

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5087595号
(P5087595)

(45) 発行日 平成24年12月5日(2012.12.5)

(24) 登録日 平成24年9月14日(2012.9.14)

(51) Int.Cl. F I
 H O 4 L 12/56 (2006.01) H O 4 L 12/56 2 O O D
 H O 4 L 29/06 (2006.01) H O 4 L 13/00 3 O 5 C

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2009-179101 (P2009-179101)	(73) 特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22) 出願日	平成21年7月31日(2009.7.31)	(74) 代理人	100123788 弁理士 官崎 昭夫
(65) 公開番号	特開2011-35608 (P2011-35608A)	(74) 代理人	100148297 弁理士 ▲高▼森 俊夫
(43) 公開日	平成23年2月17日(2011.2.17)	(72) 発明者	服部 恭太 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内
審査請求日	平成23年7月8日(2011.7.8)	(72) 発明者	小川 賢太郎 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エッジノード、ウィンドウサイズ制御方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

データ送信端末とデータ受信端末との間の通信帯域が保証された帯域保証ネットワークと接続され、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間に設けられたエッジノードであって、

前記保証された通信帯域である保証帯域をサービス対象フローごとに保持する帯域情報保持部と、

前記サービス対象フローごとにACK(Acknowledgement)パケット用トークンパケットとRTT(Round Trip Time)計測用トークンパケットとを具備し、前記データ送信端末から前記データ受信端末へ送信されたデータのスループットを測定し、前記スループットに基づいて前記ACKパケット用トークンパケット内のトークン量を更新し、該更新したトークン量が前記ACKパケット用トークンパケットの大きさを超えた場合、前記ACKパケット用トークンパケットの大きさを超えた分のトークン量を前記RTT計測用トークンパケットに追加し、前記RTT計測用トークンパケット内のトークン量があらかじめ設定された閾値以上である場合、ウィンドウサイズを算出する要求であるウィンドウサイズ算出要求を出力した後、前記RTT計測用トークンパケット内のトークン量をゼロに設定するACKトークン管理部と、

前記ACKトークン管理部が前記ウィンドウサイズ算出要求を出力した場合、前記保証帯域と、前記RTT計測用トークンパケット内の前記ゼロに設定される前のトークン量と、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間における伝搬遅延時間と、に基づいて

ウィンドウサイズを算出するウィンドウサイズ算出部と、

当該サービス対象フローにて前記データ受信端末から前記データ送信端末へ送信されてきたACKパケットに示されたウィンドウサイズを前記ウィンドウサイズ算出部が算出したウィンドウサイズへ書き換える広告ウィンドウサイズ書き込み部とを有するエッジノード。

【請求項2】

請求項1に記載のエッジノードにおいて、

前記データ受信端末から送信されてきたデータパケットが、前記ACKパケットであるかどうかを識別し、該データパケットがACKパケットであると識別した場合、該ACKパケットに示されたACK番号を通知するフロー識別・振り分け部を有し、

前記ACKトークン管理部は、前記フロー識別・振り分け部から通知されたACK番号と、前記データ送信端末へ最近転送したACKパケットが示すACK番号と、前記データ送信端末へ最近転送したACKパケットを送信したときから該通知までの時間と、前記保証帯域とに基づいて、前記スループットを算出することを特徴とするエッジノード。

【請求項3】

請求項1に記載のエッジノードにおいて、

前記ウィンドウサイズ算出部は、前記伝搬遅延時間を3way-handshakeパケットを用いて算出することを特徴とするエッジノード。

【請求項4】

データ送信端末とデータ受信端末との間の通信帯域が保証された帯域保証ネットワークと接続され、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間に設けられたエッジノードにおけるウィンドウサイズ制御方法であって、

前記保証された通信帯域である保証帯域をサービス対象フローごとに保持する処理と、前記データ送信端末から前記データ受信端末へ送信されたデータのスループットを測定する処理と、

前記スループットに基づいて前記サービス対象フローごとに設けられたACK(Acknowledgement)パケット用トークンパケット内のトークン量を更新する処理と、

前記更新したトークン量が前記ACKパケット用トークンパケットの大きさを超えた場合、前記ACKパケット用トークンパケットの大きさを超えた分のトークン量を前記サービス対象フローごとに設けられたRTT(Round Trip Time)計測用トークンパケットに追加する処理と、

前記RTT計測用トークンパケット内のトークン量があらかじめ設定された閾値以上である場合、前記保証帯域と、前記RTT計測用トークンパケット内のトークン量と、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間における伝搬遅延時間と、に基づいてウィンドウサイズを算出する処理と、

前記ウィンドウサイズを算出した後に、前記RTT計測用トークンパケット内のトークン量をゼロに設定する処理と、

当該サービス対象フローにて前記データ受信端末から前記データ送信端末へ送信されてきたACKパケットに示されたウィンドウサイズを前記算出したウィンドウサイズへ書き換える処理とを有するウィンドウサイズ制御方法。

【請求項5】

請求項4に記載のウィンドウサイズ制御方法において、

前記データ受信端末から送信されてきたデータパケットが、ACKパケットであるかどうかを識別する処理と、

該データパケットがACKパケットであると識別した場合、該ACKパケットが示すACK番号と、前記データ送信端末へ最近転送したACKパケットが示すACK番号と、前記データ送信端末へ最近転送したACKパケットを送信したときから該識別までの時間と、前記保証帯域とに基づいて、前記スループットを算出する処理とを有することを特徴とするウィンドウサイズ制御方法。

10

20

30

40

50

【請求項 6】

請求項 4 に記載のウィンドウサイズ制御方法において、
前記伝搬遅延時間を 3 way - h a n d s h a k e パケットを用いて算出する処理を有することを特徴とするウィンドウサイズ制御方法。

【請求項 7】

データ送信端末とデータ受信端末との間の通信帯域が保証された帯域保証ネットワークと接続され、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間に設けられたエッジノードに、

前記保証された通信帯域である保証帯域をサービス対象フローごとに保持する手順と、
前記データ送信端末から前記データ受信端末へ送信されたデータのスループットを測定する手順と、

前記スループットに基づいて前記サービス対象フローごとに設けられた A C K (A c k n o w l e d g e m e n t) パケット用トークンバケット内のトークン量を更新する手順と、

前記更新したトークン量が前記 A C K パケット用トークンバケットの大きさを超えた場合、前記 A C K パケット用トークンバケットの大きさを超えた分のトークン量を前記サービス対象フローごとに設けられた R T T (R o u n d T r i p T i m e) 計測用トークンバケットに追加する手順と、

前記 R T T 計測用トークンバケット内のトークン量があらかじめ設定された閾値以上である場合、前記保証帯域と、前記 R T T 計測用トークンバケット内のトークン量と、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間における伝搬遅延時間と、に基づいてウィンドウサイズを算出する手順と、

前記ウィンドウサイズを算出した後に、前記 R T T 計測用トークンバケット内のトークン量をゼロに設定する手順と、

当該サービス対象フローにて前記データ受信端末から前記データ送信端末へ送信されてきた A C K パケットに示されたウィンドウサイズを前記算出したウィンドウサイズへ書き換える手順とを実行させるためのプログラム。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のプログラムにおいて、

前記データ受信端末から送信されてきたデータパケットが、A C K パケットであるかどうかを識別する手順と、

該データパケットが A C K パケットであると識別した場合、該 A C K パケットが示す A C K 番号と、前記データ送信端末へ最近転送した A C K パケットが示す A C K 番号と、前記データ送信端末へ最近転送した A C K パケットを送信したときから該識別までの時間と、前記保証帯域とに基づいて、前記スループットを算出する手順とを実行させるためのプログラム。

【請求項 9】

請求項 7 に記載のプログラムにおいて、

前記伝搬遅延時間を 3 way - h a n d s h a k e パケットを用いて算出する手順を実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パケットデータの送受信に用いるウィンドウサイズを制御するエッジノード、ウィンドウサイズ制御方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

パソコンなどの端末の間では、インターネットなどのコンピュータネットワークを介した通信が行われる。この通信によってファイル等のデータが転送される。この種のデータ転送システムでは、トランスポート層のプロトコルとして、標準的なトランスポートプロ

10

20

30

40

50

トコルであるTCP (Transmission Control Protocol) が用いられることが多い。

【0003】

また、データ転送においては大容量のデータを高速に転送することが要求されることがある。これに対してTCPのウィンドウサイズを一定に制御することでスループットを向上させる検討がなされている(例えば、非特許文献1参照。)。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】 “ エッジルータにおけるTCPフローレート制御方式の検討 ”、電子情報通信学会総合大会, 2007年3月

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

TCPでは、ウィンドウサイズをパケット廃棄に従って自律的に変化させる帯域制御が行われる。すなわち、パケット廃棄が発生しなければウィンドウサイズを増加させ続ける特徴がある。そのため、保証された帯域以上のトラフィックがネットワークに流入するのを防ぐためにネットワークの入り口で流入制限を行っている帯域保証ネットワークにおけるTCP通信では、保証した帯域以上のレートでデータ送信を行うためにネットワークの入り口で流入制限によるパケット廃棄が発生し、TCPの輻輳制御が働くことでスループットが鋸歯状になり、保証された帯域を十分に活用できないという課題があった。

【0006】

この課題への対策として、上述したTCPプロトコルに変更を加えることで保証された帯域に合わせて一定のスループットでデータを送信する技術や広告ウィンドウサイズを一定に制御する技術が考えられている。

【0007】

一方、この広告ウィンドウサイズを一定に制御する技術では、経由するネットワーク装置でのキューイング遅延や受信端末における遅延ACKアルゴリズムによる遅延時間の揺らぎを考慮に入れていない。そのため、通信開始時に計測した伝搬遅延時間をもとに算出したウィンドウサイズで制御し続けた場合、伝搬遅延時間が揺らいでしまうと、算出したウィンドウサイズでは帯域遅延積を小さく見積もりすぎて保証した帯域を十分に活用できないという問題点がある。

【0008】

本発明の目的は、帯域保証ネットワークでのデータ転送において、キューイング遅延や遅延ACKアルゴリズムによる遅延時間の変動が発生した場合においても保証した帯域を効率よく利用して高いスループットを保つことができるエッジノード、ウィンドウサイズ制御方法およびプログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のエッジノードは、

データ送信端末とデータ受信端末との間の通信帯域が保証された帯域保証ネットワークと接続され、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間に設けられたエッジノードであって、

前記保証された通信帯域である保証帯域をサービス対象フローごとに保持する帯域情報保持部と、

前記サービス対象フローごとにACK (Acknowledgement) パケット用トークンパケットとRTT (Round Trip Time) 計測用トークンパケットとを具備し、前記データ送信端末から前記データ受信端末へ送信されたデータのスループットを測定し、前記スループットに基づいて前記ACKパケット用トークンパケット内のトークン量を更新し、該更新したトークン量が前記ACKパケット用トークンパケットの大

10

20

30

40

50

きさを超えた場合、前記 A C K パケット用トークンバケットの大きさを超えた分のトークン量を前記 R T T 計測用トークンバケットに追加し、前記 R T T 計測用トークンバケット内のトークン量があらかじめ設定された閾値以上である場合、ウィンドウサイズを算出する要求であるウィンドウサイズ算出要求を出力した後、前記 R T T 計測用トークンバケット内のトークン量をゼロに設定する A C K トークン管理部と、

前記 A C K トークン管理部が前記ウィンドウサイズ算出要求を出力した場合、前記保証帯域と、前記 R T T 計測用トークンバケット内の前記ゼロに設定される前のトークン量と、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間における伝搬遅延時間と、に基づいてウィンドウサイズを算出するウィンドウサイズ算出部と、

当該サービス対象フローにて前記データ受信端末から前記データ送信端末へ送信されてきた A C K パケットに示されたウィンドウサイズを前記ウィンドウサイズ算出部が算出したウィンドウサイズへ書き換える広告ウィンドウサイズ書き込み部とを有する。

【 0 0 1 0 】

また、前記データ受信端末から送信されてきたデータパケットが、前記 A C K パケットであるかどうかを識別し、該データパケットが A C K パケットであると識別した場合、該 A C K パケットに示された A C K 番号を通知するフロー識別・振り分け部を有し、

前記 A C K トークン管理部は、前記フロー識別・振り分け部から通知された A C K 番号と、前記データ送信端末へ最近転送した A C K パケットが示す A C K 番号と、前記データ送信端末へ最近転送した A C K パケットを送信したときから該通知までの時間と、前記保証帯域とに基づいて、前記スループットを算出することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また、前記ウィンドウサイズ算出部は、前記伝搬遅延時間を 3 w a y - h a n d s h a k e パケットを用いて算出することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

また、本発明のウィンドウサイズ制御方法は、

データ送信端末とデータ受信端末との間の通信帯域が保証された帯域保証ネットワークと接続され、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間に設けられたエッジノードにおけるウィンドウサイズ制御方法であって、

前記保証された通信帯域である保証帯域をサービス対象フローごとに保持する処理と、

前記データ送信端末から前記データ受信端末へ送信されたデータのスループットを測定する処理と、

前記スループットに基づいて前記サービス対象フローごとに設けられた A C K (A c k n o w l e d g e m e n t) パケット用トークンバケット内のトークン量を更新する処理と、

前記更新したトークン量が前記 A C K パケット用トークンバケットの大きさを超えた場合、前記 A C K パケット用トークンバケットの大きさを超えた分のトークン量を前記サービス対象フローごとに設けられた R T T (R o u n d T r i p T i m e) 計測用トークンバケットに追加する処理と、

前記 R T T 計測用トークンバケット内のトークン量があらかじめ設定された閾値以上である場合、前記保証帯域と、前記 R T T 計測用トークンバケット内のトークン量と、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間における伝搬遅延時間と、に基づいてウィンドウサイズを算出する処理と、

前記ウィンドウサイズを算出した後に、前記 R T T 計測用トークンバケット内のトークン量をゼロに設定する処理と、

当該サービス対象フローにて前記データ受信端末から前記データ送信端末へ送信されてきた A C K パケットに示されたウィンドウサイズを前記算出したウィンドウサイズへ書き換える処理とを有する。

【 0 0 1 3 】

また、前記データ受信端末から送信されてきたデータパケットが、 A C K パケットであるかどうかを識別する処理と、

10

20

30

40

50

該データパケットがACKパケットであると識別した場合、該ACKパケットが示すACK番号と、前記データ送信端末へ最近転送したACKパケットが示すACK番号と、前記データ送信端末へ最近転送したACKパケットを送信したときから該識別までの時間と、前記保証帯域とに基づいて、前記スループットを算出する処理とを有することを特徴とする。

【0014】

また、前記伝搬遅延時間を3way-handshakeパケットを用いて算出する処理を有することを特徴とする。

【0015】

また、本発明のプログラムは、

データ送信端末とデータ受信端末との間の通信帯域が保証された帯域保証ネットワークと接続され、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間に設けられたエッジノードに、

前記保証された通信帯域である保証帯域をサービス対象フローごとに保持する手順と、前記データ送信端末から前記データ受信端末へ送信されたデータのスループットを測定する手順と、

前記スループットに基づいて前記サービス対象フローごとに設けられたACK(Acknowledgement)パケット用トークンバケット内のトークン量を更新する手順と、

前記更新したトークン量が前記ACKパケット用トークンバケットの大きさを超えた場合、前記ACKパケット用トークンバケットの大きさを超えた分のトークン量を前記サービス対象フローごとに設けられたRTT(Round Trip Time)計測用トークンバケットに追加する手順と、

前記RTT計測用トークンバケット内のトークン量があらかじめ設定された閾値以上である場合、前記保証帯域と、前記RTT計測用トークンバケット内のトークン量と、前記データ送信端末と前記データ受信端末との間における伝搬遅延時間と、に基づいてウィンドウサイズを算出する手順と、

前記ウィンドウサイズを算出した後に、前記RTT計測用トークンバケット内のトークン量をゼロに設定する手順と、

当該サービス対象フローにて前記データ受信端末から前記データ送信端末へ送信されてきたACKパケットに示されたウィンドウサイズを前記算出したウィンドウサイズへ書き換える手順とを実行させる。

【0016】

また、前記データ受信端末から送信されてきたデータパケットが、ACKパケットであるかどうかを識別する手順と、

該データパケットがACKパケットであると識別した場合、該ACKパケットが示すACK番号と、前記データ送信端末へ最近転送したACKパケットが示すACK番号と、前記データ送信端末へ最近転送したACKパケットを送信したときから該識別までの時間と、前記保証帯域とに基づいて、前記スループットを算出する手順とを実行させる。

【0017】

また、前記伝搬遅延時間を3way-handshakeパケットを用いて算出する手順を実行させる。

【発明の効果】

【0018】

以上説明したように、本発明においては、データ送信端末とデータ受信端末との間で測定されたスループットに基づいてACKパケット用トークンバケット内のトークン量を更新し、更新したトークン量がACKパケット用トークンバケットの大きさを超えた分をRTT計測用トークンバケットに追加し、RTT計測用トークンバケット内のトークン量が閾値以上である場合、ネットワークにて保証された通信帯域である保証帯域と、RTT計測用トークンバケット内のトークン量と、データ送信端末とデータ受信端末との間にお

10

20

30

40

50

る伝搬遅延時間とに基づいてウィンドウサイズを算出し、データ受信端末からデータ送信端末へ送信されてきたACKパケットのウィンドウサイズを算出したウィンドウサイズへ書き換える構成としたため、キューイング遅延やデータ受信端末における遅延ACKアルゴリズムによる遅延時間の揺らぎに対応し、レート制御フロー高多重時においても保証帯域内で安定的にスループットを制御できるので、保証帯域を効率よく利用することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明のエッジノードが設けられた通信システムの実施の一形態を示す図である。

10

【図2】図1に示したエッジノードの内部構成を示すブロック図である。

【図3】図2に示したフロー識別・振り分け部によるパケット振り分けを説明するための図である。

【図4】本形態におけるウィンドウサイズ制御方法のうち、ウィンドウサイズを算出するまでの処理を説明するためのシーケンス図である。

【図5】本形態におけるウィンドウサイズ制御方法のうち、ウィンドウサイズを算出してから当該ウィンドウサイズを書き込むまでの処理を説明するためのシーケンス図である。

【図6】図2に示したACKトークン管理部における各制御対象TCPフロー毎に準備されたACKトークンパケットの更新の様子を示すイメージ図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0020】

以下に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0021】

図1は、本発明のエッジノードが設けられた通信システムの実施の一形態を示す図である。

【0022】

本形態は図1に示すように、エッジノード11、12と、帯域管理サーバ13と、データ送信端末14と、データ受信端末15とから構成されている。

【0023】

データ送信端末14は、エッジノード11と接続され、エッジノード11を介して帯域保証ネットワーク16へパケットデータを送信する通信端末である。

30

【0024】

データ受信端末15は、エッジノード12と接続され、エッジノード12を介して帯域保証ネットワーク16から送信されてきたパケットデータを受信する通信端末である。

【0025】

帯域管理サーバ13は、帯域保証ネットワーク16の全リンクの帯域情報を集中的に管理する装置である。帯域情報にはリンクに割り当てられた保証帯域の情報が含まれている。帯域管理サーバ13は、管理している各リンクの帯域情報をエッジノード11、12へ通知する。帯域管理サーバ13による帯域管理によって、データ送信端末14からデータ受信端末15へのリンクは帯域保証ネットワーク16での保証帯域が確保される。その結果、データ送信端末14が保証帯域以下でデータを送出する限り帯域保証ネットワーク16内でのパケット廃棄は発生しない。

40

【0026】

エッジノード11、12は、通信帯域が保証された通信ネットワークである帯域保証ネットワーク16と接続され、データ送信端末14とデータ受信端末15との間の帯域保証ネットワーク16を介しての通信を実現している。また、エッジノード11、12は、データ送信端末14とデータ受信端末15との間でTCPを用いた通信が行われる場合、トークンパケット方式のポリシング制御を行い、ウィンドウサイズを制御する。

【0027】

50

ここで、ウィンドウサイズについて説明する。

【0028】

一般的なTCP (Transmission Control Protocol) では、到達確認を待たずに送信できるデータの大きさを示すウィンドウとして、広告ウィンドウと輻輳ウィンドウとの2つのウィンドウが定義される。広告ウィンドウのサイズはデータ受信側で受信バッファの状態に依存して決定される。一方、輻輳ウィンドウのサイズはデータ送信側でパケット廃棄の状況に応じて決定される。フロー制御に用いるウィンドウサイズには、広告ウィンドウサイズと輻輳ウィンドウサイズとのうちいずれか小さな方が選択される。このウィンドウサイズは、データパケットに対する応答パケットであるACK (Acknowledgement) パケット (以下、ACKと称する) が到着したときに更新される。

10

【0029】

図2は、図1に示したエッジノード11の内部構成を示すブロック図である。なお、図1に示したエッジノード12についても同じ構成を有する。

【0030】

図1に示したエッジノード11には図2に示すように、データ受信部21と、フロー識別・振り分け部22と、広告ウィンドウサイズ書き込み部23と、データ送信部24と、帯域情報保持部25と、ウィンドウサイズ算出部26と、ACKトークン管理部27とが設けられている。

20

【0031】

データ受信部21は、データパケットやACKパケットなどのパケットを受信し、受信したパケットをフロー識別・振り分け部22へ出力する。

【0032】

帯域情報保持部25は、帯域管理サーバ13から通知されたサービス対象ユーザの帯域情報とユーザ情報 (宛先・送信元IP (Internet Protocol) アドレス、宛先・送信元ポート番号) とを対応付けて保持する。帯域情報には、リンクに割り当てられた保証帯域の情報が含まれている。

【0033】

フロー識別・振り分け部22は、帯域情報保持部25に帯域情報とともに保持されているユーザ情報に基づいて、帯域を保証したデータ転送のサービスの対象となるフロー (サービス対象フロー) と、帯域を保証したデータ転送のサービスの対象とならないフロー (サービス非対象フロー) とを識別する。さらにフロー識別・振り分け部22は、サービス対象フローのACKパケットを通して広告ウィンドウ書き込み部23へ出力する。また、フロー識別・振り分け部22は、サービス非対象フローのパケット及び、サービス対象フローのデータパケットをデータ送信部24へ出力する。また、フロー識別・振り分け部22は、サービス対象フローのACKパケットからACK番号を読み取り、読み取ったACK番号をACKトークン管理部27へ通知し、サービス対象フローの帯域制御に用いる。

30

【0034】

広告ウィンドウ書き込み部23は、データ受信端末15からデータ送信端末14へ送信されたACKパケットのウィンドウサイズを示すウィンドウフィールドに、ウィンドウサイズ算出部26で算出されたウィンドウサイズの値を書き込む。また、広告ウィンドウ書き込み部23は、ウィンドウサイズの値を書き込んだACKパケットをデータ送信部24へ出力する。

40

【0035】

データ送信部24は、フロー識別・振り分け部22から出力されてきたパケットを、帯域保証ネットワーク16を介してエッジノード12へ送信する。また、データ送信部24は、広告ウィンドウ書き込み部23から出力されてきたACKパケットを、帯域保証ネットワーク16を介してエッジノード12へ送信する。

【0036】

ウィンドウサイズ算出部26は、ACKトークン管理部27において計測したデータ送

50

信端末 14 とデータ受信端末 15 との間のデータスループットと、帯域情報保持部 25 に保持されている帯域情報の保証帯域とを用いて、データの送出帯域が保証帯域以内となるようなウィンドウサイズを算出する。

【 0 0 3 7 】

A C K トークン管理部 27 は、サービス対象フローが保証帯域以上のレートでのデータを送出しないように、任意のタイミングでトークンを追加する。また、A C K トークン管理部 27 は、サービス対象フローの A C K パケットがフロー識別・振り分け部 22 を通過した際にフロー識別・振り分け部 22 から通知される A C K 番号と、既にデータ送信端末 14 へ転送済みの最新の A C K パケットの A C K 番号との差分に基づいて、データ送信端末 14 とデータ受信端末 15 との間のスループットを測定する。また、A C K トークン管理部 27 は、測定したスループットをウィンドウサイズ算出部 26 へ通知する。

10

【 0 0 3 8 】

図 3 は、図 2 に示したフロー識別・振り分け部 22 によるパケット振り分けを説明するための図である。以下に、図 3 を参照して、フロー識別・振り分け部 22 によるパケット振り分けを詳細に説明する。

【 0 0 3 9 】

データ送信端末 14 とデータ受信端末 15 との間でコネクションが確立されると、データの転送が開始される。エッジノード 11 のフロー識別・振り分け部 22 は、データ受信端末 15 からの A C K パケットを受信すると、当該 A C K パケットがサービス対象フローの A C K パケットであるか否か判定をする。サービス対象フローの A C K パケットであると判定した場合、フロー識別・振り分け部 22 は当該 A C K パケットを広告ウィンドウ書き込み部 23 へ出力する。また、サービス非加入ユーザパケットやデータパケットであると判定した場合は、フロー識別・振り分け部 22 は当該サービス非加入ユーザパケットやデータパケットをデータ送信部 24 へ出力する。

20

【 0 0 4 0 】

以下に、本形態におけるウィンドウサイズ制御方法について説明する。

【 0 0 4 1 】

図 4 は、本形態におけるウィンドウサイズ制御方法のうち、ウィンドウサイズを算出するまでの処理を説明するためのシーケンス図である。

【 0 0 4 2 】

サービス対象であるデータ受信端末 15 から送信された A C K パケットがエッジノード 11 のフロー識別・振り分け部 22 に到着すると（ステップ 201）、フロー識別・振り分け部 22 は A C K 番号通知として、A C K トークン管理部 27 へ、サービス対象フローのユーザ情報と当該 A C K パケットの A C K 番号とを通知する（ステップ 202）。

30

【 0 0 4 3 】

すると、当該 A C K パケットはフロー識別・振り分け部 22 から広告ウィンドウ書き込み部 23 へ出力（転送）される（ステップ 203）。

【 0 0 4 4 】

A C K 番号通知を受けた A C K トークン管理部 27 は、ステップ 202 にて通知を受けた A C K 番号と既に記憶済みのデータ送信端末 14 へ転送済みの最新の A C K パケットの A C K 番号との差分（以下、D i f f A C K と称する）を算出する（ステップ 204）。そして、算出した D i f f A C K 分に相当するデータサイズを算出する。

40

【 0 0 4 5 】

D i f f A C K 分のデータサイズは、例えば（式 1）により求めることができる。

【 0 0 4 6 】

D i f f A C K 分のデータサイズ [B y t e] = (通知を受けた A C K 番号の A C K パケットをデータ送信端末 14 が受信した際に、次にデータ送信端末 14 が送信するデータサイズのペイロード) [B y t e] + (L a y e r 2 ヘッダ + L a y e r 3 ヘッダ + T C P ヘッダ) [B y t e] ... (式 1)

D i f f A C K 分のデータサイズを算出した A C K トークン管理部 27 は、ステップ 2

50

04が完了した時刻T2からデータ送信端末に転送済みの最新のACKパケットを送信した(最近ACKパケットを送信した)時刻T1を減算した値と、DiffACK分のデータサイズとに基づいて、当該フローに該当するトークンパケット(ACKパケット用トークンパケット)内のトークン更新を行う(ステップ205)。

【0047】

更新後のトークン量は、例えば(式2)により求めることができる。

【0048】

更新後のトークン量[kB] = 更新前のトークン量[kB] + 保証帯域[kbps] × (T2 - T1) ÷ 8 [bits / Byte] - DiffACK分のデータサイズ[Byte] ... (式2)

ここで、(保証帯域[kbps] × (T2 - T1) ÷ 8 [bits / Byte])が時刻T1から時刻T2までに当該保証帯域にて通過可能なデータサイズであり、DiffACK分のデータサイズをその通過可能なデータサイズから差し引くことにより、データ送信端末14とデータ受信端末15との間のスループットに相当する値を得ることとなる。つまり、更新後のトークン量は、更新前のトークン量とスループットとから算出される。

【0049】

このとき、更新後のトークン量がトークンパケットの大きさL[kB]よりも大きな場合、更新後のトークン量[kB]がL[kB]を超えた分はRTT計測用トークンパケットに追加される。

【0050】

トークン更新を行ったACKトークン管理部27は、RTT計測用トークンパケット内のトークン量M[kB]と事前に設定した閾値X[kB]とを比較する(ステップ206)。

【0051】

M[kB]がX[kB]以上である場合、ACKトークン管理部27はウィンドウサイズ算出部26に対して、サービス対象フローのユーザ情報とT(=T2 - T1)とRTT計測用トークンパケット内のトークン量Mと共にウィンドウサイズ算出要求を出力する(ステップ207)。また、ACKトークン管理部27は、RTT計測用トークンパケットに溜まっているトークンを0に設定する(ステップ208)。

【0052】

ウィンドウサイズ算出要求を受けたウィンドウサイズ算出部26は、そのユーザ情報に基づいて、帯域情報保持部25に対してユーザ情報に対応する保証帯域を要求する(ステップ209)。すると、帯域情報保持部25は、ウィンドウサイズ算出部26からの要求に応じて保証帯域を返送する(ステップ210)。

【0053】

帯域情報保持部25から保証帯域が返送されると、ウィンドウサイズ算出部26は、データ送信端末14が保証帯域以内でデータを送出するようなウィンドウサイズを算出する(ステップ211)。このとき、保証帯域と一致するレートでデータが送出手されるようなウィンドウサイズが好適である。

【0054】

ウィンドウサイズは、例えば(式3)により求めることができる。

【0055】

ウィンドウサイズ[kB] = 保証帯域[kbps] × 初期書き換えウィンドウサイズ ÷ (保証帯域[kbps] × T - M[kB]) ... (式3)

なお、初期書き換えウィンドウサイズは3way-handshakeパケット内のオプションとして記載されている最大セグメントサイズ(MSS)の倍数、もしくは3way-handshakeパケットを用いて計測したRTT値を基に算出した、例えば(式4)により求めることができる。

【0056】

初期書き換えウィンドウサイズ[kB] = 保証帯域[kbps] × RTT ÷ 8 [bit

10

20

30

40

50

$s / \text{Byte}] \dots$ (式4)

ここで、RTTは、TCPで一般的に用いられるRound Trip Time(データを送信してから、ACKが返信されてくるまでの時間)である。

【0057】

なお、保証帯域がLayer 2での計測値に設定されている場合、書き換えるウィンドウサイズはLayer 4での大きさを指定するため、(式3)と(式4)とはそれぞれ以下のようにLayer 2のヘッダのサイズとLayer 3のヘッダのサイズとTCPヘッダのサイズとを考慮した(式5)と(式6)とでそれぞれ算出してもよい。

【0058】

ウィンドウサイズ[kB] = 保証帯域[kbps] × 初期書き換えウィンドウサイズ ÷ (保証帯域[kbps] × T - M[kB]) × (最大セグメントサイズ ÷ (最大セグメントサイズ + Layer 2のヘッダサイズ + Layer 3のヘッダサイズ + TCPヘッダサイズ)) ÷ 8 [bits/Byte] ... (式5)

10

初期書き換えウィンドウサイズ[kB] = 保証帯域[kbps] × RTT ÷ 8 [bits/Byte] × (最大セグメントサイズ ÷ (最大セグメントサイズ + Layer 2のヘッダサイズ + Layer 3のヘッダサイズ + TCPヘッダサイズ)) ÷ 8 [bits/Byte] ... (式6)

なお、上記ウィンドウサイズはTCPスループットが帯域遅延積(保証帯域 × RTT)から算出可能なことを利用したものである。

【0059】

20

図5は、本形態におけるウィンドウサイズ制御方法のうち、ウィンドウサイズを算出してから当該ウィンドウサイズを書き込むまでの処理を説明するためのシーケンス図である。

【0060】

まず、ウィンドウサイズ算出部26がサービス対象フローのウィンドウサイズを算出する(ステップ301)。

【0061】

続いて、ウィンドウサイズ算出部26は算出したウィンドウサイズと、そのサービス対象フローのユーザ情報とを、広告ウィンドウサイズ書き込み部23へ通知する(ステップ302)。

30

【0062】

広告ウィンドウサイズ書き込み部23は、ウィンドウサイズ算出部26から通知されたウィンドウサイズの値を、フロー識別・振り分け部22から出力されてきたACKパケットのウィンドウフィールドへ書き込む(ステップ303)。

【0063】

そして、広告ウィンドウサイズ書き込み部23は、ウィンドウサイズ算出部26から通知されたウィンドウサイズの値を書き込んだACKパケットをデータ送信部24へ出力する。

【0064】

図6は、図2に示したACKトークン管理部27における各制御対象TCPフロー毎に準備されたACKトークンパケットの更新の様子を示すイメージ図である。

40

【0065】

図6に示したACKトークンパケット40-1~40-n、バーストサイズ41-1~41-n、RTT計測用トークンパケット42-1~42-nの各番号はフロー毎に割り当てられた番号である。

【0066】

上述したステップ202にてフロー識別・振り分け部22からACKトークン管理部27のトークン更新指示部45宛てにACK番号通知によって通知されたACK番号を、ACK番号管理部43内のフロー情報テーブル44にフロー情報とともに到着済みACK番号として記憶する(ステップ401)。フロー情報は例えば、5-tuple(宛先アド

50

レス、送信元アドレス、宛先ポート、送信元ポート、プロトコル)で指定される。

【0067】

また、トークン更新レジブ45は、ACK番号管理部43へDiffACK計算を要求する(ステップ402)。

【0068】

トークン更新指示部45からのDiffACK計算要求を受けたACK番号管理部43は、到着済みACK番号とフロー情報テーブル44に既に記憶済みのデータ送信端末に転送済みの最新のACKパケットのACK番号との差分からDiffACKを算出し、トークン更新指示部45へDiffACK通知を行う(ステップ403)。DiffACK通知を受けたトークン更新指示部45は当該ACKパケットのフロー情報を基に該当するトークンパケット内のトークン量を更新する(ステップ404)。

10

【0069】

上述したように本実施形態では、データの送信側となるデータ送信端末14と、データの受信側となるデータ受信端末15との間は、帯域保証ネットワーク16によって帯域が保証される構成である。従って、保証帯域以下でデータを送出している限りパケットの廃棄が生じないことが想定される。それゆえ、データが保証帯域以下で送出されるように広告ウィンドウサイズを調節すればパケットの廃棄を防ぐことができる。パケットの廃棄が生じなければ輻輳ウィンドウサイズが小さくならないため、常に広告ウィンドウサイズがTCPウィンドウサイズに採用されることになる。その結果、スループットが鋸歯状に変動しなくなり保証帯域の効率的な利用が可能となる。

20

【0070】

そこで、本実施形態では、データ送信端末14とデータ受信端末15との間でエッジノード11, 12がデータ送信側とデータ受信側との間のスループットと、帯域保証ネットワークによる保証帯域とから、データが保証帯域以内で送出されるようなウィンドウサイズを算出し、データ受信端末15からデータ送信端末14へ送信されるACKパケットに記載される広告ウィンドウサイズを、算出したウィンドウサイズの値に書き換える。

【0071】

これにより、データ送信端末14からデータ受信端末15へ送信するデータのレートを保証帯域内で安定的に制御できるため、保証帯域を効率よく利用することができる。

【0072】

また、エッジノード11, 12が、ACK番号に基づいて現在のデータスループットを計測し、計測したスループットをもとに現在の伝搬遅延時間を算出することで、キューイング遅延や遅延ACKアルゴリズムによる遅延揺らぎの影響を回避し、保証帯域を効率よく利用して高いスループットを保つことが可能となる。

30

【0073】

なお、上述したエッジノード11, 12に設けられた各構成要素が行う処理は、目的に応じて作製された論理回路で行うようにしても良い。また、処理内容を記述したプログラムをエッジノード11, 12にて読取可能な記録媒体に記録し、この記録媒体に記録されたプログラムをエッジノード11, 12に読み込ませ、実行するものであっても良い。エッジノード11, 12にて読取可能な記録媒体とは、フロッピー(登録商標)ディスク、光磁気ディスク、DVD、CDなどの移設可能な記録媒体の他、エッジノード11, 12内に内蔵されたROM、RAM等のメモリやHDD等を指す。この記録媒体に記録されたプログラムは、エッジノード11, 12内のCPU(不図示)にて読み込まれ、CPUの制御によって、上述したものと同様の処理が行われる。ここで、CPUは、プログラムが記録された記録媒体から読み込まれたプログラムを実行するコンピュータとして動作するものである。

40

【符号の説明】

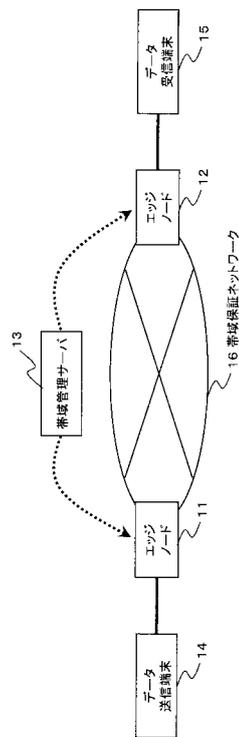
【0074】

- 11, 12 エッジノード
- 13 帯域管理サーバ

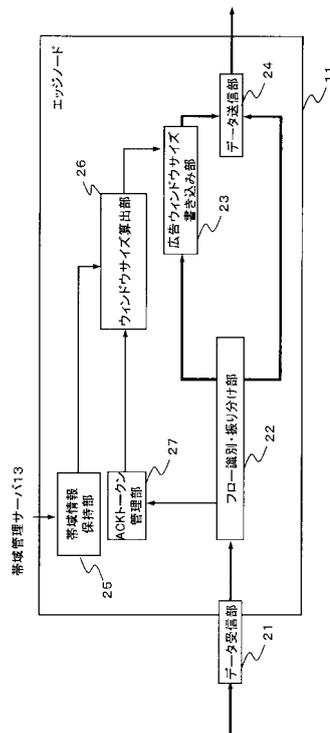
50

- 1 4 データ送信端末
- 1 5 データ受信端末
- 1 6 帯域保証ネットワーク
- 2 1 データ受信部
- 2 2 フロー識別・振り分け部
- 2 3 広告ウィンドウ書き込み部
- 2 4 データ送信部
- 2 5 帯域情報保持部
- 2 6 ウィンドウサイズ算出部
- 2 7 ACKトークン管理部
- 4 0 - 1 ~ 4 0 - n ACKトークンバケット
- 4 1 - 1 ~ 4 1 - n パーストサイズ
- 4 2 - 1 ~ 4 2 - n RTT計測用トークンバケット
- 4 3 ACK番号管理部
- 4 4 フロー情報テーブル
- 4 5 トークン更新指示部

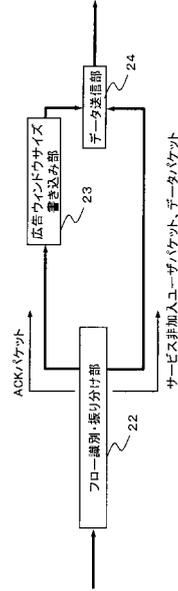
【図1】



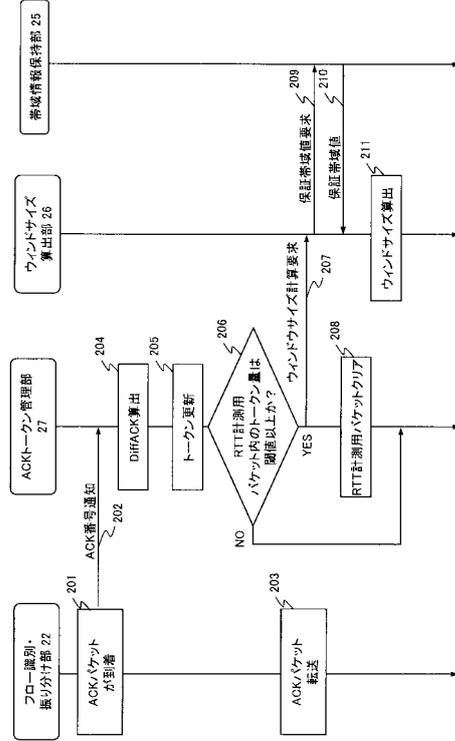
【図2】



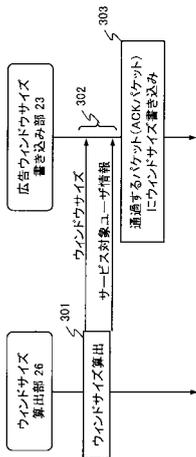
【図 3】



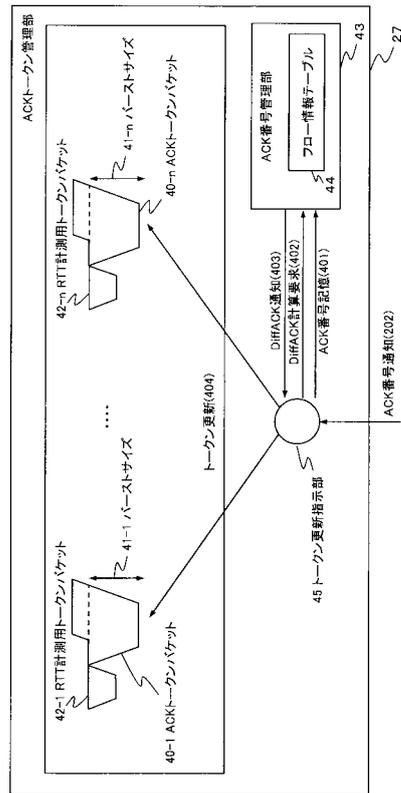
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 片山 勝
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 茶木 慎一郎
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 衣嶋 文彦

- (56)参考文献 特開平11-098219(JP,A)
特開2008-205932(JP,A)
特開2003-078560(JP,A)
特開2009-044413(JP,A)
特開2010-093370(JP,A)
服部 恭太 他, 帯域保証ネットワークにおけるTCPの通信効率向上のためのレート制御手法, 電子情報通信学会技術研究報告, 2008年 2月28日, 第107巻, 第524号, p.359~364
池田 直徒 他, 契約帯域を最大限利用可能な動的ウィンドウサイズ制御方式の提案, 電子情報通信学会技術研究報告, 2008年 2月28日, 第107巻, 第525号, p.223~228

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04L 12/56
H04L 29/06