

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-105981

(P2009-105981A)

(43) 公開日 平成21年5月14日(2009.5.14)

(51) Int.Cl.

HO4L 12/56

(2006.01)

F 1

HO4L 12/56

2000C

テーマコード(参考)

5K030

審査請求 有 請求項の数 20 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2009-30228 (P2009-30228)
 (22) 出願日 平成21年2月12日 (2009.2.12)
 (62) 分割の表示 特願2003-565120 (P2003-565120)
 の分割
 原出願日 平成15年1月31日 (2003.1.31)
 (31) 優先権主張番号 10/062,830
 (32) 優先日 平成14年1月31日 (2002.1.31)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 506034879
 ザ ファンタスティック アイピー ゲゼ
 ルシャフト ミット ベシュレンクテル
 ハフツング
 スイス 6300 ツーク ポストシュト
 ラーセ 13
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 賢男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100086771
 弁理士 西島 孝喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】帯域幅制御のためにデータ・パケット送信のタイミングを取る方法及びシステム

(57) 【要約】

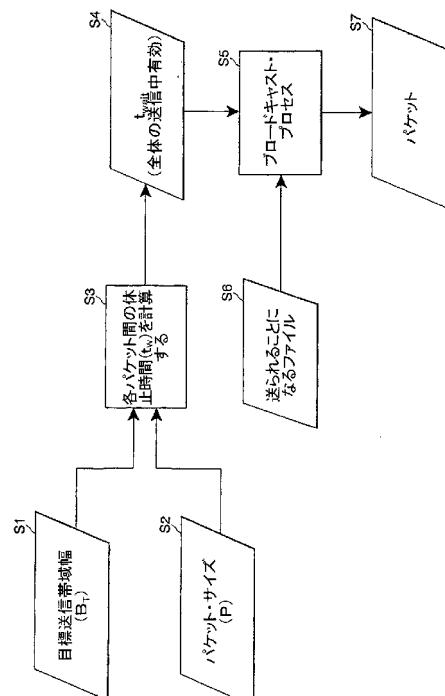
【課題】送信中に選択された目標帯域幅 B_T を達成するため、コンテンツのパケットの連続する送信間に用いられることになる待ち時間 (t_w) を求める。

【解決手段】送信されるコンテンツの連続するパケット間の待ち時間は、送信中に達成されることになる選択された目標帯域幅 (B_T)、及びアルゴリズム式 (I)

$$t_w = \frac{P}{B_T} \quad (I)$$

に基づいたパケットのサイズ (P) の関数として求められる。本発明は、ネットワークのサービスの品質 (QoS) 機能に依存することなく、ソース (送信装置) における帯域幅の制御を提供する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送信中に目標帯域幅 (B_T) を達成するために、送信されることになるコンテンツの既知のパケット・サイズ (P) をもつ連続するパケットの送信の間に待ち時間 (T_w) を用いる方法であって、

送信中に達成しようとする目標帯域幅 (B_T) を選択し、

アルゴリズム

$$t_w = \frac{P}{B_T}$$

10

を用いて、連続するパケットの送信間の待ち時間 (t_w) を計算し、
前記待ち時間を用いて、前記パケットの送信を制御する、
段階を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

用いられる前記計算された待ち時間 t_w が、ある時間単位まで丸められることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記時間単位まで丸めることが、カウンタによって達成されることを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

パケット送信の開始時間 t_1 を定め、
前記パケット送信の終了時間 t_2 を定め、
 $t_2 - t_1$ として、前記パケットの送信に用いられる時間 t_{used} を求める、
段階をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

(a) パケット送信に用いられる前記時間 (t_{used}) を求め、
(b) $t_{used} - t_w$ として、残余時間 (t) を求め、
(c) 1 つのパケットの送信の終了と次のパケットの送信の開始の間に時間 t だけ待つ、
段階をさらに含むことを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

30

【請求項 6】

送信される各々のパケットについて、段階 (a)、段階 (b)、及び段階 (c) を繰り返す段階をさらに含むことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記残余時間 t が、
現在時間 t_{now} にパケットを送る開始時間 t_{start} の値を求め、
(a) 時間 $t_{elapsed} = t_{now} - t_{start}$ を計算し、
(b) $t_{elapsed}$ を前記残余時間 t と比較し、 $t_{elapsed}$ の値 t の場合に次のパケットを送信する、ループ動作を実行する、
ことによって制御されることを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

40

【請求項 8】

誤差値 = $t_{elapsed} - t$ を計算し、後に与えられる t の値から前記値 t を減算する段階をさらに含むことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

用いられる前記計算された待ち時間 t_w が、ある時間単位まで丸められることを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 10】

前記時間単位まで丸めることが、カウンタによって達成されることを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

50

送信されることになる前記パケットの前記既知のパケット・サイズ (P) を選択する付加的な段階を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記既知のパケット・サイズ (P) がアプリケーションによって与えられることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

送信中に目標帯域幅 (B_T) を達成するために、送信されることになるコンテンツの連続するパケットの送信間に待ち時間 (T_w) を用いるための装置であって、

データのパケット内のコンテンツの送信を制御するためのプログラムを含むコンピュータと、

送信されることになる前記パケットの前記サイズ (P) 及び前記所望の目標帯域幅 (B_T) のパラメータを入力し、受け取るための手段と、

アルゴリズム

$$t_w = \frac{P}{B_T}$$

を用いて、連続するパケットの送信間の待ち時間 (t_w) を計算するための処理手段と、

前記パケット間の前記待ち時間 t_w を用いて該パケットを連続的に送信するための制御手段と、

を備えることを特徴とする装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 4】

前記コンピュータが、
パケットの送信の開始時間 (t₁) を定める手段と、
前記パケットの送信の終了時間 (t₂) を定める手段と、
t₂ - t₁ として、前記パケットの送信に用いられる時間 t_{used} を求める手段と、
をさらに備えることを特徴とする請求項 1 3 に記載の装置。

【請求項 1 5】

前記コンピュータが、
パケットの送信に用いられる前記時間 (t_{used}) を求めるための第 1 の手段と、
t_w - t_{used} として、残余時間 (t) を求めるための第 2 の手段と、
をさらに備え、

前記制御手段が、1 つのパケットの送信の開始と次のパケットの送信の開始の間に前記残余時間 t だけ待つように作動することを特徴とする請求項 1 4 に記載の装置。

【請求項 1 6】

前記第 1 及び第 2 の求める手段が、送信される各々のパケットについての前記残余時間 t を求めるように作動し、前記制御手段が、1 つのパケットの送信の開始と次のパケットの送信の開始の間に前記残余時間 t を待つように作動することを特徴とする請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 7】

開始時間 t_{start} 及び現在時間 t_{now} の値を求め、
(a) 時間 t_{elapsed} = t_{now} - t_{start} を計算し、
(b) t_{elapsed} を前記残余時間 t と比較し、t_{elapsed} の値 t の場合に次のパケットを送信する、ループ動作を実行する、
ことによって、前記残余時間 t を制御するための手段をさらに含むことを特徴とする請求項 1 6 に記載の装置。

【請求項 1 8】

誤差値 = t_{elapsed} - t を計算し、後に与えられる t の値から前記値 t を減算するための手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 7 に記載の装置。

【請求項 1 9】

前記制御手段が、前記待ち時間 t_w を測定するために、周期的ベースで作動するカウン

夕をさらに備えることを特徴とする請求項13に記載の装置。

【請求項20】

前記コンピュータが、前記制御手段を作動させて、他の測定された時間に基づいて前記待ち時間 t_w を計算することを特徴とする請求項13に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、帯域幅制御を達成するために、データ・パケットを、送信装置から1つ又はそれ以上の受信装置に送信するタイミングを取る方法及びシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

ケーブル、電話線、衛星通信といった様々な媒体を用いてデータ送信を行う場合には、データが、一方の装置から他方の装置に送られることが普通である。データは、まずパケットにフラグメント化すなわちセグメント化され、次にパケットは、送信されるか又は配信される。「パケット」という用語は、一連のバイトを示すために用いられ、送信及び受信の最小単位を表す。以下、「装置」は、データ・パケットを受信及び／又は送信することができるソフトウェア部品を有するハードウェア要素と定義される。こうした装置の例には、コンピュータ、GPRS携帯電話、及びネットワーク機器が含まれる。

ここで用いられる「コンテンツ」という用語は、一連のパケットにセグメント化されるデータを示す。コンテンツ内に含まれるデータは、ファイル又はファイルの一部、データ・ストリームの一部、或いは何らかのデータの集まりとすることができる。コンテンツは、単なるデータ、又は音声及びビデオ・データ・ストリーム、或いは何らかの組合せとすることができる。コンテンツは、送信装置から1つ又はそれ以上の受信装置に順次に送信されるパケットの状態で送られる。

送信及び受信装置は、典型的には、ソフトウェア・プログラムを実行し、該プログラムの目的は、送信装置において、送られることになるコンテンツをパケットにフラグメント化し、受信装置において、受け取ったパケットを元のコンテンツに再組み立てすることである。

【0003】

帯域幅は、例えば10Mbps(1秒あたり1000万ビット)のような、所定の時間枠に媒体を通して送信することができるデータ量と定義される。本質的には、これは送信速度であり、言い換えると、データが送信装置から受信装置に送られる速度である。各々の送信・受信システムは、送信のために用いられる媒体のタイプ、並びにデータの送信及び受信のために用いられる機器のような、様々な要因によって定められる一定の帯域幅能力を有する。例えば、広帯域のケーブル媒体は、電話線よりも大きな帯域幅能力を有する。

【0004】

コンテンツを形成するデータ・パケットを送るために、様々なタイプのプロトコルが用いられる。幾つかのプロトコルは、ここでは、ベストエフォート型でパケットを伝達し、特に、失ったパケット又は壊れたパケットの自動再送を行わない何らかの送信プロトコルを意味する、「信頼できない」ものと考えることができる。現在、一般的に使われている「信頼できない」プロトコルの例には、ユニキャスト及びマルチキャストのユーザ・データグラム・プロトコル(UDP)、不確実伝送モードのATMアダプテーション層(AAL)タイプ3/4及び5、アップルトークDDPデータグラム、及びユニキャスト及び配信のMPEG-2トランスポート・ストリームが含まれる。

【0005】

多くの場合、異なるファイルからのデータが、同じ媒体を通じて同時に送信されることになる。例えば、特定のシステムが10Mbpsの帯域幅送信能力を有する場合には、2つの異なるコンテンツをもつパケットを、例えば各々が5Mbpsの帯域幅のストリームである別箇のストリームで、同時に送信することができる。様々な商業用途においては、

10

20

30

40

50

同時に用いるために、所定の媒体の利用可能な帯域幅の一部分が、異なる顧客に販売されるか又は使用許諾される。

【0006】

例えば、ジッタ（すなわち、端末相互間のパケット通過時間の変動量）をできる限り低く保持することが重要である音声及びビデオ送信について、幾つかの用途では、パケットが規則的かつタイムリーに受け取られることが必要である。受信装置における信頼性を高めることは、特に広帯域用途の場合に、送信装置において高精度の帯域幅制御を用いることを意味する。

一般に、広帯域用途の帯域幅の使用は、ネットワークの負荷及び速度、リースされた帯域幅容量、及び受信装置の処理速度に従って選択される。所定の送信のために割り当てられた帯域幅を、以下「目標帯域幅」と呼ぶ。送信の際、用いられる実際の帯域幅は、選択された目標帯域幅に対して変化させることができる。

【0007】

配信が行われる際、帯域幅は、変化し、いつでも測定することができる。「瞬時」帯域幅は、最短の測定可能時間で測定された帯域幅である。例えば、帯域幅の使用を、せいぜい1秒に1回程度、規則正しく調べができる場合には、瞬時帯域幅は、ある時間枠（この場合は1秒）に転送されるデータ量を、ある時間間隔で割ることによって計算される。

コンテンツの配信は、「平均（又は中間）帯域幅」を有する。これは、送信の際に送信されたデータの総量を、送信時間で割ったものである。「中間帯域幅」と「平均帯域幅」という用語は、ここでは互換的に用いられる。

コンテンツはパケットで送信されるため、連続するパケットの送信の開始の間に、休止すなわち待ち時間が存在する。パケット間の待ち時間は、コンテンツの送信の際に用いられる帯域幅に関連している。例えば、一定のパケット・サイズを維持しながらパケット間の待ち時間を長くすると、所定時間中に送信されるデータが少なくなり、逆もまた同様である。

【0008】

正確な帯域幅制御なしにデータが送られる場合には、様々な問題が起こり得る。基本的には、障害を起こし得る3つの異なるシナリオがある：すなわち、

- (1) 平均帯域幅が、目標帯域幅の値に対して高すぎる、
- (2) 平均帯域幅が、目標帯域幅の値に対して低すぎる、
- (3) 平均帯域幅が、目標帯域幅と等しいか又はこれに極めて近いが、送信中に測定される瞬時帯域幅の値は、該目標帯域幅と異なる、

である。このタイプの送信は、以下、不均一と呼ばれ、すなわちピークを含む。

上述の異なるシナリオにより引き起こされる問題は、経路指定及びスイッチング装置、並びに宛先受信装置のような、データを受信するシステムの様々なコンポーネント及び構造に悪影響を与えることがある。このことは、以下に説明される。

【0009】

(1) データ・パケットを速く送りすぎる場合。目標帯域幅を超える速度でのデータの配信は、通常、実質的にパケットを失わせる。パケットの損失は、データ送信の完全性を減少させるものである。また、経路指定装置が、入ってくるデータ・ストリームをバッファに入れることができない場合には、速すぎる送信速度により輻輳がもたらされることがある。データが衛星通信のアップリンクに送られる場合には、同じ問題がカプセル化に影響を与えることがある。ここでは、一連のパケット全体が失われる可能性がある。受信装置側では、受け取ったデータを処理するハードウェア又はアプリケーション・プログラムが、帯域幅の中間（平均）値より高い受信データ・ストリームの速度のために設計されていない場合には、パケットの再組み立ては困難なものになる。さらに、データ送信機と受信装置との間にトライフィック・バッファリング機構が設けられていない場合には、該受信装置が接続されるローカル・エリア・ネットワーク（LAN）が輻輳を被ることがある。

【0010】

10

20

30

40

50

(2) データ・パケットを遅く送りすぎる場合。 パケットが指定された目標帯域幅より遅い速度で送信される場合には、データ・パケットが失われることはないであろう。しかしながら、特にデータ送信機と受信装置との間の接続が、送信されるデータ量を基準とする代わりに帯域幅の使用を基準として購入される場合には、リソースの無駄が生じる。また、受信データ速度が遅すぎる場合には、音声及びビデオ・ストリーミング品質に悪影響を及ぼすことがある。つまり、受け取った音声及びビデオが、断続的で不明瞭なものとなるか、或いは、そうでなければ歪められることになる。

【0011】

(3) 帯域幅の使用のピークの場合。 平均出力送信帯域幅が目標帯域幅に近い時でさえ、必ずしもデータ・ストリームに問題がないことが保証されるとは限らない。例えば、送信中のどの瞬間ににおいても帯域幅の使用のピークが存在し得る。また、パケットが、連続的なパケット間で、送信中に均質的に、すなわち完全に一定時間で分散されなかった場合には、所定の瞬間ににおいて用いられる帯域幅の増加又は減少をもたらすパケットのクラスター化が生じ、これが瞬時帯域幅である。その結果、中間帯域幅が目標帯域幅より高いか又は低い場合の送信について上述されたものと同じ問題が生じるが、被る悪影響の程度はより小さい。

【0012】

したがって、いずれかのタイプのコンテンツを含むパケットの送信のための帯域幅の使用をより良く制御できることが望ましい。上述の種々の問題を解決するための従来の試みは、一般に、最大帯域幅を実行するものである。つまり、送信プロトコルは、最大値の帯域幅を超えた時に介入するが、帯域幅の使用が最大値より低い場合には介入しないといったものである。他の既存の解決法は、既存のトラフィック・ストリームを修正するものである。つまり、プロトコルは、内蔵式のトラフィック制御を用いることなく、送信者が引き起こす輻輳問題を解決するために用いられる。さらに、他の既存の解決法は、バッファ空間が超過した時にパケットを廃棄するものである。このタイプの解決法の幾つかは、「水漏れパケット」アルゴリズム (Tanenbaum, Computer Networks, 第3版, p. 380, Prentice Hall) のような、アルゴリズムを用いてパケットを廃棄する。他の解決法は、「トークン・パケット」アルゴリズム (Tanenbaum, p. 381) のようなアルゴリズムを用いて、出力ストリームにおける一定量のバースト性を可能にするものである。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明によると、連続するパケット間の休止（待ち時間）が適切に選択され、パケットが、コンテンツの送信中に選択された待ち時間を用いて送信される場合には、帯域幅を所望の目標帯域幅により近づけた状態で保持できることが分かった。所望の目標帯域幅及びパケット・サイズの選択された入力パラメータに応答して、パケット間の待ち時間を定め、維持する新規な方法及びシステムが提供される。

【0014】

本発明の方法及びシステムは、データ・ストリームのパケット間の休止すなわち待ち時間を制御することによって、コンテンツの送信のための帯域幅を制御する形態で、データを送信するように働く。この方法及びシステムの一部として、パケット間の送信中の待ち又は休止時間 (t_w) を選択し、制御することによって、送信されることになるコンテンツのパケットの所望のサイズ (P) を、所望の目標帯域幅 (B_T) と関連付ける新規なアルゴリズムが開発され、実行される。本発明は、ソフトウェア及び/又はハードウェアに実装することができる。

【0015】

本発明の好ましい実施形態においては、帯域幅制御の精度が、最高解像度のクロック又は送信装置で利用可能な他のタイミング装置の使用によって最大にされる。これにより、待ち時間丸め誤差に対する最良の補正がもたらされる。

10

20

30

40

50

本発明の好ましい実施形態においては、パケット間の待ち時間が、一定のパケット・サイズ及び目標帯域幅に基づいて計算される。

本発明は、受信装置からのフィードバックを必要とせず、これを用いもしない。したがって、本発明は、ユニキャスト、マルチキャスト、及び配信送信のために、単信、半二重、全二重媒体と共に用いることができる。

【0016】

上述の既存の送信問題の解決法と比べると、本発明は、データ・フローを目標帯域幅に向けさせ、必要に応じて送信速度を減少又は増加させる。また、本発明は、ソースにおけるトラフィック制御を提供するので、出していくトラフィックが円滑に分散され、目標帯域幅に向かう。さらに、本発明は、パケット間に休止を取り入れ、次のパケットが送信されるまで送信を阻止することによって過剰なパケットを防止し、決してパケットを廃棄しない。また、本発明は、バースト性が最小である一定帯域幅の使用を維持する。

10

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明のシステムの実施の概略的な図である。

【図2】プロセスのフローチャートである。

【図3】種々のタイミング関数の生成を示すフローチャートである。

【図4】10Mbpsまでの例示的な送信帯域幅についての指定された目標帯域幅に対する誤差百分率を示す図である。

【図5】100Mbpsより上の例示的な送信帯域幅についての指定された目標帯域幅に対する誤差百分率を示す図である。

20

【図6】1Gbpsまでの例示的な送信帯域幅についての指定された目標帯域幅に対する誤差百分率を示す図である。

【図7】パケット間の種々の時間関係を示す図である。

【図8】連続するパケット送信の開始の間の一定値の待ち時間を生成するための別の関数を示すフローチャートである。

【図9】誤差補正機構を取り入れる、図8の関数の修正である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明の他の目的及び利点は、以下の明細書及び添付の図面を参照すると、より明らかになるであろう。

30

データ・パケットの送信において、帯域幅は、通常、所定の時間枠に送信されるデータ量と定義される。帯域幅の制御は、帯域幅を制御する能力、すなわち所定のデータ量についての送信速度をいう。帯域幅制御の品質を評価するための重要な値は、中間（又は平均）帯域幅 B_M 、すなわち全送信中に実際の送信速度が集まる算術的中間値である。目標帯域幅 B_T は、所定のコンテンツ送信のために必要とされる（選択される）帯域幅と定義される。幾つかの場合において、 B_T は、配信能力によってコンテンツの製造者に販売されるか又はリースされた帯域幅の量である。

B_T が知られている場合には、中間帯域幅 B_M を次の式：

$$(B_T - \dots) < B_M < (B_T + \dots) \quad (\text{式1-1})$$

40

によって定めることができる。ここで、

B_T = 目標帯域幅

B_M = 中間帯域幅

= B_T からの B_M の誤差又は偏位

である。

帯域幅制御の主な目的は、 B_M と B_T の間の誤差を最小にすることである。これを別の観点から考えると、 \dots は、

$$E = \frac{\varepsilon}{B_T} \cdot 100\% \quad (\text{式1-2})$$

50

として百分率で表される、所望の目標帯域幅 B_T に対して実際に送信された帯域幅の中間の誤差百分率である。

【0019】

完全なコンテンツの送信のために必要な時間より短い一定時間窓、すなわち瞬時帯域幅に送信されたデータ量を考え、目標帯域幅を有する全体のコンテンツ送信中にこの値を比較することも重要である。瞬時帯域幅の値が目標帯域幅と大きく異なる場合には、データ転送速度が変動することになり、すなわち送信が不均一となるので、このことが必要である。中間帯域幅 B_M が目標帯域幅 B_T と等しいか又はこれに極めて近い場合でも、このことが起こり得る。

特に許容された目標帯域幅が固定され、例えば、衛星伝送によるデータ送信の場合など、該目標帯域幅を超過することができない場合には、ルータ及び他の経路指定装置について、この帯域幅の使用の不均一性を受信側で管理することは非常に難しい。

【0020】

瞬時帯域幅（時間枠 t に測定された）と目標帯域幅 B_T との間の差が、送信中の時間 t においてゼロに向かう場合には、理論的に「一定の」帯域幅を得ることができる。すなわち： 及び t がゼロに向かい、 $t_{start} < t_{end}$ である状態で、

$$(B_T - \dots) < B_{[t, t+t]} < (B_T + \dots) \quad (\text{式 1 - 3})$$

であり、ここで、

t_{start} ：送信開始時間、

t_{end} ：送信終了時間、

t ：測定時間枠（これは、送信時間より短くなければならない）、

$B_{[t, t+t]}$ ： t 及び $t+t$ の間に含まれる間に測定された瞬時帯域幅 B 、である。

上記は、理論上の状況でしかなく、実世界で再現することはできない。それにもかかわらず、ここで説明される帯域幅制御は、送信装置によりサポートされる最大の精度を用いて、この理想的な解決法にできる限り近づけるように設計される。

【0021】

考え得る別のパラメータは、

$$\text{バースト性} = \frac{B_{peak}}{B_M} \quad (\text{式 1 - 4})$$

と定義される送信のバースト性であり、ここで、 B_M は、送信コンテンツの中間帯域幅であり、 B_{peak} は、送信中に測定された絶対的瞬時帯域幅値の最高値である。

すなわち：

$$B_{peak} = \max (B_{[t, t+t]}) \quad (\text{式 1 - 5})$$

である。

理想的には、バースト性は、1に近づくはずである。つまり、用いられる帯域幅は、 B_t に集まるべきである。同じ条件のバースト性の下では、 B_{peak} の繰り返しについての情報がこの値に与えられないので、送信の不均一性が異なることにも注目されたい。實際には、バースト性の値は、ピークが、中間帯域幅 B_M に対してどのくらい大きいかを示すが、送信中にピークが何回繰り返されるかを示すものではない。つまり、送信は、1回又は100回のピークを経験するが、値 B_{peak} は、大部分又は全ての場合において同じである。また、送信の不均一性つまりピークの頻度についての情報は与えられない。

【0022】

送信のためのユーザ・データグラム・プロトコル（UDP）のような信頼できないネットワーク・プロトコルを利用するアプリケーション・プロトコルは、一般に、所定の送信についての目標帯域幅 B_T を指定することができない。直接制御がない結果として、データは、ネットワーク・インターフェースによって許容された最大帯域幅で送られる。プログラムが、コンテンツをネットワーク・カードに送るという命令を伝達する際、そのコンテンツは、該ネットワーク・カードにより許容された最大速度（帯域幅）で送られる。例

10

20

30

40

50

えば、ネットワーク・カードが 10 M b p s の帯域幅を処理できる場合には、コンテンツはパケットにフラグメント化され、これらのパケットは、 10 M b p s でネットワーク上に送られ、アプリケーション・レベルの制御はない。

【0023】

本発明によると、帯域幅の使用を制御し、選択された目標帯域幅 B_T を達成するために、連続するパケットの送信間に待ち時間又は標準残余時間が置かれる。本発明の方法及びシステムは、平均送信帯域幅 B_M ができる限り帯域幅 B_T に近づくように、この休止を取り入れることによって、帯域幅制御を達成する。また、コンテンツの送信中に測定される全ての「瞬時」帯域幅の値が、できる限り目標帯域幅 B_T に近くなるようにされる。このために、パケット間の時間のタイミングを取る際に高い精度が必要とされ、好ましくは、このタイミングは、できる限り正確にすべきである。待ち時間のために必要とされる必要な精度は、目標送信帯域幅 B_T によって決まる。下に説明するように、目標帯域幅 B_T の値が高くなる程、該目標帯域幅から実際の使用のための許容可能な値までの偏位 を維持するために、パケット間の休止の精度の制御が大きいものになる。

10

【0024】

送信されることになるデータのコンテンツを、例えば、 8192 バイトのパケットに分割し、目標帯域幅 $B_T = 10 \text{ M b p s}$ で一定量のデータを送信することを必要とする、以下の例を考える。これは、 6.5536 ミリ秒 (8192 バイト = $8192 * 8 = 65536$ ビット。 $10 \text{ M b p s} =$ 每秒 100000000 (一千万) ビットである。 65536 を 100000000 で割ると = > 待ち時間 (パケット間の) = 0.0065536 秒 = 6.5536 ミリ秒) である、全ての送信されたパケット間の待ち時間又は休止として計算する。パケット間の待ち時間を求めるための時間測定システムの精度が、例えば 1 ミリ秒クロックのような 1 ミリ秒である場合には、この時間の値は、計算された 6.5536 ミリ秒から切り下げ又は切り上げしなければならず、該待ち時間は、6 又は 7 ミリ秒となる。6 又は 7 ミリ秒に丸めることは、それぞれ、平均帯域幅の使用において指定された $B_T = 10 \text{ M b p s}$ から -6.38% 又は 9.23% の誤差を生じる。この例は、配信中のパケット間の待ち時間間隔の正確な計算に対する必要性を示す。平均帯域幅 B_M が目標帯域幅 B_T と等しいことを保証するために、理論的には、待ち時間を丸めるべきではない。実際には、幾つかの場合、この値は、ソフトウェア及びハードウェアの制限のために丸めなければならない。以下に説明されるように、送信装置によりサポートされる最も高い精度が用いられ、よって達成される帯域幅制御が、用いられるソフトウェア及びハードウェアの構成のために最適化されることが好ましい。

20

【0025】

上述のように、高精度の制御を提供するために、考慮すべき重要な態様は、連続的に送信されるパケット間の待ち時間の測定に対する時間粒度 (精度) である。例として、図 4 は、 8 K B のパケット・サイズをもつ、 10 M b p s までの帯域幅における所定の送信についての、指定された (目標) 帯域幅 B_T における絶対的誤差百分率 (対数目盛) を示す。上方の曲線は、ミリ秒までの待ち時間の丸めを用いた誤差を示し、下方の曲線は、マイクロ秒までの待ち時間の丸めを用いた誤差を示す。丸めがマイクロ秒 (高精度) までである際には、誤差はより少なくなることが分かる。

30

【0026】

図 5 は、 8 K B のパケット・サイズをもつ、 100 M b p s までの帯域幅における所定の送信についての、指定された目標帯域幅 B_T における絶対的誤差百分率 (対数目盛) を例として示す。上方の曲線は、ミリ秒までの待ち時間の丸めを用いた誤差を示し、下方の曲線は、マイクロ秒までの待ち時間の丸めを用いた誤差を示す。実際の帯域幅の使用の誤差百分率 は、決して 0.1% を超えないことが分かる。待ち時間をミリ秒まで丸めることによって、結果として生じる誤差が著しく大きくなり、実際の帯域幅の使用は、 50 M b p s の B_T における目標帯域幅より $45 - 50\%$ 高くなり、 $B_T = 100 \text{ M b p s}$ におけるものより 35% 低くなる。

40

【0027】

50

図6は、パケット・サイズ = 8 KBの場合の、パケットの送信間の待ち時間をマイクロ秒まで丸めた場合の、所定の例示的な送信(1 Gbpsまで)についての指定された帯域幅 B_T における誤差百分率 ϵ を示す。ミリ秒まで丸めた時に得られる誤差百分率は、このグラフ上に示されていない。マイクロ秒まで待ち時間を丸めることによって、1 Gbpsまでの目標帯域幅 B_T における誤差百分率は、最悪の場合でも 0.8% より下にとどまる。このことは、中間帯域幅 B_M と目標帯域幅 B_T との間の差が、8 Mbps より下になることを意味する。これは、1 Gbpsまでの送信速度について許容可能であると考えられる。しかしながら、1マイクロ秒の粒度を用いることは、1 Gbps より著しく低い場合であっても、目標帯域幅について、ずっと高く、許容できない誤差を生み出す。

パケット・サイズ(P)は、送信中に重要な役割を果たす。一般に、少なくともマイクロ秒の精度まで丸められた場合には、パケット・サイズが大きくなるにつれて、中間帯域幅 B_M に対する目標帯域幅 B_T の誤差百分率が小さくなる。これは、パケット・サイズが大きくなる場合、所定の送信コンテンツに対するパケット数が減少し、その結果、パケットの所定の送信間の待ち時間の発生数が減少し、丸め誤差の合計を減少させるという事実によるものである。

【0028】

本発明においては、送信時の帯域幅は、パケット間の待ち時間間隔 T_W の予め定められた値を選択し、配置することによって制御される。待ち時間間隔 T_W は、利用可能な最高解像度のタイミング装置を用いることにより、送信装置において可能な最高精度で計算することが好ましい。上に示されるように、Mbps範囲の送信速度についての許容可能な帯域幅制御を保証するために、少なくともマイクロ秒の粒度が好ましい。

帯域幅制御を達成するのに適用されるアルゴリズムは、次のとおりである、すなわち：目標帯域幅 B_T 及びパケット・サイズ P が与えられた場合に、各パケット間の待ち時間間隔 T_W は、

$$t_w = \frac{P}{B_T} \quad (式2-1)$$

である。

【0029】

作動において、 B_T 及び P の両方は、送信を制御するコンピュータへの入力パラメータとして与えられる。目標帯域幅 B_T は、ユーザ・インターフェースを通じて送信を送りたい人によって設定することができる。例えば、第3者にコンテンツを送りたい場合には、ファイルが送信されることになる「速度」がユーザによって入力された場合にプログラムを利用できる。つまり、目標帯域幅 B_T は、入力パラメータとして与えられる。

パケット・サイズ P のパラメータについては、一般に、送信を配信するためにプログラムがインストールされる際にパケット・サイズが設定され、次に、パケット・サイズは、全ての送信について同じに保持される。例えば、パケット・サイズを、設定ファイル内に含ませることができる。パケット・サイズは、別箇のパラメータとして入力することもできる。典型的な使用においては、送られることになるコンテンツ及び目標送信帯域幅 B_T が選択される。次に、配信・アプリケーションが、該配信・アプリケーションによって前もって設定されるか、又は入力された構成設定から、必要とされるパケット・サイズを読み取る。この時点で、配信・アプリケーションは、送信されることになるファイルを小さなパケットに「フラグメント化」する。一般的には、これらのパケットのヘッダは、受信者のアドレス及びパケットのコンテンツについての情報を指定する。パケット・サイズが、送信されることになるコンテンツをパケットにフラグメント化する前に、設定又は入力から読み取られているので、配信・アプリケーションは、既に該パケット・サイズを知っている。

【0030】

使用において、配信・アプリケーション・プログラムと共に用いるように選択された目標帯域幅 B_T は、用いられることになる送信媒体、及び使用のためにリースされるか又は

10

20

30

40

50

購入された帯域幅の量といった他の要因に大きく基づいている。

パケット・サイズの送信中、ループ動作が、次のようにあらゆるパケット送信について繰り返される。すなわち、

- (1) 実際の時間値 t_1 を得る(パケット送信の開始として)、
- (2) パケットを送信する、
- (3) 実際の時間値 t_2 (パケット送信後)を得る、
- (4) パケットを送るために用いられる時間 t_{used} を計算する、ここで、

$$t_{used} = t_2 - t_1 \quad (式2-2)$$

- (5) 値 t (残余時間)を計算する、

$$t = t_w - t_{used} \quad (式2-3)$$

- (6) t を待つ、

- (7) 段階1に進む。

【0031】

図7を参照すると、これは、種々の時間を示す。見られるように、 t_w は、2つの連続するパケットの開始(t_1)の間の時間であり、一方、 t は、1つのパケットの終了(t_2)了と次のパケットの開始(t_1)との間の時間である。残余時間値 t は、それぞれ選択されたパケット・サイズ P 及び目標帯域幅 B_T に基づいたものにしなくてはならない。

データのパケットを送る作業は時間がかかる。つまり、時間 t_{used} は、パケットを物理的に取り、これをネットワーク上で送るために用いられる。待ち時間 t_w が達成されるのに十分な時間があることを保証するために、送信装置は、パケット送信作業が完了した後、残余時間 t だけ待つ必要がある。計算されたパケット間の待ち時間 t_w により、必要とされる目標帯域幅において情報が送られることが保証される。つまり、残余時間 t は、(連続するパケット間を待つ) t_w と(パケットを送るための) t_{used} との間の差である。

【0032】

図1は、データ・パケットの送信について説明する図である。送信ステーションにおいて、配信・アプリケーション・プログラムがインストールされたコンピュータ10がある。配信・アプリケーション・プログラムは、データ・パケット内の送信されることになるコンテンツ12上で作動する。送信目標帯域幅 B_T 及びパケット・サイズ P のパラメータが、コンピュータ10に入力される。上述のように、パケット・サイズの値 P は、既にコンピュータに知られている。パケット・サイズの値 P は、必要に応じて設定することができる。コンピュータは、式2-1のアルゴリズムから待ち時間 t_w を計算し、連続するパケット間に制御された待ち時間 t_w を有するものとして示されるパケット18(黒色バー)の送信16を制御するように作動する。

パケット18は、受信アプリケーション・プログラムがインストールされたコンピュータ20で受け取られる。このプログラムは、受け取ったパケットを、送られたコンテンツ・ファイル12に対応するファイルに再組み立てする。これは従来のものである。

【0033】

図2は、全体のプロセスのフローチャートである。ここでは、S1及びS2において、目標帯域幅 B_T 及びパケット・サイズ P がコンピュータに入力される。S3において、コンピュータは、式2-1のアルゴリズムに従って t_w を計算する。計算された値 t_w は、S4において制御パラメータとして用いられ、この制御パラメータは、配信・アプリケーション・プロセスS5に入力される。 t_w の値は、S6において入力として配信・プロセスS5に送られるファイルに適用される。S2からパケット・サイズを、S3から待ち時間を知っている配信・プロセスS5は、S7パケットを送信する。

【0034】

図3は、上述のような残余時間 t を得るためのタイミング・ループの段階を実行するコンピュータの作動を示す。S101において、パケット送信の開始における時間 t_1 が、S102において定められ、格納される。S103において、送られることになるパケットが利用できるようにされ、S104において送られる。S105において、パケット送信の終了時間 t_2 が、S106において定められ、格納される。S108において、パケ

10

20

30

40

50

ットを送信する際の時間量 t_{used} が計算され (S 1 0 6 の値から S 1 0 2 の値を減算する)、S 1 1 0 において利用できるようにされる。

S 1 1 1 において、計算された t_w の値 (S 4 を参照されたい) は、残余時間 t (式 2 - 3 を参照せよ) を計算するために、(S 1 1 0 から) t_{used} と共に S 1 1 2 において用いられる。計算された残余時間の値 t は、S 1 0 1 及び S 1 0 2 において次のパケットの送信が開始される前に、S 1 1 6 において満足されるべき時間として、S 1 1 4 において利用可能になる。

【0 0 3 5】

式 2 - 1 のアルゴリズムを用いると、式 2 - 2 の現在時間の値 t_1 及び t_2 を得、式 2 - 4 の残余時間を持つために用いられる機能は、少なくともマイクロ秒の粒度 (精度又は解像度) 有する。粒度をより正確にすることは、目標帯域幅 B_T に対する実際の中間帯域幅 B_M の誤差 を減少させる。 t_1 及び t_2 の値を得る最も直接的な方法は、タイミング・クロックからといったように、作動システムから実際の時間を得ることである。しかしながら、このことは、作動システムがマイクロ秒の精度のタイマーを有することを意味する。この機能がない場合には、高精度のハードウェア・カウンタを用いることができる。カウンタは、段階的な変数に関するプログラミングに用いられる一般的な用語である。幾つかのシステムは、高解像度の経過時間提供する高解像度性能のカウンタを含む。カウンタの値は、コンピュータの中央処理ユニット (CPU) によって管理され、作動システムによって読み取られる。通常、カウンタは、時間計算に加えて他のタスクが実行される場合には、CPU 共用作動システムにおいてハードウェア制御されなければならない。カウンタの頻度の増加、すなわち一秒にカウンタが何回増えるかが知られている場合には、2つの異なる時間におけるカウンタ値を得、この差をカウンタの頻度で割ることによって、 t_{used} のような時間間隔を計算することが可能である。見られるように、高精度のカウンタを用いることが望ましい。しかしながら、あらゆる信頼できるカウンタを使うことができるが、帯域幅が制御される精度を最大にするために、装置上で利用可能な最高解像度のカウンタを用いるべきである。

【0 0 3 6】

別の重要な問題は、所定の残余時間間隔 t の間にパケットを送るプログラムをどのようにサスPENDするかということである。上に示されるように、パケットが送信された後、プログラムは、別のパケットを送る前に残余時間 $t = t_w - t_{used}$ が経過するのを待たなくてはならない。配信装置が、所望の粒度を有する残余時間を求めるタスクを達成するのに必要なハードウェア及び / 又はソフトウェア機能をもっていないが、所望の粒度と共に現在時間を知るための少なくとも 1 つの方法を提供する場合には、他のアプローチを用いることができる。

【0 0 3 7】

1 つのアプローチが、図 8 に示される。ここでは、段階 S 2 0 1 において、残余時間 t が与えられ、S 2 0 3 及び S 2 0 5 において、所定の t_{start} の値 (t_w 関数の開始) 及び t_{now} (現在時間) が与えられる。時間 $t_{elapsed}$ が、

$$t_{elapsed} = t_{now} - t_{start} \quad (\text{式 3 - 1})$$

のよう、S 2 0 7 において計算される。ループにおいて、次のパケットが送られる前に待つために、 $t_{elapsed}$ と残余時間 t との間の差の値を、S 2 0 9 において周期的に比較する関数 (すなわち、ソフトウェア・プロセス) が、実行される。 $t_{elapsed}$ の値が、所望の残余時間 t と等しいか又はこれより大きい場合には、ループ・プロセスが終了し、プログラムを続けさせ、新しいパケットを送る。時間計測が高精度を有し、下に説明される適当な値が頻繁な間隔で比較される場合には、このアプローチは高精度をもたらす。

【0 0 3 8】

図 8 の方法は、次のようなアルゴリズムにおいて説明することができる。すなわち、S 2 0 1 所望の残余時間 t (すなわち、パケットの送信をどれくらい長くサスPENDすべきか) を得る、

S 2 0 3 開始時間 t_{start} を得 (待ちプロセスが呼び出された場合)、できるだけ頻

10

20

30

40

50

繁に次のループを実行し続ける、

S 2 0 5 現在の時間 t_{now} を得る、

S 2 0 7 $t_{now} - t_{start} = t_{elapsed}$ を計算する。

$t_{elapsed}$ が t より大きいか又はこれと等しい場合には (S 2 0 9) 、ループを終了し、プログラムを実行し続ける。

プロセスがループを終了する時、($t_{now} - t_{start}$) は、残余時間 t より大きいか又はこれと等しい。他の場合には、ループは実行し続ける。幾つかの場合において、 $t_{elapsed}$ ($t_{now} - t_{start}$) は、残余時間 t より大きい、すなわち、プロセスが該残余時間 t より長く待つことが起こり得る。

【0039】

10

図 8 に用いられるものと同じ段階が同じ参照番号を用いて示される図 9 に、図 8 のプロセスの改良が示される。図 9 のプロセスにおいて、 $t_{elapsed}$ と残余時間 t との間に生じる小さな差が、該プロセスの各々の呼び出し内に考えられる。まず、S 2 0 0 において、 t の値がゼロに設定される。段階 S 2 1 1 が、 t が計算される図 8 のプロセスに付加される。すなわち、

$$= t_{elapsed} - t \quad (\text{式 3 - 2})$$

値 t は、次のプロセス呼び出しのために S 2 1 3 に格納され、S 2 1 0 において、次の残余時間 t (次の t_w 周期の開始の次の呼び出しにおいて、プロセスへの入力として渡された) から減算される。

【0040】

20

図 9 のプロセスは、誤差 t を用いて残余時間 t を修正することによって、丸め誤差を動的に補正する。このように、丸めにより生じた誤差にもかかわらず、1つのパケットと次のパケットの送信間に費やされた時間は、平均して t_w に向かう傾向がある。1つの周期にもたらされた誤差は、次の周期において補正される。この修正を用いると、全体の送信中一定に保持される、図 8 のプロセスにおけるパケット間の待ち時間 t_w (P 及び B_T から計算される) は、前の誤差を補正するために動的に変化する。この誤差の補正期間の際、瞬時帯域幅の使用が、目標帯域幅 B_T を超えることがある。

この誤差修正プロセスの工程は、用いられる中間帯域幅 B_M の精度を増加させるために用いられる瞬時帯域幅の精度を減少させる。用いられる瞬時帯域幅が目標帯域幅 B_T を超える期間は、上述の丸め誤差によって決まる。高解像度のクロック又はカウンタの使用が、この期間を制限する。このために、この修正は、短時間の間目標帯域幅を超えることが可能であり、許容可能な場合にのみ実行すべきである。

30

【0041】

バースト性状況を考えると、タイミング丸め誤差が補正されない場合には、考えられる最も低いバースト性の限界は、送信装置により与えられるタイミング機能を用いて制限されるが、平均帯域幅を目標帯域幅 B_T より低くすることができる。タイミング丸め誤差が補正された場合には、平均帯域幅は、送信装置により与えられるタイミング機能を用いて、できる限り目標帯域幅に近いものにされるが、バースト性は、誤差修正が用いられなかった場合よりも大きくなる。

送信制御プロトコル (TCP) のような信頼できるプロトコルは、受信の確認通知及び失われたか又は破損したデータ・パケットの再送信のために、付加的なパケットを送る。送信装置は、一般に、送られる付加的なパケットの数又はサイズを判断することができず、そのため、用いられる帯域幅を制御できない。このために、本発明は、主として信頼できないパケット・ベースのプロトコルと共に用いられる際に著しく有益である。

40

【0042】

本発明の帯域幅制御方法及びシステムは、如何なるサイズのコンテンツに適用することもできる。送信者が事前にコンテンツのサイズを知る必要はない。前もって必要とされる唯一の知識は、以下 P と示されるパケットのサイズと目標帯域幅である。パケット間の標準残余時間を持つのに用いられるプロセス及び / 又は装置が十分に正確である場合には、コンテンツのサイズは、送信時間に影響するだけであり、平均帯域幅に影響を及ぼさない

50

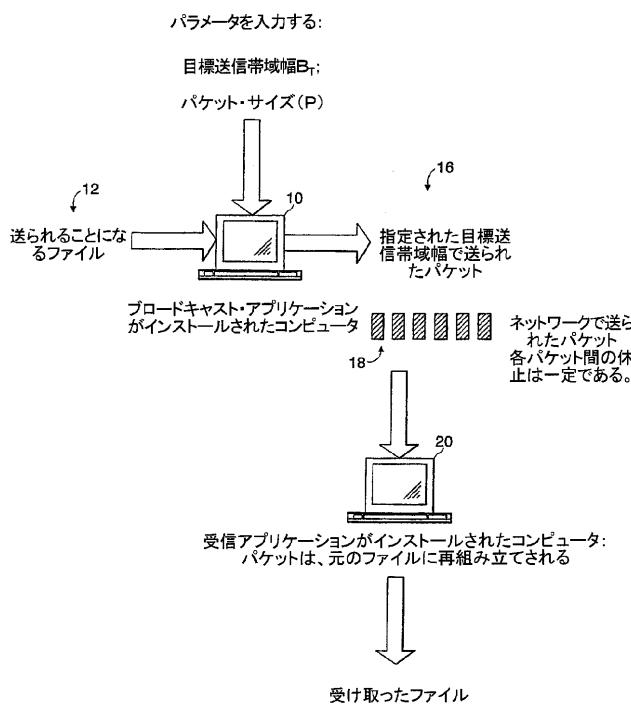
。 本発明の方法及びシステムを、既存のトラフィック・シェーピング解決法と共に用いることができる。多くの送信装置、多くの受信装置、及び送信者と受信者との間のトラフィック・シェーパを有するネットワークを考える。1つ又はそれ以上の送信装置がバースト性のトラフィックを生成する場合には、トラフィック・シェーパは、パケットを廃棄することによって結果として生じる輻輳を含むように介在する。1つ又はそれ以上の送信装置において本発明を取り入れることは、出力ストリームのバースト性を減少させ、よって輻輳及びパケット損失の可能性を減少させる。

【0043】

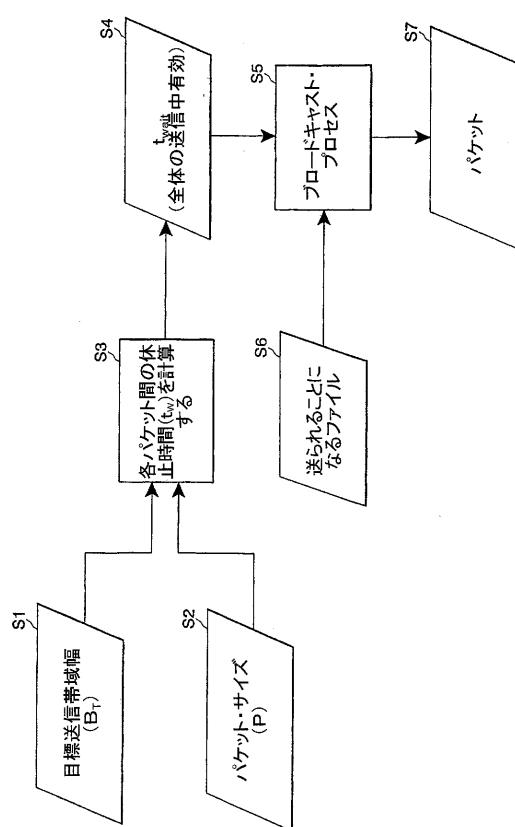
各々の特徴は、本発明による他の特徴と組み合わせることができるので、本発明の特定の特徴は、便宜のためだけに1つ又はそれ以上の図面に示される。別の実施形態が、当業者によって認識され、特許請求の範囲の範囲内に含まれるように意図される。

10

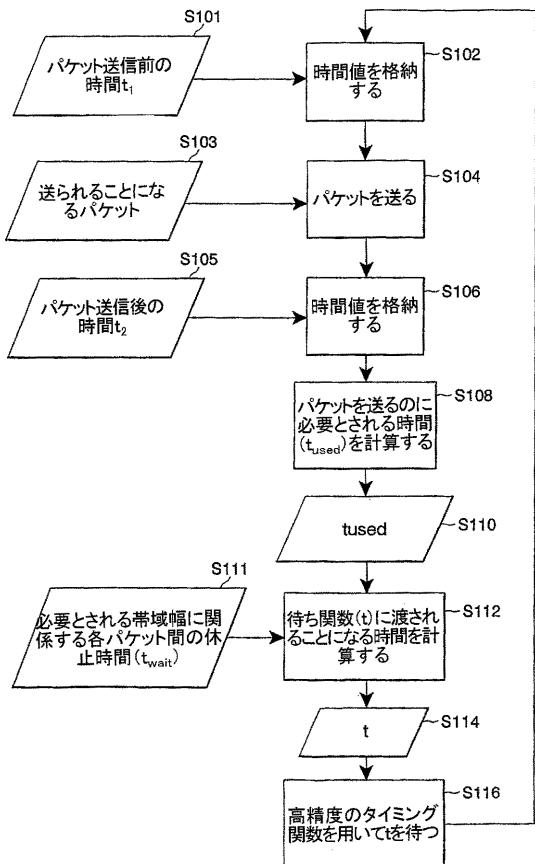
【図1】



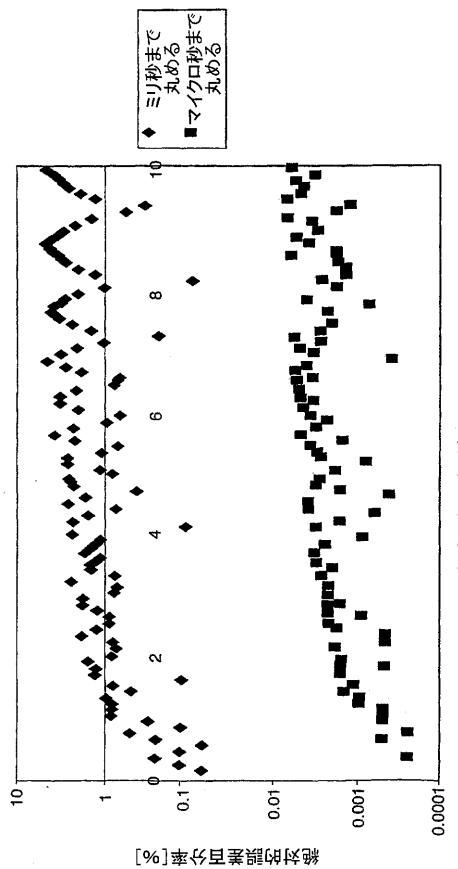
【図2】



【図3】



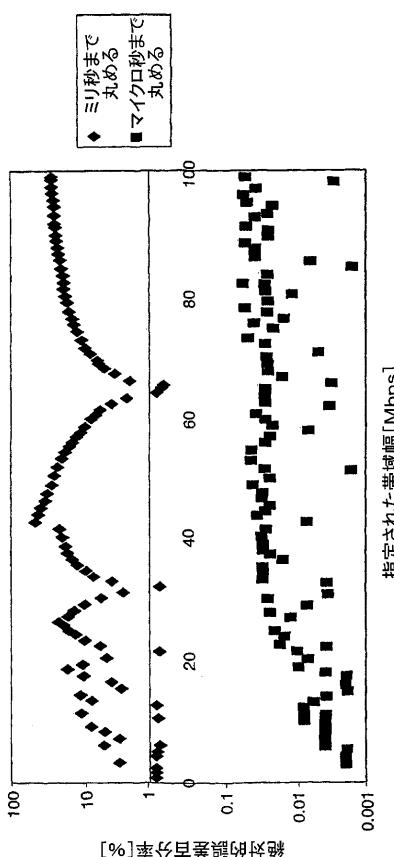
【図4】



8KBのパケット・サイズの、指定された帯域幅における絶対的誤差百分率

指定された帯域幅 [Mbps]

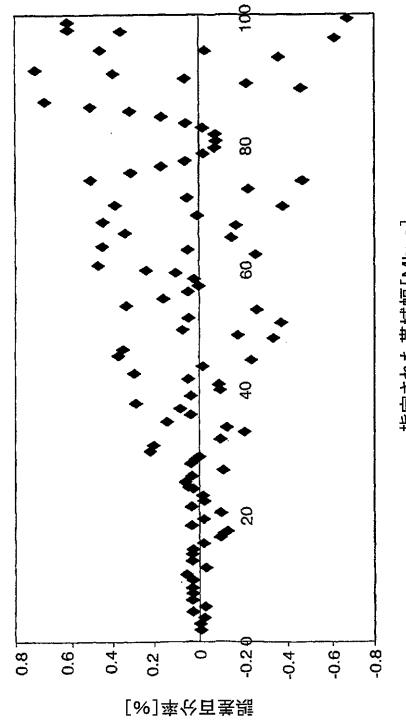
【図5】



8KBのパケット・サイズの、指定された帯域幅における絶対的誤差百分率

指定された帯域幅 [Mbps]

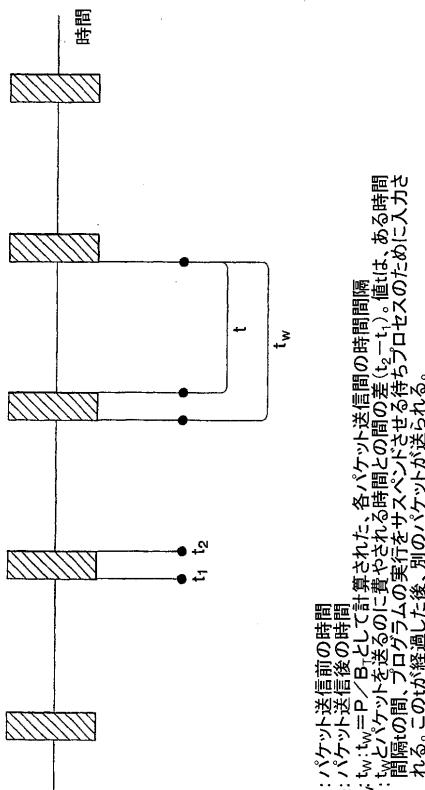
【図6】



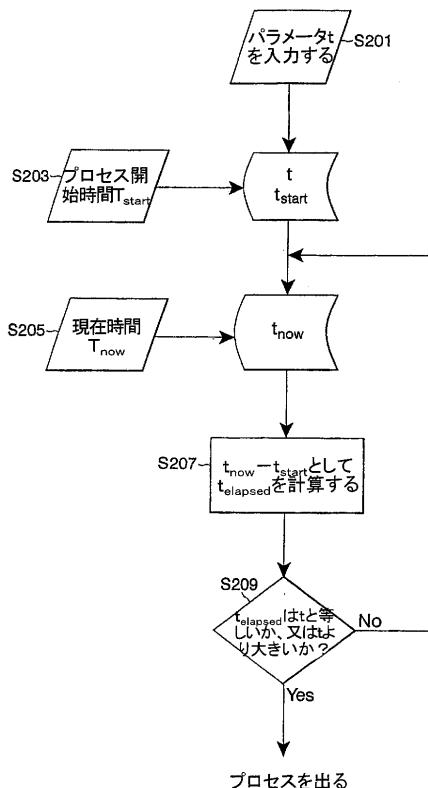
8KBのパケット・サイズの、マイクロ秒まで丸められた、指定された帯域幅における絶対的誤差百分率

指定された帯域幅 [Mbps]

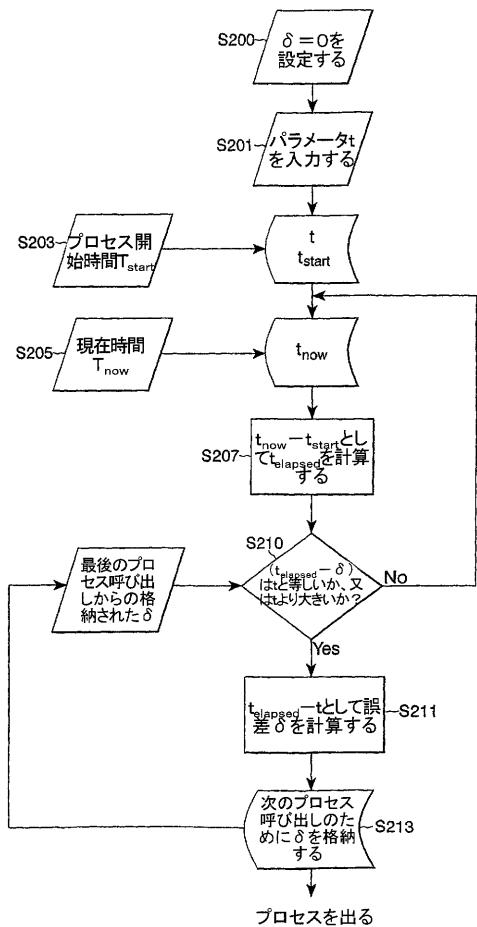
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 マルシェット ジャルノ
スイス ツェーハー 6 8 5 2 ジェネストレリオ ヴィア アル ベロ (番地なし)

(72)発明者 ラ コニヤータ エマヌエーレ
スイス ツェーハー 6 7 1 0 ブラスカ ヴィア ルガノ 2 6

F ターム(参考) 5K030 GA13 LC02 LC11