、 $R T T_{m i n}$ は予め定めたパケット遅延量に関する計測期間内における R T T について直前の 1 計測期間で計測した最小の R T T である。

【 0 0 1 1 】

この R F C 5 6 8 1 に基づく従来技術を総括するに、そのパケット送信装置 1 1 の概略構成を示すと、図 9 のようになる。尚、図 9 に示すパケット送信装置 1 1 は、後述する本発明との対比に係る機能ブロックのみを図示したものであり、送達確認を行うパケット通信方式のパケット送信装置としてその他の必要な機能は、従来から知られている既知の技術と同様の構成とすることができ、その詳細な説明は省略する。図 9 に示す従来技術に基づくパケット送信装置 1 1 は、送信時刻書込部 1 1 1、パケット送信部 1 1 2、送達確認応答受信部 1 1 3、パケットロス判定部 1 1 4 及びパケット送信制御部 1 1 5 を備え、パケット送信制御部 1 1 5 は、ロス再送動作部 1 1 6、ロスリカバリ動作部 1 1 7、輻輳回避動作部 1 1 8 及びスロースタート動作部 1 1 9 からなる。

20

【 0 0 1 2 】

送信時刻書込部 1 1 1 は、パケット送信時に送信時刻を記録する。この送信時刻は、パケット送信装置 1 1 の本体メモリ (図示せず) にパケット番号とともに記録することができる。或いは、T C P のタイムスタンプオプションを用いて記録することもできる。

30

【 0 0 1 3 】

パケット送信部 1 1 2 は、パケット受信装置 2 1 に向けてパケットを送信する。その後、送達確認応答受信部 1 1 3 は、パケット受信装置 2 1 から通知される送達確認応答パケットを受信すると、次の処理を開始する。

【 0 0 1 4 】

送達確認応答受信部 1 1 3 は、送達確認応答パケットを受信すると、パケット送信部 1 1 2 からのパケット送信から送達確認応答パケットを受信するまでにかかった R T T を計算する。R T T の計算は、本体メモリに記録した送信時刻と受信時刻の差とすることができる。或いは、T C P タイムスタンプオプションを用いることができる。R T T の計算後、送達確認応答受信部 1 1 3 は、パケットロス判定部 1 1 4 へ送達確認応答パケットと R T T を通知する。

40

【 0 0 1 5 】

パケットロス判定部 1 1 4 は、送達確認応答部 1 1 3 から送達確認応答パケットと R T T を受信すると、 $R T T_{b a s e}$ を更新し、パケットロスの発生の有無を判定する。パケットロスが発生している場合には、パケットロス判定部 1 1 4 は、ロス再送動作部 1 1 6 へ送達確認応答パケットと R T T を通知し、所定のパケットロス再送動作を実行させる。パケットロスが発生していない場合は、パケットロス判定部 1 1 4 は、現在の動作フェーズがロスリカバリフェーズの場合はロスリカバリ動作部 1 1 7 へ、輻輳回避フェーズの場合は輻輳回避動作部 1 1 8 へ、送達確認応答パケットと R T T を通知する。また、パケッ

50

トロス判定部 114 は、スロースタートフェーズの場合はスロースタート動作部 119 へ、式(1)に関する所定のスロースタートの動作指示を通知する。

【0016】

ロス再送動作部 116 は、送達確認応答パケットと R T T を基に送信パケットの再送処理を実行する。

【0017】

ロスリカバリ動作部 117 は、送達確認応答パケットと R T T を基にパケットロスの発生後の通信状況の回復を行うよう C W N D の値の拡大又は縮小の調整処理を実行する。

【0018】

輻輳回避動作部 118 は、送達確認応答パケットと R T T を基に通信路の輻輳を回避するよう C W N D の値を更新する。

10

【0019】

ただし、ロス再送動作部 116、ロスリカバリ動作部 117 及び輻輳回避動作部 118 は、一般的な T C P などを含み既知の輻輳制御技法に基づいたレート制御処理を実行するように構成すればよく、その動作の更なる詳細については省略する。

【0020】

スロースタート動作部 119 は、パケットロスが発生していない間、式(1)を基に C W N D の値を拡大するよう更新する。

【0021】

このようにして、パケット送信制御部 115 は、パケットロスの発生の有無に応じて各種の動作フェーズに基づいたレート制御を実行する。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0022】

【非特許文献 1】“RFC793 Transmission Control Protocol”、[online]、昭和56(西暦1981)年9月策定、DARPA INTERNET PROGRAM PROTOCOL SPECIFICATION、[平成26年2月24日検索]、インターネット URL : <http://www.rfc-base.org/txt/rfc-793.txt>

【非特許文献 2】“RFC5681 TCP Congestion Control”、[online]、平成21(西暦2009)年9月策定、Network Working Group、[平成26年2月24日検索]、インターネット URL : <http://tools.ietf.org/search/rfc5681>

30

【非特許文献 3】Sangtae Ha, Injong Rhee and Lisong Xu, “CUBIC: A New TCP-Friendly High-Speed TCP Variant,” [online]、ACM SIGOPS Operating System Review, Volume 42, Issue 5, July 2008、[平成26年2月24日検索]、インターネット URL : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1400105>

【非特許文献 4】kun Tan, Jingmin Song, Qian Zhang and Murari Sridharan, “A Compound TCP Approach for High-speed and Long Distance Networks,” [online]、INFOCOM 2006. 25th IEEE International Conference on Computer Communications. Proceedings, April 2006, [平成26年2月24日検索]、インターネット URL : http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=4146841&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D4146841

40

【非特許文献 5】Sangtae Ha and Injong Rhee, “Hybrid slow start for high-bandwidth and long-distance networks,” [online]、PFLDnet, 2008, [平成26年2月24日検索]、インターネット URL : http://netsrv.csc.ncsu.edu/export/hybridstart_pfldnet08.pdf

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0023】

R F C 5 6 8 1 では、通信開始時には $s s t h r e s h$ は十分に大きい値(例えば取りうる最大の値)に設定されることが推奨されており、結果的にパケットロスが発生するまでスロースタートフェーズが継続する。パケットロスが発生するまで急速に C W N D を拡

50

大しネットワークにパケットを送出するため、他のトラフィックに影響を与えてしまう。また、パケットロスが発生すると損失したパケットを再度送り直す必要があるため、自身の通信効率も低下する。

【0024】

そこで、パケットロスを発生させずにスロースタートフェーズから輻輳回避フェーズへ移行することで上記の問題を解決することができる。Hystartではスロースタートフェーズにおいて送信されるパケットのRTTを用い、パケットロスが発生する前に輻輳を検知することで輻輳回避フェーズへ移行する技法を提示している。しかし、Hystartでは有線ネットワークのように伝搬遅延が安定した環境を前提にしており、各RTT期間に計測するRTTのうち、先頭の数サンプルのみを用いて輻輳検知を実施しているため、無線ネットワークのように輻輳とは無関係に伝搬遅延が変化するネットワークでは、CWNDが拡大する前に輻輳回避フェーズへ移行してしまうことがある。

10

【0025】

本発明は、上述の問題を鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、送達確認を行うパケット通信において、無線ネットワークのような遅延変動が起きやすい環境でも高速な通信を可能にするパケット通信におけるパケット送信装置、通信端末及びスロースタート制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0026】

本発明によるパケット送信装置は、スロースタートフェーズで動作中に、予め定めた計測期間の経過後となる受信応答確認に対して、往復遅延時間(RTT)について継続して計測した最小の往復遅延時間(RTT_{base})と、当該往復遅延時間(RTT)について直前の1計測期間内で計測した最小の値を計測期間内最小の往復遅延時間(RTT_{min})を用いて輻輳判定を行なうことにより、スロースタートフェーズにおいて、輻輳とは無関係の遅延増加の影響を緩和する。

20

【0027】

即ち、本発明のパケット送信装置は、送達確認に基づく遅延量を用いてパケット送信に関するスロースタート制御を行うパケット送信装置であって、パケット送信の送達確認に基づく往復遅延時間(RTT)と、前記往復遅延時間(RTT)について継続して計測した最小の往復遅延時間(RTT_{base})を保持し、予め定めたパケット遅延量に関する計測期間内における当該往復遅延時間(RTT)について直前の1計測期間内で計測した最小の値を計測期間内最小の往復遅延時間(RTT_{min})として計測し保持するRTT算出手段と、スロースタートフェーズで動作中に、前記計測期間を監視し、前記計測期間を経過する送達確認を得た際に前記最小の往復遅延時間(RTT_{base})に所定量を加えた値と前記計測期間内最小の往復遅延時間(RTT_{min})の比較に基づく第1の輻輳判定を行い、前記第1の輻輳判定によって輻輳と判定した際にスロースタートフェーズから輻輳回避フェーズへ遷移させるように動作するスロースタート制御手段と、を備えることを特徴とする。

30

【0028】

また、本発明のパケット送信装置において、前記スロースタート制御手段は、前記計測期間の期間中に、パケットロスがない旨の判定結果として送達確認を得た際に、前記計測期間内最小の往復遅延時間(RTT_{min})について前記往復遅延時間(RTT)を用いて更新するとともに、前記計測期間を経過する送達確認を得た際の前記第1の輻輳判定によって輻輳ではないと判定した際に、前記計測期間内最小の往復遅延時間(RTT_{min})を当該往復遅延時間(RTT)により更新して、輻輳ウィンドウサイズを拡大しスロースタートフェーズを継続するように動作する手段を更に有することを特徴とする。

40

【0029】

また、本発明のパケット送信装置において、前記スロースタート制御手段は、前記計測期間の期間中に、パケットロスがない旨の判定結果として送達確認を得た際に、前記計測期間内最小の往復遅延時間(RTT_{min})について前記往復遅延時間(RTT)を用い

50

て更新するとともに、当該送達確認時の前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) 及び前記計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) を基に、前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) に所定量を加えた値と前記計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) の比較に基づく第2の輻輳判定を行い、前記第2の輻輳判定によって輻輳と判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大せず維持してスロースタートフェーズを継続し、輻輳ではないと判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大して、スロースタートフェーズを継続するように動作する手段を更に有することを特徴とする。

【0030】

また、本発明のパケット送信装置において、前記スロースタート制御手段は、前記計測期間の期間中に、パケットロスがない旨の判定結果として送達確認を得た際に、前記計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) について前記往復遅延時間 (RTT) を用いて更新するとともに、当該送達確認時の前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) 及び前記往復遅延時間 (RTT) を基に、前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) に所定量を加えた値と前記往復遅延時間 (RTT) の比較に基づく第3の輻輳判定を行い、前記第3の輻輳判定によって輻輳と判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大せず維持してスロースタートフェーズを継続し、輻輳ではないと判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大して、スロースタートフェーズを継続するように動作する手段を更に有することを特徴とする。

10

【0031】

また、本発明のパケット送信装置において、前記スロースタート制御手段は、前記計測期間を経過する送達確認を得た際の前記第1の輻輳判定によって輻輳ではないと判定した際に、再度、当該送達確認時の前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) 及び当該往復遅延時間 (RTT) を基に、前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) に所定量を加えた値と前記往復遅延時間 (RTT) の比較に基づいて輻輳判定を行い、該輻輳判定によって輻輳と判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大せず維持してスロースタートフェーズを継続し、輻輳ではないと判定した場合には輻輳ウィンドウサイズを拡大して、スロースタートフェーズを継続するように動作する手段を更に有することを特徴とする。

20

【0032】

また、本発明の通信端末は、本発明のパケット送信装置を備えることを特徴とする。

【0033】

また、本発明のスロースタート制御方法は、送達確認に基づく遅延量を用いてパケット送信に関するスロースタート制御を行うスロースタート制御方法であって、パケット送信の送達確認に基づく往復遅延時間 (RTT) と、前記往復遅延時間 (RTT) について継続して計測した最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) を保持し、予め定めたパケット遅延量に関する計測期間内における当該往復遅延時間 (RTT) について直前の1計測期間内で計測した最小の値を計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) として計測し保持するステップと、スロースタートフェーズで動作中に、前記計測期間を監視し、前記計測期間を経過する送達確認を得た際に前記最小の往復遅延時間 (RTT_{base}) に所定量を加えた値と前記計測期間内最小の往復遅延時間 (RTT_{min}) の比較に基づく第1の輻輳判定を行い、前記第1の輻輳判定によって輻輳と判定した際にスロースタートフェーズから輻輳回避フェーズへ遷移させるように動作するステップと、を含むことを特徴とする。

30

40

【発明の効果】

【0034】

輻輳とは無関係の遅延変動が大きな回線であっても、輻輳の誤判定を抑制しCWNDが拡大する前に輻輳回避フェーズへ移行することを防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明による一実施形態のパケット送信装置におけるブロック図である。

【図2】本発明による一実施形態のパケット送信装置における送達確認応答受信部の処理

50

を示すフローチャートである。

【図3】本発明による一実施形態の packets 送信装置における packets ロス判定部の処理を示すフローチャートである。

【図4】(A)、(B)は、本発明による一実施形態の packets 送信装置に係る packets 遅延量に関する計測期間の説明図である。

【図5】本発明による一実施形態の packets 送信装置における実施例1の slow start 動作部の処理を示すフローチャートである。

【図6】本発明による一実施形態の packets 送信装置における実施例2の slow start 動作部の処理を示すフローチャートである。

【図7】本発明による一実施形態の packets 送信装置における実施例3の slow start 動作部の処理を示すフローチャートである。

【図8】TCPを利用して相互通信接続を行う通信端末のネットワーク接続例を説明する図である。

【図9】従来技術に基づく packets 送信装置におけるブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

図1は、本発明による一実施形態の packets 送信装置 11a におけるブロック図である。packets 送信装置 11a は、図9に示す packets 送信装置 11 に置き換えて、図8に示す通信端末 10 に設ける装置である。同様に、通信端末 20 に対しても、packets 送信装置 22 に置き換えて packets 送信装置 11a と同様の構成を設けることができる。したがって、図8に示すように、TCPを利用して相互通信接続を行う通信端末 10、20 において、packets 送信装置 11a は、データ送信用 packets を所定の通信路を介して packets 受信装置 21 に送信すると、packets 受信装置 21 は、受信した旨の報告として送達確認応答 packets を packets 送信装置 11a に送信する。尚、図1に示す packets 送信装置 11a は、本発明に係る機能ブロックのみを図示したものであり、送達確認を行う packets 通信方式の packets 送信装置としてその他の必要な機能は、従来から知られている既知の技術と同様の構成とすることができ、その詳細な説明は省略する。

【0037】

図1に示すように、本実施形態の packets 送信装置 11a は、送信時刻書込部 111、packets 送信部 112、送達確認応答受信部 113、packets ロス判定部 114 及び packets 送信制御部 115 を備え、packets 送信制御部 115 は、ロス再送動作部 116、ロスリカバリ動作部 117、輻輳回避動作部 118 及び slow start 動作部 119a からなる。尚、図9に示す packets 送信装置 11 と比較して、本実施形態の packets 送信装置 11a は、slow start 動作部 119 の代わりに、slow start 動作部 119a を備える点で相違しており、同様な構成要素には同一の参照番号を付している。

【0038】

送信時刻書込部 111 は、packets 送信時に送信時刻を記録する。この送信時刻は、packets 送信装置 11 の本体メモリ(図示せず)に packets 番号とともに記録することができる。或いは、TCPのタイムスタンプオプションを用いて記録することもできる。

【0039】

packets 送信部 112 は、packets 受信装置 21 に向けて packets を送信する。その後、送達確認応答受信部 113 は、packets 受信装置 21 から通知される送達確認応答 packets を受信すると、次の処理を開始する。

【0040】

送達確認応答受信部 113 は、送達確認応答 packets を受信すると、packets 送信部 112 からの packets 送信から送達確認応答 packets を受信するまでにかかった RTT を計算する。RTT の計算は、本体メモリに記録した送信時刻と受信時刻の差とすることができる。或いは、TCPタイムスタンプオプションを用いることができる。RTT の計算後、送達確認応答受信部 113 は、packets ロス判定部 114 へ送達確認応答 packets と RTT を通知する。より具体的には、図2に示すように、送達確認応答受信部 113 は、

送達確認応答パケットを受信すると（ステップS11）、送信時刻と受信時刻の差からRTTを求め（ステップS12）、RTTの計算後、パケットロス判定部114へ送達確認応答パケット及びRTTを通知する（ステップS13）。

【0041】

パケットロス判定部114は、送達確認応答部113から送達確認応答パケットとRTTを受信すると、 RTT_{base} を更新し、パケットロスの発生の有無を判定する。 RTT_{base} は通信中に計測したRTTの最小値であるが、通信開始時には、とりうる最大の値など、ある決まった値に初期化することができる。より具体的には、図3に示すように、パケットロス判定部114は、送達確認応答受信部113から送達確認応答パケットとRTTを受信すると（ステップS21）、式（2）により RTT_{base} を更新し（ステップS22）、パケットロスが発生しているか否かの判定を行う（ステップS23）。パケットロスの判定には、例えば送達確認応答パケットに含まれる送達確認番号が同じパケットを3回受信した場合とする方法がある。

10

【0042】

$$RTT_{base} = \min(RTT, RTT_{base}) \quad (2)$$

【0043】

パケットロスが発生している場合には（ステップS23：Yes）、パケットロス判定部114は、ロス再送動作部116へ送達確認応答パケットとRTTを通知し、所定のパケットロス再送動作を実行させる（ステップS24）。パケットロスが発生していない場合は（ステップS23：No）、パケットロス判定部114は、現在の動作フェーズがロスリカバリフェーズの場合はロスリカバリ動作部117へ（ステップS25、S26）、輻輳回避フェーズの場合は輻輳回避動作部118へ（ステップS25、S27）、送達確認応答パケットとRTTを通知する。また、パケットロス判定部114は、スロースタートフェーズの場合は本発明に係るスロースタート動作部119aへ、送達確認応答パケットとRTTを通知するとともに、さらに RTT_{base} についても通知する（ステップS25、S28）。

20

【0044】

パケット送信制御部115は、パケットロスの発生の有無に応じて各種の動作フェーズに基づいたレート制御を実行する。尚、ロス再送動作部116、ロスリカバリ動作部117及び輻輳回避動作部118は、一般的なTCPなどを含み既知の輻輳制御技法に基づいたレート制御処理を実行するように構成すればよく、その動作の更なる詳細については省略する。

30

【0045】

本発明に係るスロースタート動作部119aは、通信を開始してから現時点までに計測した最小のRTTである RTT_{base} を用い、受信した送達確認応答パケットに対応するRTTに関して予め定めた1計測期間毎に計測する全てのRTTの中で最小のRTTである RTT_{min} を算出・更新し、 RTT_{base} と RTT_{min} を比較・監視して輻輳判定を行うように構成され、後述する3つの実施例がある。

【0046】

まず、「計測期間」に関して説明する。例えば、図4(A)に示すように、通信端末10が連続的に送信するデータ送信用パケットD1、D2、D3を通信端末20に向けて送信するとともに、データ送信用パケットD1、D2、D3の各々に対応する送達確認応答パケットACK1、ACK2、ACK3を受信する場合を考えたとき、1計測期間は、計測期間の計測の開始から通信端末10（パケット送信装置11a）が最初に送信するパケットに対する送達確認応答（ACK）が到着するまで、とすることができる。

40

【0047】

或いは、図4(B)に示すように、1計測期間は、計測期間の計測の開始から所定時間（例えば、直前の計測期間における最小のRTT（ RTT_{min} ）経過時まで、とすることができる。尚、計測期間は、IPデータフローに対して連続的に定めてもよいし、間欠的に定めてもよく、計測期間で求めた RTT_{min} は少なくとも次回の計測期間でRTT

50

RTT_{min} を求めるまで保持するように構成し、 RTT_{min} を用いる CWND 等の更新にはその更新時点で保持する RTT_{min} を用いるようにする。

【0048】

(実施例1)

まず、本発明に係る実施例1のスロースタート動作部119aについて、図5を参照して説明する。

【0049】

スロースタート動作部119aは、パケットロス判定部114から受信した送達確認応答パケット、 RTT 及び RTT_{base} を基に第1の輻輳判定を行うように構成され、この第1の輻輳判定を基に輻輳回避フェーズへ移行するか否かを決定する。より具体的には、図5に示すように、スロースタート動作部119aは、パケットロス判定部114から送達確認応答パケット、 RTT 及び RTT_{base} を受信すると(ステップS31)、1計測期間が経過したか否かを判定する(ステップS32)。

【0050】

1計測期間が経過していた場合(ステップS32:Yes)、スロースタート動作部119aは、式(3)により第1の輻輳判定を行い(ステップS33)、輻輳が発生していたと判定した際には(ステップS33:Yes)、 $ssthresh$ を現在のCWNDに設定し、輻輳回避フェーズへ移行する(ステップS34)。輻輳が発生していないと判定した場合(ステップS33:No)、 RTT_{min} を RTT で初期化して(ステップS35)、次の計測期間を開始し、ステップS37に移行する。

【0051】

```

if  $RTT_{min} > RTT_{base} +$           (3)
then      輻輳が発生
else      輻輳が発生していない

```

【0052】

RTT_{min} は1計測期間中に計測した最小の RTT 、 RTT_{base} は通信を開始してから現時点までに計測した最小の RTT 、 $ssthresh$ はパラメータである。 $ssthresh$ は、 RTT_{base} の定数倍、 RTT の分散、 RTT のジッタの移動平均などとしてすることができる。

【0053】

一方、1計測期間が経過していない場合(ステップS32:No)、スロースタート動作部119aは、式(4)により RTT_{min} を更新する(ステップS36)。

【0054】

```

 $RTT_{min} = \min(RTT, RTT_{min})$           (4)

```

【0055】

第1の輻輳判定で輻輳が発生していないと判定した後(ステップS33, S35)、及び1計測期間が経過しておらず、 RTT_{min} を更新した場合(ステップS32, S36)、スロースタート動作部119aは、スロースタートフェーズを継続すると決定し、CWNDを式(5)により拡大する(ステップS37)。

【0056】

```

 $CWND = CWND + MSS$           (5)

```

【0057】

このように、本実施例のパケット送信装置11aでは、高速に輻輳ウィンドウサイズを拡大するスロースタートフェーズと、緩やかに輻輳ウィンドウサイズを調整する輻輳回避フェーズを遷移しながらパケット送信の制御を行い、スロースタートフェーズで動作中に、予め定めた計測期間の経過後となる受信応答確認に対して、 RTT_{min} と RTT_{base} によって輻輳判定を行い、輻輳と判定された場合にはスロースタートフェーズから輻輳回避フェーズへ遷移するように構成される。このように構成することで、スロースタートフェーズにおいて、輻輳とは無関係の遅延増加が発生しやすい環境においても、その影響を軽減してウィンドウサイズを拡大することができるようになり、通信効率が向上する。

【 0 0 5 8 】

(実施例 2)

次に、本発明に係る実施例 2 のスロースタート動作部 1 1 9 a について、図 6 を参照して説明する。尚、図 6 において、図 5 と同様の処理内容を示す要素には、同一の参照番号を付している。実施例 1 では、1 計測期間の経過判定及び輻輳判定後、スロースタートフェーズが継続する場合は全て式 (5) によって C W N D を拡大するように構成していたが、本実施例のスロースタート動作部 1 1 9 a は、1 計測期間の経過判定及び輻輳判定後、再度、第 2 の輻輳判定を実行し、輻輳が発生していない場合にのみ式 (5) により C W N D を拡大するように構成される。

【 0 0 5 9 】

より具体的には、図 6 に示すように、スロースタート動作部 1 1 9 a は、パケットロス判定部 1 1 4 から送達確認応答パケット、R T T 及び R T T _{b a s e} を受信すると (ステップ S 3 1) 、1 計測期間が経過したか否かを判定する (ステップ S 3 2) 。

【 0 0 6 0 】

1 計測期間が経過していた場合 (ステップ S 3 2 : Y e s) 、スロースタート動作部 1 1 9 a は、式 (3) により第 1 の輻輳判定を行い (ステップ S 3 3) 、輻輳が発生していたと判定した場合 (ステップ S 3 3 : Y e s) 、 $s s t h r e s h$ を現在の C W N D に設定し (ステップ S 3 4) 、輻輳回避フェーズへ移行する (ステップ S 3 8) 。輻輳が発生していないと判定した場合 (ステップ S 3 3 : N o) 、 $R T T_{m i n}$ を R T T で初期化して (ステップ S 3 5) 、次の計測期間を開始し、ステップ S 3 6 a に移行する。

【 0 0 6 1 】

一方、1 計測期間が経過していない場合 (ステップ S 3 2 : N o) 、スロースタート動作部 1 1 9 a は、式 (4) により $R T T_{m i n}$ を更新する (ステップ S 3 6) 。

【 0 0 6 2 】

第 1 の輻輳判定で輻輳が発生していないと判定した後 (ステップ S 3 3 , S 3 5) 、及び 1 計測期間が経過しておらず、 $R T T_{m i n}$ を更新した場合 (ステップ S 3 2 , S 3 6) 、スロースタート動作部 1 1 9 a は、再度、式 (3) による第 2 の輻輳判定を実行する (ステップ S 3 6 a) 。ただし、第 1 の輻輳判定で輻輳が発生していないと判定した後は、式 (3) に関して、 $R T T_{m i n}$ は R T T により初期化されている点に留意する。

【 0 0 6 3 】

スロースタート動作部 1 1 9 a は、第 2 の輻輳判定により輻輳が発生していたと判定した場合 (ステップ S 3 6 a : Y e s) 、C W N D の拡大を行わずにスロースタートフェーズを継続する。第 2 の輻輳判定により輻輳が発生していないと判定した場合 (ステップ S 3 6 a : N o) 、スロースタート動作部 1 1 9 a は、スロースタートフェーズを継続すると決定し、C W N D を式 (5) により拡大する (ステップ S 3 7) 。

【 0 0 6 4 】

これにより、スロースタート時の C W N D の拡大速度は減少する可能性があるが、対象の計測期間において輻輳が発生していないことを確認した状態でのみ C W N D が拡大されるため、C W N D が過剰に大きくなることを抑制することができる。

【 0 0 6 5 】

(実施例 3)

次に、本発明に係る実施例 2 のスロースタート動作部 1 1 9 a について、図 7 を参照して説明する。尚、図 7 において、図 5 と同様の処理内容を示す要素には、同一の参照番号を付している。実施例 1 では、1 計測期間の経過判定及び輻輳判定後、スロースタートフェーズが継続する場合は全て式 (5) によって C W N D を拡大するように処理していたが、本実施例のスロースタート動作部 1 1 9 a は、1 計測期間の経過判定及び輻輳判定後、第 3 の輻輳判定を実行し、輻輳が発生していない場合にのみ式 (5) により C W N D を拡大するように構成される。

【 0 0 6 6 】

より具体的には、図 7 に示すように、スロースタート動作部 1 1 9 a は、パケットロス

10

20

30

40

50

判定部 114 から送達確認応答パケット、 RTT 及び RTT_{base} を受信すると (ステップ S31)、式 (3) により 1 計測期間が経過したか否かを判定する (ステップ S32)。

【0067】

1 計測期間が経過していた場合 (ステップ S32: Yes)、スロースタート動作部 119a は、式 (3) により第 1 の輻輳判定を行い (ステップ S33)、輻輳が発生していたと判定した場合 (ステップ S33: Yes)、 $ssthresh$ を現在の $CWND$ に設定し (ステップ S34)、輻輳回避フェーズへ移行する (ステップ S38)。輻輳が発生していないと判定した場合 (ステップ S33: No)、 RTT_{min} を RTT で初期化して (ステップ S35)、次の計測期間を開始し、ステップ S36b に移行する。

10

【0068】

一方、1 計測期間が経過していない場合 (ステップ S32: No)、スロースタート動作部 119a は、式 (4) により RTT_{min} を更新する (ステップ S36)。

【0069】

第 1 の輻輳判定で輻輳が発生していないと判定した後 (ステップ S33, S35)、及び 1 計測期間が経過しておらず、 RTT_{min} を更新した場合 (ステップ S32, S36)、スロースタート動作部 119a は、再度、式 (6) による第 3 の輻輳判定を実行する (ステップ S36b)。

【0070】

```
if  $RTT > RTT_{base} +$  (6)
then輻輳が発生
else輻輳が発生していない
```

20

【0071】

スロースタート動作部 119a は、第 3 の輻輳判定により輻輳が発生していたと判定した場合 (ステップ S36b: Yes)、 $CWND$ の拡大を行わずにスロースタートフェーズを継続する。第 3 の輻輳判定により輻輳が発生していないと判定した場合 (ステップ S36b: No)、スロースタート動作部 119a は、スロースタートフェーズを継続すると決定し、 $CWND$ を式 (5) により拡大する (ステップ S37)。

【0072】

これにより、スロースタート時の $CWND$ の拡大速度は減少する可能性があるが、輻輳が発生していないことをパケット毎に確認した状態でのみ $CWND$ が拡大されるため、 $CWND$ が過剰に大きくなることを抑制することができる。

30

【0073】

以上、特定の実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は前述の実施形態及び各実施例に限定されるものではなく、その技術思想を逸脱しない範囲で種々変形可能である。例えば、送達確認に基づく遅延量を用いてパケット送信に関するスロースタート制御を行うパケット送信装置であれば、如何なる態様の装置でもよい。

【産業上の利用可能性】

【0074】

本発明によれば、輻輳とは無関係の遅延変動が大きな回線であっても、輻輳の誤判定を抑制し $CWND$ が拡大する前に輻輳回避フェーズへ移行することを防ぐことができるので、送達確認に基づく遅延量を用いてパケット送信に関するスロースタート制御を行う用途に有用である。

40

【符号の説明】

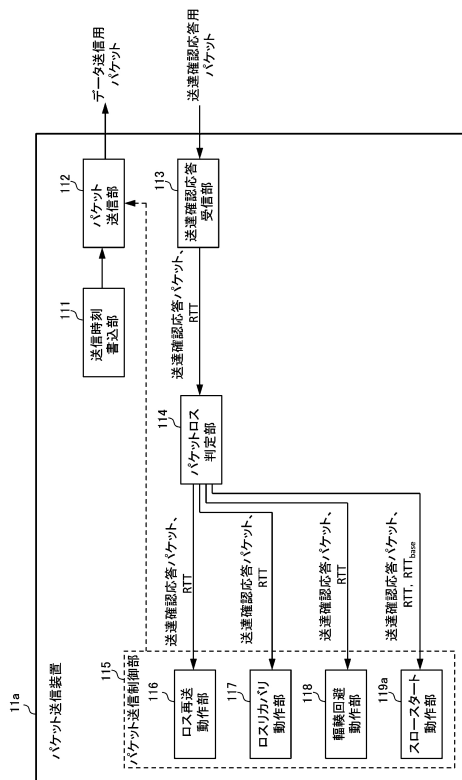
【0075】

- 10 通信端末
- 11 従来技術に係るパケット送信装置
- 11a 本発明による一実施形態のパケット送信装置
- 12 パケット受信装置
- 20 通信端末

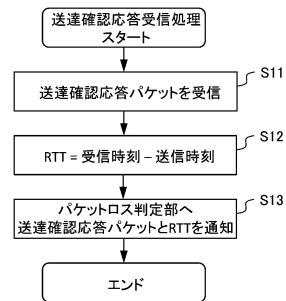
50

- 2 1 パケット受信装置
- 2 2 パケット送信装置
- 1 1 1 送信時刻書込部
- 1 1 2 パケット送信部
- 1 1 3 送達確認応答受信部
- 1 1 4 パケットロス判定部
- 1 1 5 パケット送信制御部
- 1 1 6 ロス再送動作部
- 1 1 7 ロスリカバリ動作部
- 1 1 8 輻輳回避動作部
- 1 1 9 , 1 1 9 a スロースタート動作部

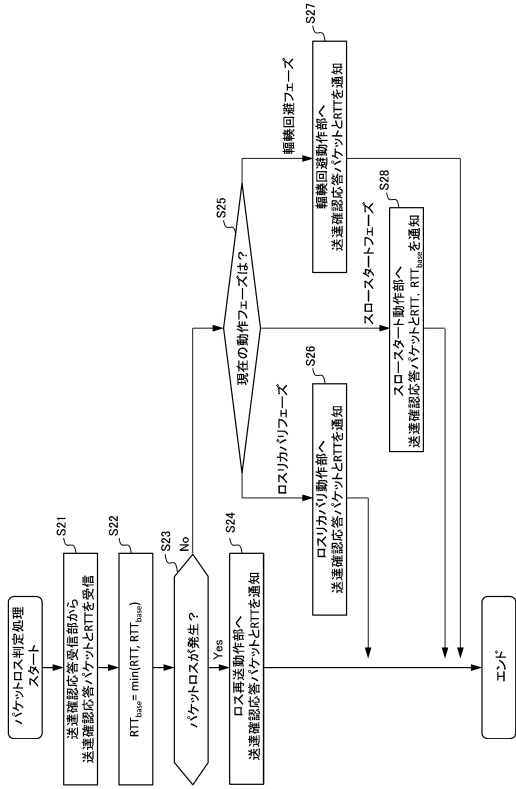
【図 1】



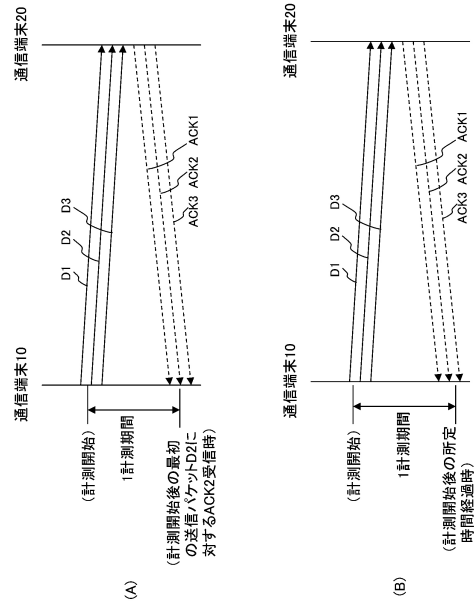
【図 2】



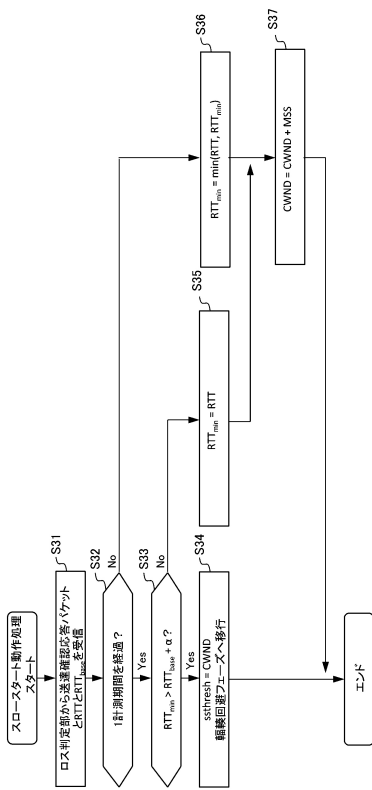
【図3】



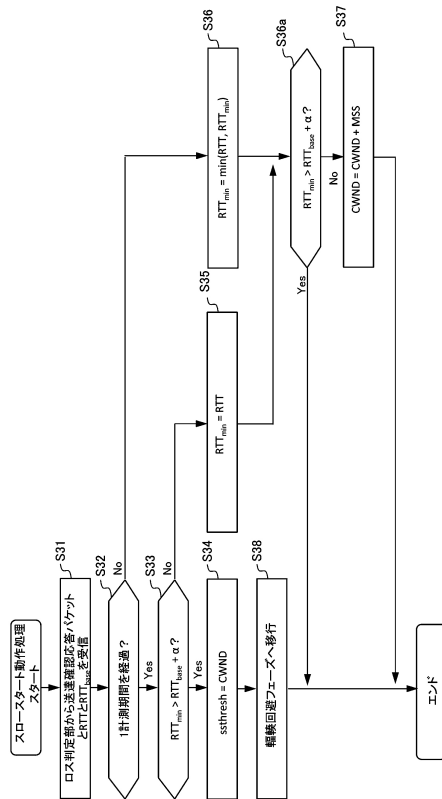
【図4】



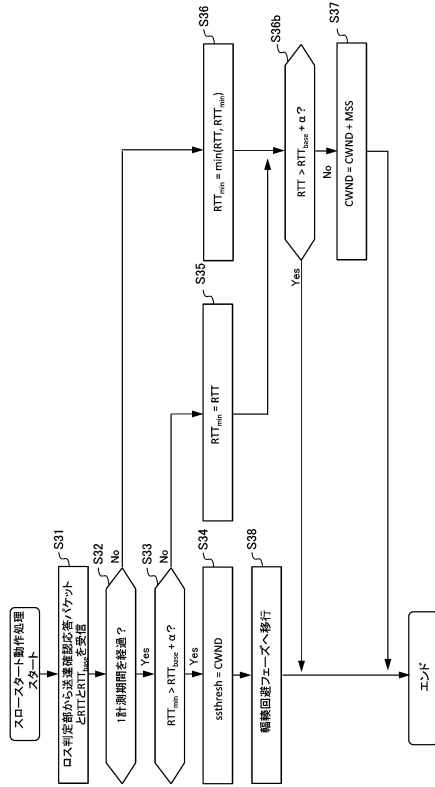
【図5】



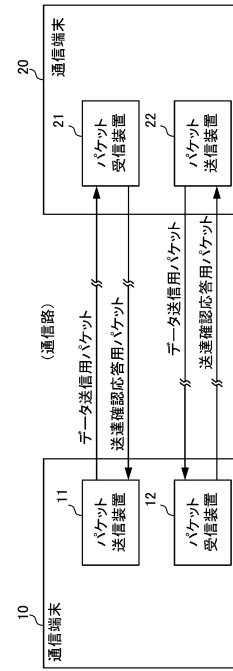
【図6】



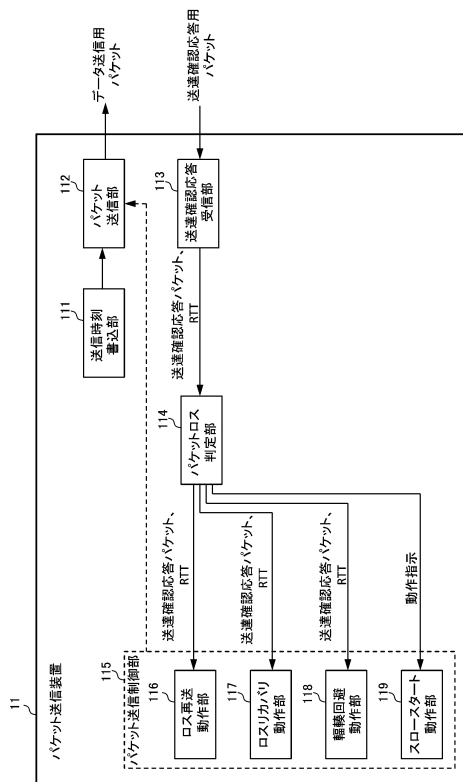
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (56)参考文献 熊副 和美 Kazumi KUMAZOE, 高速ネットワーク環境におけるスロースタート改良方式 Conservative Slow Start: Controlling Losses in Very High Speed Networks, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 108 No. 92 IEICE Technical Report, 日本, 社団法人電子情報通信学会 The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 2008年 6月12日, 第108巻第92号, pp.7-10
小山 智史 Tomofumi Koyama, データリンクレイヤによる遅延を考慮したディレイベースTCPのスループット公平性の評価 Evaluation of Intra-Protocol Fairness by the Delay-based TCP Considering the Latency by Data Link Layer, 電子情報通信学会2014年総合大会講演論文集 通信2 PROCEEDINGS OF THE 2014 IEICE GENERAL CONFERENCE, 2014年 3月4日, p.153

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 12/841

H04L 12/807